



REVISTA DE ENGENHARIA DE INTERESSE SOCIAL

Ano 3, Nº3, 2018

ISSN 2525-6041



Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade João Monlevade

2018

UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



UNIDADE JOÃO MONLEVADE

## Equipe

- **Contatos**

- Endereço Postal:  
Universidade do Estado de Minas Gerais  
Unidade de João Monlevade  
Avenida Brasília, 1304, Bairro Baú  
João Monlevade, MG, Brasil  
CEP: 35.930-314  
Fone: (31) 3859-3200
- Contato Principal:  
Equipe REIS  
Fone: (31) 9 85101759  
E-mail: [revistafaenge2015@gmail.com](mailto:revistafaenge2015@gmail.com)
- Contato para Suporte Técnico:  
Revista Engenharia de Interesse Social  
Fone: (31) 9 85101759  
E-mail: [revistafaenge2015@gmail.com](mailto:revistafaenge2015@gmail.com)

## Equipe Editorial

- **Editor Chefe**

- Robson Pereira de Lima  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG,  
Brasil

- **Editor Executivo**

- Railton Barros Fonseca  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG,  
Brasil

- **Editores Científicos**

- Gleícia Miranda Paulino  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- Glelson Pereira Marques  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Congonhas, MG, Brasil
- Priscila Caroline Albuquerque Silva  
Marinha do Brasil, Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar, Belém, PA, Brasil

- **Revisão de Textos**

- Maria Luisa Chaves e Sousa  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
- Shirlei Luana Chaves e Sousa Pereira  
Fundação Comunitária De Ensino Superior De Itabira, Itabira, MG, Brasil

- **Leitor de Prova**

- Glelson Pereira Marques  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Congonhas, MG, Brasil

- **Editoração de Textos**

- Glelson Pereira Marques  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Congonhas, MG, Brasil
- Bruno Garcia de Paula  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

- **Assessores de Editoração**

- Bruno Garcia de Paula

- Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG,  
Brasil

- Renata Janaína do Carmo

- Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG,  
Brasil

## Conselho Editorial

- **Andreia Ribeiro Ayres**  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ,  
Brasil
- **Arminda Eugenia Marques Campos**  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá,  
SP, Brasil
- **Evaneide Nascimento Lima**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Angel Rafael Arce Chilque**  
Centro Técnico de Engenharia e Inovação Empresarial, Belo Horizonte,  
MG, Brasil
- **Ivan Bursztyn**  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- **Lênin dos Santos Pires**  
Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil
- **Luis Henrique Abegão**  
Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, Brasil
- **Marcus Alvarenga Soares**  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina,  
MG, Brasil
- **Maurício César Delamaro**  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratingueta,  
SP, Brasil

## Comitê de Avaliadores

- **Adrielle Prisca de Magalhães**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Afonso de Paula dos Santos**  
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil
- **Agostinho Ferreira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Alan Rodrigues Teixeira Machado**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Almir Antonio Vieira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Ana Regina Lara Bretz**  
Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, MG, Brasil
- **Andiara De Carvalho Vieira Vieira**  
Universidade Estadual de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Cassiano Souza Rosa**  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil
- **Cecilia Silva Monnerat**  
Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil
- **Cristiane Duarte Nascimento Araújo**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Divinópolis, MG, Brasil
- **Daniele Cristina Gonçalves**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Evaneide Nascimento Lima**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

- **Fernanda Cristina Silva Ribeiro**  
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil
- **Fernanda Tátia Cruz**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Fernanda Tavares Barcelos**  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- **Flávia Cristina Silveira Braga**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Gabriela Braga Fonseca**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Geisla Teles Vieira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Geraldo Magella Obolari de Magalhães**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Giuliano Antonio Pizzatto Rapucci**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Gleicia Miranda Paulino**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Glelson Pereira Marques**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais,  
Congonhas, MG, Brasil
- **Gracielle Antunes Araújo**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Hygor Aristides Victor Rossoni**  
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
- **Isac Jonatas Brandão**  
Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, Manhuaçu, MG, Brasil

- **Jacqueline de Lemos Coelho**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Jeane de Fátima Cunha Brandao**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Jônatas Franco Campos da Mata**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **José Alves Ferreira Neto**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Junia Soares Alexandrino**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Juscelina Rosiane Ferreira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Jussara Aparecida de Oliveira Cotta**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Kelly Cristina Ferreira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Leonardo Lucio Gouveia**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Ladir Antonio Silva Junior**  
Universidade Estadual de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Laura Carvalho**  
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
- **Luciano da Silva Delgado**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Lucília Machado**  
Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, Brasil

- **Marcelo Silva Pinto**  
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
- **Marcus Alvarenga Soares**  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil
- **Marielle Lage**  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
- **Paulo Zaeyen de Oliveira e Silva**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Priscila Caroline Albuquerque Silva**  
Marinha do Brasil, Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar, Belém, PA, Brasil
- **Rafael Otávio Fares Ferreira**  
Universidade Estadual de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Rafael Vital Januzzi**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Rieder de de Oliveira Neto**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Rita de Cássia Mendes**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Robson Pereira de Lima**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Roney Eduardo Lino**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Rudinei Martins de Oliveira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

- **Rubem Geraldo Vasconcelos Machado**  
Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, MG, Brasil
- **Savio Correa**  
Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, Brasil
- **Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero**  
Universidade Do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Silmara Garcia**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Shisley Ramos Barcelos**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Sofia Luiza Brito**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Ubá, MG, Brasil
- **Tamara Daiane Souza**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil
- **Telma Ellen Drumond Ferreira**  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
- **Teresa Aparecida Soares de Freitas**  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA,  
Brasil

# Editorial

Por insistência ou obstinação

Em tempos de aridez intelectual e de prevalência do egoísmo e do individualismo acadêmico e científico, a equipe da **Revista Engenharia de Interesse Social** se orgulha por insistir e publicar o terceiro número desse periódico que resiste ao solo quase estéril no qual foi plantado. Inicialmente foi comparado a um Carvalho-roble, hoje se assemelha a um Cacto que usa seus espinhos para afastar os medrosos e frágeis, mas que mantém em seu íntimo a essência de um organismo vivo e rico em água, o elemento cada vez mais valioso nos tempos modernos

Como num impulso de dar luz aos cegos acadêmicos, publicamos como primeiro texto deste número da REIS o artigo **Aproveitamento de resíduos finos de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico: piso tátil para a orientação de deficientes visuais**, um ótimo texto originado em um projeto de iniciação científica que visa contribuir com o exercício do direito fundamental de ir e vir com segurança dos deficientes visuais.

Tentando fragilizar a cegueira empresarial, o texto **Modal aeroviário e suas possíveis contribuições para a redução da emissão de  $CO_2$**  busca mostrar a importância e a viabilidade de se adotar tecnologias de redução da emissão de  $CO_2$  nas aeronaves, mesmo com um consequente aumento de custos.

Ainda tratando de segurança, mas agora em um outro universo, o texto **Segurança operacional em barragens de pequeno porte** faz uma breve abordagem sobre algumas alternativas possíveis para a manutenção da segurança das barragens de rejeitos projetadas e mantidas sob a respon-

sabilidade das empresas mineradoras; enquanto o texto **Análise granulométrica por imagem de amostras ultrafinas** apresenta uma possibilidade de análise de partículas ultrafinas encontradas em ambientes de mineração.

A importância do diálogo no ambiente corporativo é tratada no texto **Compartilhamento do conhecimento: uma ferramenta elementar para o bom desenvolvimento de uma empresa** como um condicionante para um empoderamento dos trabalhadores a partir do conhecimento compartilhado.

Como estudo de um esforço de sobrevivência empresarial num contexto de grande fragilidade dos mecanismos econômicos e sociais, o artigo **Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como ferramenta de produção enxuta: simulação de aplicação em uma fábrica de grampos para cabelo** apresenta uma análise enriquecedora da gestão da produção de uma fábrica de pequeno porte para sustentar a eficiência de suas operações.

Encerrando este número da REIS, publicamos o texto **Compreensão dos riscos ergonômicos a partir da percepção e função dos motoristas de caminhões em uma empresa na cidade de Itabira - MG** que contribui com mais um trabalho acadêmico criterioso que trata das condições de trabalho de uma classe de trabalhadores de grande importância para o contexto sócio-econômico brasileiro.

Assim, desejo a todos uma boa e crítica leitura!

Robson Pereira de Lima

## Sumário

1. Aproveitamento de resíduos finos de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil para a orientação de deficientes visuais  
*Telma Ellen Drumond Ferreira; Eugenio Eustáquio Ferreira; Marinna Beatryz Dias Souza Chaves; Paulo Henrique Gonçalves*  
*reis-001, p. 1-15*
2. Modal aeroviário e suas possíveis contribuições para a redução da emissão de  $CO_2$   
*Cynthia de Souza; Fernanda Cristina Pereira; Mariana Marques Leite; Pedro Henrique De Souza Fortes*  
*reis-002, p. 1-14*
3. Segurança operacional em barragens de pequeno porte  
*Marcos Delgado Gontijo*  
*reis-003, p. 1-11*
4. Análise granulométrica por imagem de amostras ultrafinas  
*Marcos Delgado Gontijo*  
*reis-004, p. 1-13*
5. Compartilhamento do conhecimento: uma ferramenta elementar para o bom desenvolvimento de uma empresa  
*Shirlei Luana Chaves e Souza Pereira; Enderson Cássio Barbosa*  
*reis-005, p. 1-15*
6. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como ferramenta de produção enxuta: simulação de aplicação em uma fábrica de grampos para cabelo  
*Bruno Vinicius Aquino de Souza; Jônatas Franco Campos da Mata*  
*reis-006, p. 1-20*
7. Compreensão dos riscos ergonômicos a partir da percepção e função dos motoristas de caminhões em uma empresa na cidade de Itabira – MG  
*Alessandra Monteiro Assis; Shirlei Luana Chaves e Souza Pereira; Patrícia Carla de Brito Neves*  
*reis-007, p. 1-15*

# Aproveitamento de resíduos finos de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil para a orientação de deficientes visuais

Utilization of fine residues of ornamental rocks in the manufacture of hydraulic tactile floor tile for the guidance of visually impaired people

Telma Ellen Drumond Ferreira<sup>1,\*</sup>; Eugenio Eustáquio Ferreira<sup>2</sup>; Marinna Beatrys Dias Souza Chaves<sup>3</sup>; Paulo Henrique Gonçalves<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

\*[telmaellen@hotmail.com](mailto:telmaellen@hotmail.com)

## Resumo

As rochas ornamentais são classificadas em granitos e mármore, normalmente extraídas em pedreiras, na forma de blocos, e posteriormente destinadas ao processo de beneficiamento nas serrarias. Nessa fase, ocorre o desdobramento dos blocos em chapas e, a seguir, estas chapas são conduzidas para as etapas de levigamento, polimento e lustração, de acordo com a especificação do mercado. Após as chapas estarem devidamente preparadas, são transportadas para as marmorarias, onde são realizados os processos de corte e acabamento das peças. Durante todos esses processos, é gerada uma lama, composta por resíduos provenientes de rochas ornamentais e água. Com o intuito de reduzir os custos das marmorarias e os impactos negativos causados pelo descarte desse material, além de encontrar uma alternativa sustentável e útil para a sociedade, este trabalho tem como objetivo aproveitar os resíduos finos para fabricar um ladrilho hidráulico piso tátil, do tipo alerta e direcional, que tem como finalidade auxiliar deficientes visuais a se orientarem em sua locomoção.

**Palavras-chave:** Ladrilho Hidráulico Piso Tátil, Resíduos Finos, Rochas Ornamentais, Sustentabilidade.

.....

Ornamental rocks are classified in granites and marbles, usually extracted from quarries in the form of blocks, and are intended for subsequent processing process, which begins in sawmills. At this stage, blocks are cut into slabs, which will later be treated by levigation, polishing or lustration, according to market specifications. When the slabs are properly prepared, they are transported to the marble industry, where the cutting and finishing of parts are made. Mud are generated during all these processes, and it consists of waste from ornamental stone and water. In order to reduce the marble industry costs and the negative impacts caused by the disposal of this material, and to find a sustainable alternative that is useful to society, this paper has the objective to use the fine waste to manufacture hydraulic tile tactile floor, both the warning type as the directional type, which aims to help the visually impaired to orientate themselves.

**Keywords:** Fine Waste, Ornamental Rock, Sustainability, Tile Hydraulic Tactile Floor.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como escopo a análise da utilização de resíduos finos provenientes de rochas ornamentais para a fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil. De acordo com a NBR 9457 (1986), o ladrilho hidráulico é definido como “placa de concreto de alta resistência ao desgaste, para acabamento de paredes e pisos internos e externos, colorido ou não, de formato quadrado, retangular ou outra forma geométrica definida”. Esse revestimento hidráulico recebe esse nome devido ao seu processo de fabricação, no qual se utiliza um aglomerante hidráulico que na presença de água adquire resistência, portanto, não envolvendo processos de queima.

Segundo Marques (2010), o processo de fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil envolve duas rotas distintas. A primeira, consiste na adição de três camadas, sendo uma camada superior, uma intermediária e uma inferior. Os materiais utilizados nessas camadas são, respectivamente, cimento, pigmento (cor), areia e água. Já o segundo tipo, consiste de uma camada única composta por cimento, areia, brita e água, que são misturados e adicionados em um prato molde que dá forma à peça.

A rocha ornamental, de acordo com Rodrigues et al (2009), é um agregado sólido natural que, depois de extraído, passa por um processo de beneficiamento e, posteriormente, o produto final é utilizado nos ramos da construção civil e da arquitetura, entre outros. As principais rochas que são utilizadas pelo setor de rochas ornamentais são granito, mármore, gnaisse e ardósia.

Na indústria de rochas ornamentais, a classificação petrográfica das rochas não é seguida à risca. Segundo Larizzatti et al (2005), comercialmente, o termo “granito” abrange, além dos granitos propriamente ditos, sienitos, basaltos, gabros e outros. O mesmo ocorre com os mármorees que podem conter tipologias que não são metamórficas, tais como brechas, calcários e outros. Além dessas rochas, são utilizados também o quartzito, o arenito, o serpentinito e outros tipos.

Os resíduos finos de rocha ornamental são gerados durante o processo de corte, tanto nas serrarias, quanto nas marmorarias.

Dados do SEBRAE (1999) apontam que nas marmorarias, onde se realiza a etapa final do processo de produção de rocha ornamental, são executados todos os trabalhos destinados ao mercado consumidor, tais como pias, pisos, bancadas, escadas e peitoris.

No Brasil, o setor de rochas ornamentais é uma forte atividade industrial e vem crescendo nos últimos anos, ocupando uma posição de destaque no cenário internacional, com a 4ª posição no ranking mundial em 2013 (DNPM, 2014). O fortalecimento interno da atividade está diretamente ligado ao aumento da população e conseqüentemente ao crescimento do ramo da construção civil. Por outro lado, com esse crescimento, aumenta também a produção de resíduos, o que gera preocupação ambiental quanto à sua correta destinação.

Diante das atuais exigências ambientais e do alto índice de geração de finos na atividade estudada, este trabalho propôs o aproveitamento desses resíduos para a fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil, que é um piso com textura em alto relevo, utilizado principalmente em calçadas, e tem por finalidade auxiliar deficientes visuais a se orientarem em sua locomoção.

Desse modo, o objetivo do estudo consiste em aproveitar os resíduos finos gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais, em marmorarias, para fabricar o

ladrilho hidráulico piso tátil. Para isso, é necessário determinar as características físicas desse tipo de rejeito e a qualidade do ladrilho hidráulico fabricado com o uso do resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais.

## **2 METODOLOGIA**

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e aplicada, pois envolve a aplicação prática para a solução de um problema, visto que a produção de finos provenientes de rochas ornamentais nas marmorarias gera impacto ambiental quando o rejeito é descartado de maneira incorreta. Portanto, é importante destinar esses finos para uma utilização adequada.

De acordo com Gil (2002), a pesquisa exploratória visa maior conhecimento do problema e tem como intuito construir hipóteses para o mesmo. A hipótese apresentada neste estudo é a utilização desses finos para a fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil.

A pesquisa bibliográfica é o meio mais adequado quando se deseja obter informações científicas, pois este tipo de pesquisa é desenvolvido a partir de livros ou artigos já elaborados (GIL, 2002). Portanto, permite ao investigador uma cobertura mais ampla sobre o assunto. Tem como objetivo também, a análise do tema sob um novo foco, o que possibilita gerar novas conclusões.

Este trabalho também foi baseado em uma pesquisa experimental, uma vez que este tipo de pesquisa permite selecionar variáveis que podem influenciar o objeto de estudo (GIL, 2002). Portanto, no caso da fabricação e utilização do ladrilho hidráulico piso tátil, este tipo de pesquisa permite que a hipótese seja testada.

Devido à escassez de conteúdo, o estudo da dosagem dos resíduos na fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil baseou-se principalmente em artigos científicos, a fim de garantir um produto de qualidade e que atendesse às normas regulamentadoras.

Na pesquisa quantitativa, os dados são quantificáveis, ou seja, são expressos em números e podem ser classificados (SILVA, 2004). Alguns testes foram realizados nos resíduos e no ladrilho fabricado, e os resultados foram obtidos através de números, o que permitiu a análise e a interpretação dos dados.

Inicialmente, foi realizada a coleta dos resíduos em uma marmoraria da cidade de João Monlevade. A seguir, foi feita a caracterização do rejeito, o que deu a esta pesquisa uma abordagem também qualitativa, passando o material por alguns procedimentos que levantaram as propriedades físicas do resíduo.

## **3 MATERIAL E PROCEDIMENTOS**

Os principais materiais utilizados na pesquisa, assim como as atividades realizadas para a caracterização física do resíduo para a confecção do corpo de prova e para fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil serão descritos a seguir.

### **3.1 Material utilizado para confecção dos corpos de prova e dos ladrilhos hidráulicos piso tátil**

A areia fina utilizada para a confecção dos corpos de prova foi fornecida pelo laboratório da Faculdade de Engenharia da Universidade de Minas Gerais, localizada na

cidade de João Monlevade – MG, na faixa granulométrica de –50 a +100# (Mesh), ou seja, de 0,30 mm a 0,15 mm (milímetros).

O cimento utilizado foi o Cauê CPIII-32-RS, adquirido em um estabelecimento comercial, na cidade de Barão de Cocais – MG.

A brita utilizada foi do tipo nº 0 (zero), cuja faixa granulométrica está entre 4,8 mm e 12,5 mm. Este material foi adquirido em um depósito de brita localizado na região de Barão de Cocais – MG.

O resíduo fino proveniente de rocha ornamental foi fornecido pela Marmoraria Pedra Forte - Sion, localizada na cidade de João Monlevade – MG. Este material foi coletado em um tanque de sedimentação da máquina de corte de granito e mármore.

### 3.2 Caracterização do resíduo e dos corpos de prova

Para a determinação das características físicas do resíduo e dos corpos de prova, o material foi submetido a diversos ensaios que serão descritos sequencialmente.

#### 3.2.1 Picnometria

Este ensaio teve como objetivo determinar a massa específica ( $\text{kg/m}^3$ ) do resíduo do presente estudo. Conforme a NBR NM 52 (2002) Massa específica, massa específica aparente e absorção do agregado miúdo, a “massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água”. O material foi coletado no tanque de sedimentação da marmoraria citada e, posteriormente, disposto em um recipiente plástico e exposto ao sol por alguns dias para a secagem natural.

Após a secagem, esse material foi levado para o laboratório da UEMG. A seguir, o resíduo foi colocado na estufa para a retirada da umidade. Em seguida, foi realizada a homogeneização e o quarteamento de parte do resíduo através do método de pilha cônica. Após o quarteamento, foram obtidas quatro alíquotas homogêneas. Uma dessas alíquotas foi destinada à realização do teste de picnometria, seguindo os seguintes passos:

- Pesou-se o picnômetro vazio (frasco + tampa) na balança de precisão e o resultado foi registrado;
- Preencheu-se o picnômetro com a amostra de resíduo até a linha marcada (50 ml) no picnômetro com a ajuda de um funil;
- Pesou-se novamente (picnômetro + amostra) e o resultado foi registrado;
- Adicionou-se água ao picnômetro para preencher todos os espaços vazios e até o picnômetro estar completamente preenchido;
- Secou-se a parte externa do picnômetro;
- Verificou-se a presença de ar dentro do picnômetro e, através de leves batidas, o mesmo foi retirado;
- Colocou-se a tampa e adicionou-se água até completar o canal capilar;
- Secou-se a parte externa;
- Pesou-se o picnômetro + amostra + água e anotou-se o resultado;

- Retirou-se o material presente dentro do picnômetro;
- Adicionou-se água até preenchê-lo por completo;
- Colocou-se a tampa e adicionou-se água até completar o canal capilar;
- Secou-se a parte externa;
- Pesou-se o picnômetro somente com água.

Durante o ensaio, foram realizados três procedimentos de picnometria com picnômetros diferentes, para garantir uma melhor precisão dos resultados. Após a coleta dos valores obtidos, utilizou-se a Equação (1) para realizar os cálculos necessários na determinação da massa específica do resíduo (densidade).

$$ds = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 + P_2) - (P_1 + P_3)} \quad (1)$$

Onde:

$ds$ : densidade dos sólidos;

$P_1$ : massa do picômetro;

$P_2$ : massa do picômetro + amostra;

$P_3$ : massa do picômetro + amostra + água;

$P_4$ : massa do picômetro + água.

### 3.2.2 Peneiramento

O ensaio de peneiramento teve como objetivo classificar o material de acordo com o tamanho das partículas presentes na amostra, portanto, este ensaio teve como intuito conhecer a distribuição granulométrica do pó de rocha. Foi utilizada uma das alíquotas provenientes da homogeneização e quartejamento da amostra para a realização desse ensaio.

O tipo de peneiramento aplicado foi a seco. De acordo com Sampaio (2007), no peneiramento a seco as partículas são submetidas à superfície da tela da peneira, onde se encontram as aberturas, e durante o processo de vibração, as partículas rolam umas sobre as outras de modo que todas essas partículas tentam encontrar a abertura da peneira, permitindo que as partículas menores passem pela abertura e as maiores fiquem retidas.

O ensaio foi realizado conforme a NBR NM 248 (2003) – Composição granulométrica dos resultados c que descreve o procedimento a ser seguido para o referido teste. Portanto, antes de se realizar o ensaio, a amostra foi secada em estufa para se evitar o efeito da umidade durante o peneiramento, pois, na amostra úmida, as partículas tendem a se aglomerar diminuindo assim a eficácia dos resultados.

Para a realização do teste, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Pesou-se a amostra inicial na balança;
- Definiram-se quais peneiras seriam utilizadas para a realização do teste;

- As peneiras escolhidas foram: 50# (0,300 mm), 100# (0,150 mm), 200# (0,075 mm), 325# (0,044 mm) e fundo (passante da peneira anterior);
- Encaixaram-se as peneiras na ordem crescente da base para o topo com o fundo na base;
- Encaixaram-se as peneiras no peneirador vibratório;
- Dispôs-se a amostra sobre a peneira superior;
- Colocou-se a tampa;
- Ligou-se o peneirador vibratório;
- Aguardou-se 15 minutos;
- Desligou-se o equipamento;
- Retiraram-se as peneiras;
- Colocou-se o material retido de cada peneira, um por vez, em uma bandeja identificada e com peso conhecido;
- Com auxílio de uma escova, escovou-se a tela de cada peneira dos dois lados para a retirada de material retido na tela. Pesou-se o retido de cada peneira e do fundo.

### 3.2.3 Confeção dos corpos de prova

Os ladrilhos hidráulicos piso tátil foram moldados através de uma forma, com o objetivo de verificar qual a melhor fração para a mistura, utilizando o resíduo proveniente de rocha ornamental, combinando com os materiais que são utilizados na preparação da massa (cimento, areia e brita nº 0). Foram preparados seis corpos de prova, utilizando diferentes frações dos materiais, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição dos corpos de prova.

Corpo de prova	Cimento	Pó de rocha	Areia	Brita nº 0	Água	Nº de corpos de prova	% de pó de rocha contido
1	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	6	33,3
2	1,0	2,0	1,0	0,0	1,5	6	50,0
3	2,0	1,0	1,0	0,0	1,5	6	25,0
4	3,0	1,0	1,0	0,0	1,75	6	20,0
5	2,0	2,0	0,0	1,0	1,5	6	40,0
6	2,0	1,0	0,0	1,0	1,0	6	25,0

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

Para a fabricação desses corpos de prova foi utilizado um copo graduado em 50 ml, como referência para determinar a porção de cada material a ser adicionada à mistura.

Primeiramente, com o auxílio do copo graduado, a porção de cada material foi colocada em um recipiente. Em seguida, esses materiais foram misturados com uma espátula, até se tornar uma mistura homogênea.

Após a homogeneização, adicionou-se água à mistura até se atingir uma consistência pastosa. Por fim, o material foi colocado nos moldes do ladrilho hidráulico piso tátil dos tipos alerta e direcional, em local sombreado e plano, conforme ilustrado pelas Figuras 1 e 2.



Figura 1 – Molde do ladrilho hidráulico piso tátil do tipo alerta (esquerda) e direcional (direita).

Fonte: Acervo pessoal (2016).



Figura 2 – Molde do ladrilho hidráulico com a mistura.

Fonte: Acervo pessoal (2016).

Após 24 horas, os ladrilhos foram desformados do molde e destinados ao processo de cura. Para realizar o processo de cura, seguiu-se o procedimento observado e anotado durante uma visita técnica a uma fábrica de ladrilhos da região.

Os ladrilhos, primeiramente, foram deixados secando em local sombreado e à

temperatura ambiente, durante 24 horas. Após esse procedimento, os mesmos foram imersos em água durante 5 minutos e em seguida retirados e colocados ao sol para a secagem, durante três dias (72 horas). Feito isso, o ladrilho hidráulico estava pronto para ser utilizado. Dessa maneira, o procedimento para a fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil dura cerca de cinco dias para deixar o produto pronto para uso.

### 3.2.4 Ensaio de determinação da absorção de água por imersão

O ensaio de absorção de água foi feito com base na norma NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica (ABNT, 2005).

Primeiramente, os corpos foram colocados em estufa à temperatura de 105 ( $\pm 5$ ) °C, durante um período de 72 horas (três dias).

Em seguida, após ocorrer a secagem do material, os corpos de prova foram retirados e deixados resfriar à temperatura ambiente 23 ( $\pm 2$ ) °C. Posteriormente, para a determinação das massas ( $M_s$ ), os corpos de prova foram pesados e, então, colocados em um recipiente apropriado, no qual foi adicionada água até preencher 1/3 do volume dos corpos de prova. Esse procedimento durou 4 horas.

Depois desse procedimento, adicionou-se água até preencher 2/3 do volume dos corpos de prova, durante as 4 horas subsequentes. Por fim, foi preenchido todo o volume, ou seja, os corpos de prova foram completamente imersos em água e deixados em repouso durante 64 horas.

Em seguida, para determinar a massa saturada ( $M_{sat}$ ), os corpos de prova foram enxugados com toalha absorvente e, então, foram pesados novamente.

O percentual do índice de absorção de água dos corpos de prova foi obtido através da média dos resultados calculados com base na Equação (2).

$$Absorção = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} x \quad (2)$$

Onde:

$M_{sat}$ : massa do corpo de prova saturado;

$M_s$ : massa do corpo de prova seco em estufa.

### 3.2.5 Ensaio de alterabilidade

Para realizar esse ensaio, as seis variações de corpos de prova produzidos foram submetidas a dois testes. No primeiro, os corpos de prova foram submetidos a variações bruscas de temperatura (de 120 °C para 20 °C). Para tanto, os mesmos foram aquecidos em estufa durante dois dias com temperatura de 120°C.

Após sua retirada (sem deixar resfriar), os corpos de prova foram colocados em um recipiente (balde) com água (temperatura aproximada de 20 °C), ou seja, foram resfriados bruscamente para verificar se houve alguma alteração em sua estrutura.

Os corpos de prova foram deixados imersos por 10 minutos e, após esse tempo, retirados e colocados sobre uma bancada para verificar se houve alguma alteração. Esse procedimento foi realizado no laboratório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado de Minas Gerais, localizado na cidade de João Monlevade – MG.

O segundo teste teve como objetivo submeter os ladrilhos ao atrito, ou seja, os ladrilhos hidráulicos piso tátil foram impostos a uma situação real de utilização no dia a dia. Para isso, os corpos de prova foram assentados em uma calçada com tráfego médio de 100 pessoas por hora, no bairro Vila São Geraldo, localizado na cidade de Barão de Cocais – MG, conforme ilustram as Figuras 3 e 4.

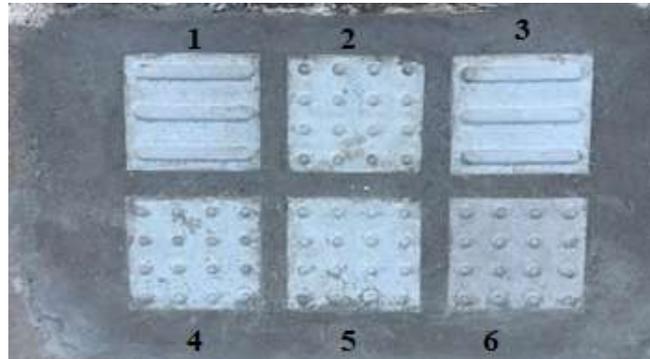


Figura 3 – Ladrilhos assentados em calçada.

Fonte: Acervo pessoal (2016).



Figura 4 – Ladrilhos hidráulicos submetidos ao tráfego de pessoas sobre a calçada.

Fonte: Acervo pessoal (2016).

Posteriormente, foi feita uma análise visual dos ladrilhos hidráulicos piso tátil no local para observar a ocorrência de algum desgaste ou outra alteração na superfície dos mesmos, resultados que serão descritos na sequência.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com os ensaios realizados, bem como as análises dos mesmos, serão descritos a seguir.

#### 4.1 Ensaio de picnometria

Segundo a Norma NBR 7211 (2009), em relação à origem, os materiais podem ser classificados como naturais ou artificiais. O material da presente pesquisa é do tipo artificial, pois é um material obtido através de processos industriais, visto que os materiais classificados como naturais são aqueles encontrados na natureza e que geralmente requerem um processo simples de lavagem ou seleção. Em relação à massa específica, os materiais podem ser classificados como:

- Leves - massa específica inferior a 2000 Kg/m<sup>3</sup>;
- Normais - massa específica entre 2000 Kg/m<sup>3</sup> e 3000 Kg/m<sup>3</sup>;
- Pesados - massa específica superior a 3000 Kg/m<sup>3</sup>.

Através do ensaio de picnometria, foi calculada a massa específica do resíduo fino para os três ensaios realizados. Posteriormente, o valor obtido em cada ensaio foi somado e dividido por três, ou seja, foi feita a média dos resultados. O valor encontrado foi de 2532,45 Kg/m<sup>3</sup>. Com base nesse resultado, pode-se classificar o resíduo como “normal”. Esse valor está diretamente relacionado com o peso do material, ou seja, quanto maior, mais pesado será o material.

#### 4.2 Ensaio de peneiramento

O ensaio de peneiramento foi realizado de acordo com a Norma NBR NM 248 (2003) Composição granulométrica dos resultados, que determina que o relatório do ensaio dever conter a porcentagem média retida em cada peneira e a porcentagem média retida acumulada em cada peneira.

A Tabela 2 apresenta a faixa granulométrica utilizada no procedimento, a massa retida em cada peneira, bem como a porcentagem de retido simples (obtida pela divisão do valor da massa retida em cada peneira pelo total da soma das massas), o retido acumulado (soma das porcentagens do retido simples) e o passante acumulado (obtido através da subtração do valor 100 pelo valor registrado na coluna de passante acumulado).

Tabela 2 – Peneiramento.

Faixa Granulométrica		Massa inicial = 500 g			
Mesh (#)	mm	Massa (g)	Retido Simples (%)	Retido Acumulado (%)	Passante Acumulado (%)
50	0,300	30,802	6,188	6,188	93,812
100	0,150	18,721	3,761	9,950	90,050
200	0,075	89,402	17,962	27,911	72,089
325	0,044	293,440	58,955	86,867	13,133
Fundo	-0,044	65,370	13,133	100,000	0,000
<b>Total</b>		497,735	100,000		
<b>Alimentação rec. (g)</b>		497,735			
<b>Perda (g)</b>		2,265			
<b>Erro (%)</b>		0,453			

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

Com base nos dados obtidos na Tabela 2, plotou-se o Gráfico 1, em escala logarítmica no eixo das abscissas, representando o passante acumulado em função da abertura das peneiras. Portanto, com base nos dados apresentados, 90,050% da amostra é considerada ultrafina (menor que 0,15 mm) e passante na abertura de 0,15 mm, e os outros 9,950% da amostra é considerada fina (entre 6,35 mm e 0,15 mm).

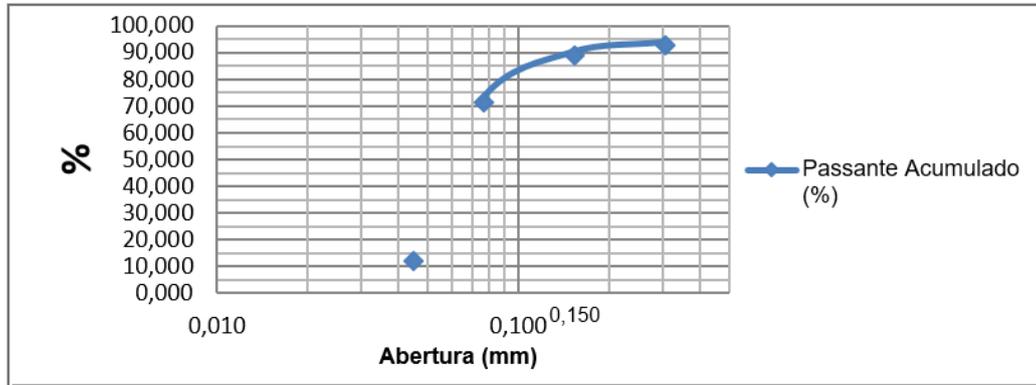


Gráfico 1 – Passante acumulado.  
Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

#### 4.3 Ensaio de determinação da absorção de água por imersão

Com base na norma utilizada NBR 9778 (2005) Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica, foi calculada a porcentagem de absorção de água de cada corpo de prova. A Tabela 3 apresenta a porcentagem de absorção de água de cada ladrilho hidráulico piso tátil em relação às massas seca e saturada.

O corpo de prova que apresentou maior índice de absorção de água foi aquele que possui mais cimento em sua composição, como pode ser observado o resultado do corpo de prova 4, com 32,96% de água absorvido. Em contrapartida, o corpo de prova que apresentou menor absorção de água foi o que mais possui pó de rocha em sua composição, conforme mostra o resultado do corpo de prova de número 2, com 16,08% de absorção de água.

Tabela 3 – Teste de absorção de água.

Corpo de prova	Massa do corpo de prova seco (g)	Massa do corpo de prova saturado (g)	Índice de absorção de água (%)
1	797,2	1017,2	27,60
2	886,0	1028,5	16,08
3	870,6	1096,1	25,90
4	823,4	1094,8	32,96
5	929,3	1136,7	22,31
6	1013,3	1186,6	17,10

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

O Gráfico 2 mostra a comparação do índice de absorção de água com as porcentagens de cimento e pó de rocha contido em cada corpo de prova.

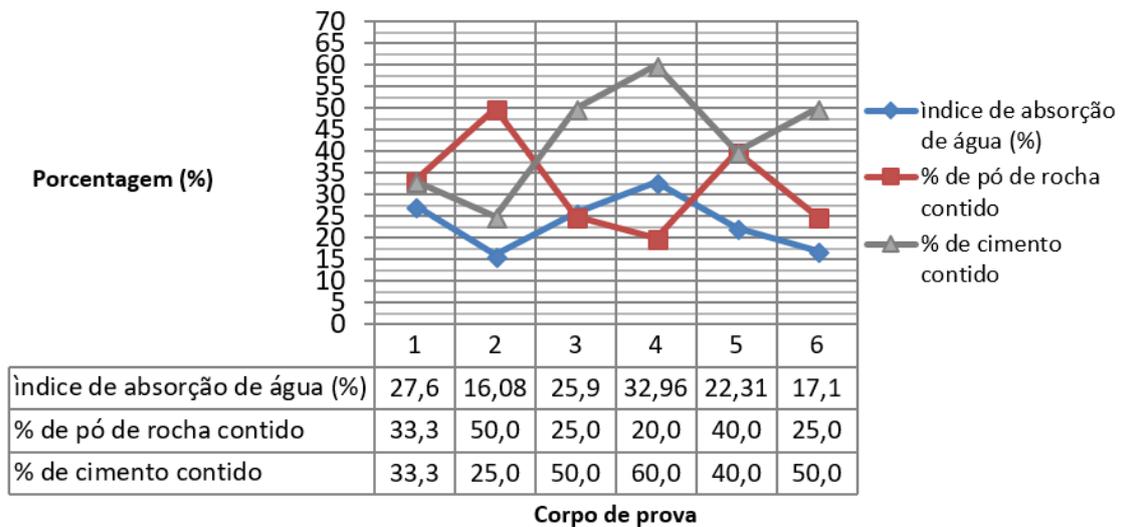


Gráfico 2 – Comparação entre o índice de absorção de água com as porcentagens de pó de rocha e cimento.

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

Com base no gráfico apresentado, é possível observar que o índice de absorção de água correlaciona à medida que aumentam e diminuem as porcentagens de pó de rocha e de cimento na composição de cada corpo de prova. Portanto, foi constatado que com o aumento da porcentagem de pó de rocha diminuiu-se também o índice de absorção de água. Uma razão para isto é o fato de que a característica granulométrica do pó de rocha preenche melhor os espaços vazios dentro do ladrilho hidráulico, o que reduz o efeito de infiltração de água. Isso demonstra a viabilidade da adição do resíduo.

Segundo a norma NBR 9457 (1986) o índice de absorção de água para ladrilhos hidráulicos prensados é descrito conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Limite da norma para ladrilho hidráulico prensado.

Propriedades	Ensaio	Limites: NBR 9457: 1986
Absorção de água	NBR 13818: 1997 Anexo B	Máximo de 8%

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017).

O ladrilho hidráulico prensado apresenta esse limite máximo de 8% pois, depois de prensado, os espaços vazios presentes no interior da peça são reduzidos consideravelmente, o que explica os valores obtidos no experimento, pois o mesmo não foi prensado.

Portanto, um fator que pode reduzir o índice de absorção de água desses ladrilhos é a pintura dos mesmos. Uma vez pintados os ladrilhos, a tinta presente na superfície tem por função, além de dar cor à peça, criar uma película protetora que reduz a infiltração de água através da mesma.

#### 4.4 Ensaio de alterabilidade

No primeiro ensaio realizado (variação de temperatura), os ladrilhos hidráulicos piso tátil não apresentaram nenhuma anomalia (trincas ou quebras), diante da variação de temperatura (de 120°C para 20°C) imposta sobre eles. A Figura 5 ilustra os ladrilhos sem nenhuma alteração.



Figura 5 – Ladrilhos hidráulicos na bancada para análise virtual.  
Fonte: Acervo pessoal (2016)

No segundo teste (situação real de como são aplicados), após 30 dias, foi observado no local, que os ladrilhos hidráulicos sofreram arranhões devido ao tráfego intenso de pessoas. No ladrilho hidráulico nº 2, foi observado uma trinca na parte central da superfície do mesmo, mas não houve desgastes ou quebras, portanto não comprometeu a sua utilização, e permaneceu em condições adequadas para o tráfego de deficientes visuais, conforme a Figura 6.

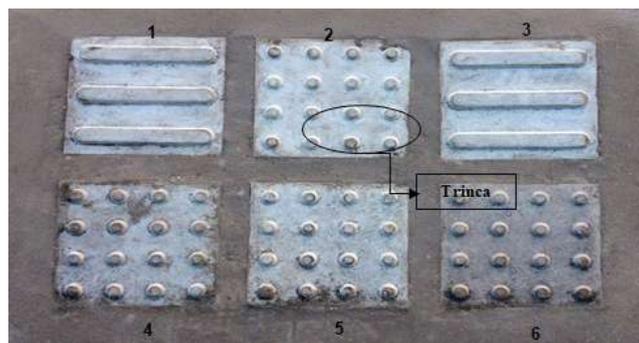


Figura 6 – Ladrilhos hidráulicos na calçada após trinta dias.  
Fonte: Acervo pessoal (2016).

Os demais ladrilhos não apresentaram trincas ou quebras em sua estrutura, somente arranhões causados pelo atrito devido ao tráfego de pessoas no local. Portanto, com base na análise visual realizada nesse período de tempo, o ladrilho hidráulico piso tátil fabricado com o resíduo fino de rocha ornamental mostrou-se eficaz para utilização em uma situação real do dia a dia, exercendo sua função de orientar deficientes visuais a se locomoverem de forma segura.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a adição de resíduos finos provenientes de rocha ornamental gerados no corte das placas de rochas nas marmorarias mostrou-se tecnicamente viável ao ser aplicado na fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil, atingindo os objetivos propostos pela pesquisa.

Apesar dos avanços tecnológicos, a geração de resíduos finos sempre estará presente no processo produtivo das marmorarias. Dessa forma, é de extrema importância destinar este material para um aproveitamento adequado. O seu aproveitamento contribui para evitar gastos com o seu descarte, reduzindo o impacto ambiental causado por esse segmento industrial, e contribuindo também para o aumento da vida útil dos aterros municipais de materiais inertes. Outro benefício importante que pode ser relatado com essa prática é que a adição desses resíduos pode substituir parcialmente as areias, que são agregados naturais não renováveis e que estão cada vez mais escassos.

A pesquisa constatou que a adição do resíduo na fabricação de ladrilhos hidráulicos piso tátil é viável, uma vez que o produto, utilizado em situação real, exerceu sua função e permaneceu intacto durante o período de teste.

O resíduo atua como carga mineral, ou seja, é utilizado como material de enchimento em materiais cimentícios, reduzindo parcialmente a adição de outros materiais que possuem maior valor de custo.

É importante enfatizar que o aproveitamento e a reciclagem do resíduo constituem uma alternativa viável tecnicamente para que o setor de marmoraria seja mais sustentável ambientalmente, reduzindo o volume de material descartado e possível contaminação do solo e cursos d'água.

Outro ponto a destacar é que a alternativa proposta se mostrou relevante no aspecto social, pois o ladrilho hidráulico piso tátil é um produto de grande utilidade para auxiliar os deficientes visuais a se orientarem em seu deslocamento, tornando seu trajeto mais seguro.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457: Classificação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma MERCOSUL. **NBR NM 52: Agregado miúdo** - Determinação da massa específica e da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma MERCOSUL. **NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2005.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto: especificação**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457: Ladrilho hidráulico**. Rio de Janeiro, 1986.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Rochas ornamentais e de revestimento**. Sumário Mineral, 2014.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2002.
- LARIZZATTI, J. H. et al. **Rochas ornamentais e de revestimento: conceito, tipos e caracterização tecnológica. Curso de especialização em mármore e granitos**. Ministério de Ciência e Tecnologia e Centro Tecnológico de Mármore e Granito (CETEMAG). Espírito Santo, 2005.
- MARQUES, J. S. **Estudo do processo de produção de ladrilhos hidráulicos visando à incorporação de resíduos sólidos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e saneamento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.
- RODRIGUES, E. P. et al. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos – Projeto bula**. ABIROCHAS (Associação Brasileira de Rochas Ornamentais). São Paulo, 2009.
- SAMPAIO, J. A. **Tratamento de minérios – Práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2007.
- SEBRAE (Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Série Perfil de Projetos: marmoraria**. Vitória (ES), 1999.
- SILVA, C. R. O. **Metodologia e organização do projeto de pesquisa**. Fortaleza: CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica, 2004.

# Modal aeroviário e suas possíveis contribuições para a redução da emissão de $CO_2$

Airline modal and their possible contributions to the reduction of  $CO_2$  emissions

Cinthia de Souza<sup>1,\*</sup>; Fernanda Cristina Pereira<sup>2</sup>; Mariana Marques Leite<sup>3</sup>; Pedro Henrique De Souza Fortes<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

\*[cinthiadesouza@gmail.com](mailto:cinthiadesouza@gmail.com)

## Resumo

O objetivo principal do artigo foi aprofundar os conhecimentos sobre os modais de transportes. O assunto em foco é o modal aeroviário, sua importância como meio de transporte e as tecnologias propostas para diminuir a emissão de gás carbônico durante os voos, grande preocupação das autoridades. O modal aeroviário é essencial para o deslocamento de pessoas e cargas quando se trata de grandes distâncias ou de redução de tempo de viagens. Existem grandes perspectivas de aumento de demanda e segundo estimativas até 2036 haverá um significativo aumento de procura pelo modal. Esta estimativa preocupa os órgãos ambientais e as autoridades pois do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação. Várias tecnologias para se minimizar o problema já foram propostas e testadas. Através das referências utilizadas, conclui-se que é possível promover a redução de gás carbônico durante os voos, porém os custos para se adequar as aeronaves são muito elevados e a aplicação de muitas tecnologias fica apenas nos testes não sendo utilizadas em aviões comerciais.

**Palavras-chave:** Modal Aeroviário, Gás Carbônico, Poluição Atmosférica.

.....

The main objective of the article was to deepen the knowledge about the transport modes studied in the Transport discipline. The subject in focus is the air modal, its importance as a means of transportation and the methodologies proposed to reduce the emission of carbon dioxide during the flights, great concern of the authorities. The air way is essential for the movement of people and cargo when it comes to long distances or reduced travel time. There are great prospects of increasing demand for the modal and according to estimates until 2036 there will be a significant increase in modal demand. This estimate worries the environmental agencies and the authorities because of the total global 2,5% carbon emissions come from aviation. Several methodologies to minimize the problem have already been proposed and tested. Through the references used, it is concluded that it is possible to promote the reduction of carbon dioxide during flights, but the cost to suit the aircraft are very high and the application of many methodologies are only in the tests not being used in commercial airplanes.

**Keywords:** Modal Air, Aarbon Dioxide, Atmospheric Pollution.

## 1 INTRODUÇÃO

Modal aeroviário é um importante meio de transporte, sendo competitivo com os demais por ser mais rápido e considerado mais seguro. Realiza o movimento de pessoas e mercadorias urgentes e de grande valor pelo ar através de aviões, helicópteros ou outro veículo aéreo (MENDONÇA, 2000).

O transporte aéreo cresce em todo o mundo e preocupa os órgãos ambientais e as autoridades. Do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação (CARBON MARKET WATCH, 2013). O efeito direto no clima causado pelas emissões de Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) é o aumento do aprisionamento de raios infravermelhos que geram incremento do efeito estufa e aquece a superfície terrestre (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1999).

As companhias do setor buscam a melhoria dos motores e dos combustíveis baseados na regulamentação ambiental mundial para as emissões de poluentes durante o pouso e a decolagem das aeronaves e no desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das já existentes. A redução da emissão de  $CO_2$  representa desafio para as empresas do segmento (RENTES, 2014).

Devido a estimativa de um aumento significativo na demanda do transporte aéreo e um conseqüente aumento da emissão de carbono provenientes da aviação, o presente artigo teve como objetivo estudar tecnologias propostas para redução do  $CO_2$ , avaliar os resultados e a viabilidade de uma ampla aplicação das mesmas.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado como um estudo de revisões bibliográficas relacionadas a tecnologias adotadas na aviação para uma possível contribuição ambiental através da redução da emissão de  $CO_2$ .

### 2.1 A aviação

A aviação é um modal de transporte essencial para o deslocamento de pessoas e cargas quando se trata de grandes distâncias ou de redução de tempo em viagens (FREIRE et al., 2015). Tem ampla relevância econômica e climática, e cresce aceleradamente, em todo o mundo..

#### 2.1.1 Histórico da aviação

Os relatos históricos da aviação apresentam uma suposta controvérsia em relação à invenção do avião. Alguns creditam a invenção do avião aos Irmãos Wright, que segundo os próprios, fizeram o primeiro voo do mundo, no ano de 1903, estavam presentes três testemunhas, dois fazendeiros e uma criança, contudo não foram feitos registros que pudessem comprovar a veracidade do fato.

Os créditos da invenção do avião foram, então, dados ao brasileiro Alberto Santos Dumont, que em 23 de outubro do ano de 1906, no campo de Bagatelle em Paris, França, conseguiu taxiar, decolar, voar nivelado e pousar com um avião (FAJER, 2009). O voo foi realizado na presença de testemunhas e registrou-se cada momento Figura 1 (CEAB, 2016).

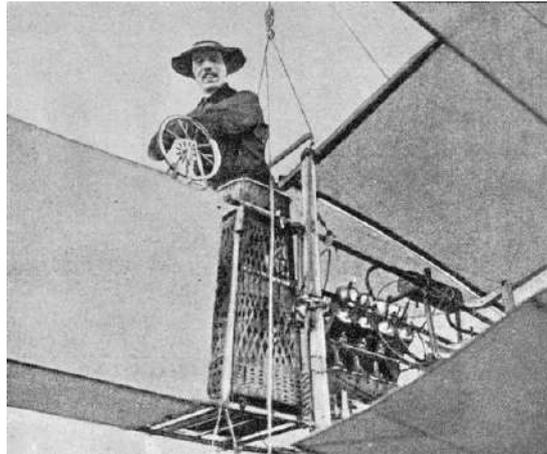


Figura 1 – *Alberto Santos Dumont durante primeiro voo.*  
Fonte: CEAB (2016).

O voo ocorreu em um equipamento que foi capaz de voar por conta própria sem a utilização de impulsor (CEAB, 2016). Diferentemente do realizado pelos irmãos Wright, o qual teve auxílio de uma espécie de catapulta para lançar o avião.

Ao longo dos anos os aviões ficaram mais elaborados e os equipamentos se tornaram mais confiáveis, começou-se então a utilização das aeronaves como meio de transporte de pessoas e de cargas. O maior avanço da aviação ocorreu entre as décadas de 20 e 30 do último século, com projetos comerciais e voos transatlânticos.

Com o desenvolvimento de materiais e técnicas, construiu-se aviões melhores e, atualmente, existem boeings, jatos, supersônicos, aviões comerciais e aviões militares mais modernos e avançados. Desde a década de 90, a tecnologia da aviação procura desenvolver aviões cada vez mais automatizados, seguros, eficientes, silenciosos e com menor consumo de combustível (CEAB, 2016).

Com o objetivo de tentar diminuir o consumo de combustível e assim diminuir as emissões de  $CO_2$ , as indústrias de fabricação de aeronaves tentam desenvolver aviões comerciais mais leves, porém com materiais resistentes (SIMÕES et al., 2003).

### 2.1.2 Emissão de $CO_2$ na aviação

Do total de emissões globais de carbono 2,5% são provenientes da aviação (CARBON MARKET WATCH, 2013). Estima-se que até 2030 ocorra um aumento significativo na demanda de transporte aéreo e conseqüentemente na emissão de carbono provenientes da aviação. Além disso, as emissões da aviação estão em acelerado crescimento e supera mais do que em dobro a taxa de crescimento do PIB mundial, isto indica uma perspectiva de aumento de emissões de 155% até 2036 (GONÇALVES, 2014).

As emissões de poluentes pelas aeronaves é o segundo aspecto ambiental de maior gravidade a ser considerado pelos órgãos ambientais (BRETTAS, 2001). Uma tentativa de controle das emissões é a regulamentação ambiental para as emissões de poluentes durante o pouso e decolagem das aeronaves. Em 1982, foi constituído o Comitê de Proteção Ambiental em Aviação Civil, órgão vinculado à Organização Internacional para a Aviação Civil. Este comitê atua especificamente na área de emissão de motores e indica os limites para cada poluente emitido pelas aeronaves nas operações de pouso e decolagem. Essa

regulamentação é mundial e órgãos competentes do país onde a aeronave foi registrada realizam medições com objetivo de verificar se a mesma emite poluente dentro dos limites indicados pelo comitê. Se estiver dentro dos limites, a aeronave recebe certificação que é concedida e validada. No Brasil, o Departamento de Aviação Civil (DAC) é o órgão que realiza as medições e certificações das aeronaves (ANAC, 2016).

Mesmo dentro dos limites indicados na regulamentação, o  $CO_2$  emitido pelas aeronaves causam sérios danos ambientais, com isto há a necessidade de se promover a redução do consumo de combustível e assim reduzir as emissões. Para isto surgiram várias pesquisas que criaram tecnologias que possam colaborar com a redução do impacto ambiental causado pela poluição das aeronaves.

## 2.2 Efeitos do $CO_2$ na atmosfera

O fenômeno do efeito estufa está associada ao aumento nas emissões de determinados gases poluentes. A maioria desses gases é emitida pela aviação e em quantidades suficientes para afetar o clima global (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1999).

As principais emissões aeronáuticas incluem: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ), óxidos de enxofre ( $SO_x$ ), monóxido de carbono (CO), vapor d'água e aerossóis (BRITO, 2013).

Um dos principais problemas causados pela emissão de  $CO_2$  é o efeito estufa. Efeito estufa é o acréscimo constante da temperatura da terra devido à absorção de radiação infravermelha terrestre por alguns gases conhecidos como gases de efeito estufa, tais como o  $CO_2$ , os clorofluorcarbonos (CFCs), o metano  $CH_4$  e outros. Sendo o  $CO_2$  o gás que mais contribui para o aquecimento global como mostra a Figura 2 (LORA, 2002).

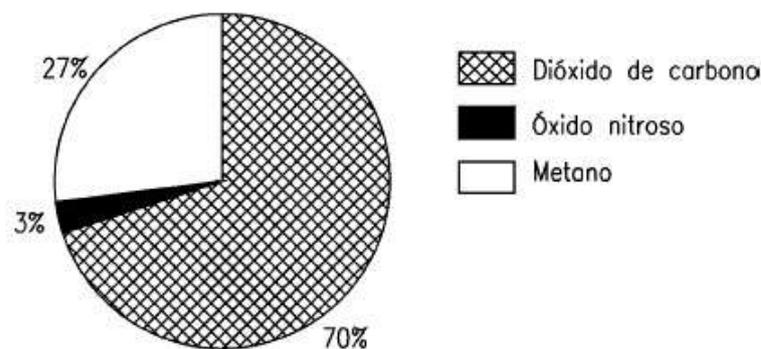


Figura 2 – Contribuição relativas dos diferentes gases estufa ao aquecimento global.  
Fonte: Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético (LORA, 2002).

O impacto das emissões de  $CO_2$  depende das mudanças que são induzidas na baixa atmosfera e seu efeito atmosférico que pode ser fotoquímico, dinâmico e de processo radiativo. Podem ocorrer mudanças nas concentrações de água, ozônio e particulados devido à mudanças climáticas (SIMÕES, et al., 2003).

Além disto, o  $CO_2$  pode afetar o próprio setor aeroaviário, pois o aquecimento global pode dobrar a ocorrência de turbulência de céu claro nas viagens aéreas. Além de mais

frequentes, os balanços causados por variação de velocidade de correntes de ar que são normalmente menos comuns do que a turbulência ligada as tempestades devem ficar mais intensos até a metade deste século (ABAG, 2017).

### 2.3 Tecnologias utilizadas na redução da emissão de $CO_2$ na aviação

Como resultado de várias pesquisas existem tecnologias que envolvem tanto mudanças estruturais no próprio avião, quanto novas fórmulas de combustível para se promover a redução da emissão de  $CO_2$ .

#### 2.3.1 Mudanças estruturais

Algumas indústrias de fabricação de aeronaves desenvolvem aviões comerciais mais leves, mas com materiais resistentes (SIMÕES et al., 2003). Assim, aumenta-se a eficiência na utilização de combustíveis fósseis, reduz a quantidade do combustível usado e o volume de gases emitidos. Para isto é necessário um planejamento bem elaborado em relação aos materiais de que as aeronaves são construídas e as formas que esses aviões terão (DUTRA, 2009).

Algumas pesquisas, sobre os formatos dos aviões, são inspiradas em aves, e a partir destas pesquisas constatou-se que entre as mudanças estruturais do avião, deve-se haver um novo tipo de asas que podem se mover lateralmente e reduzir o arrasto aerodinâmico e, com isso, o consumo de combustível diminui em até 20% (ROSA, et al., 2012).

#### 2.3.2 Asas morfológicas

Uma inovação tecnológica desenvolvida pela NASA em parceria com o Laboratório de Pesquisas da Força Aérea dos Estados Unidos chamada de Projeto “Aviação Verde”, substitui os flaps por asas morfológicas. Os flaps, mostrados na Figura 3, são peças móveis localizadas na asa dos aviões que mudam de posição de acordo com a necessidade do piloto. As asas morfológicas mostradas na Figura 4, são compostas de uma peça única com superfície flexível que pode mudar de forma continuamente durante o voo. A inovação torna os aviões mais silenciosos e mais econômicos em termos de consumo de combustível (HANGAR, 2014).

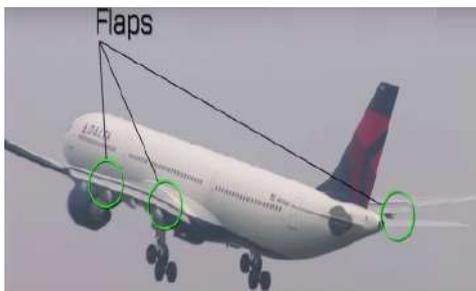


Figura 3 – Flaps nas asas do avião.  
Fonte: Site Olhar digital (2014).



Figura 4 – Asa morfológica.  
Fonte: Site Olhar digital (2014).

A escolha dos materiais para produção da asa foi um grande desafio para os pesquisadores, pois, os materiais precisavam ser elásticos o suficiente para que assumam os formatos desejados, mas rígidos o suficiente para lidarem com as grandes forças envolvidas no voo. Em princípio, foram utilizados compósitos reforçados com fibras de vidro e de

carbono já usados pela indústria aeronáutica. Posteriormente, o material metamórfico foi adequado às exigências de uma asa de avião. Futuramente pretende-se torná-las à prova de gelo e de raios, e resistente o suficiente para suportar o impacto de aves (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009).

Foram realizados testes em Edwards, na Califórnia. Ao longo de seis meses, 22 voos de pesquisa com a nova tecnologia foram realizados. As asas ACTE (Adaptive Compliant Trailing Edge, algo como borda traseira adaptativa e responsiva) podem ser anguladas de 30 graus para baixo até 2 graus para cima. No entanto, em cada um dos voos de teste, a angulação das asas foi fixa, de forma a oferecer resultados mais precisos (NASA, 2015).

Essa tecnologia pode ser implementada em aviões antigos ao substituir apenas suas asas. Essa substituição geraria uma economia de combustível de 3% a 5%, contra uma economia de 8% a 12% em uma aeronave que já venha de fábrica com essa tecnologia (NASA, 2015).

### **2.3.3 Micro ranhuras nas asas dos aviões**

Outra forma de aumentar o aproveitamento de combustível é a criação de pequenas ranhuras sobre as asas da aeronave, o que reduz o arrasto por fricção superficial. As ranhuras fazem com que a asa movimente o ar à sua volta, como se estivesse sendo deslocada sem ter que se mexer (ROSA, et al., 2012).

Pequenos jatos de ar são redirecionados em volta das asas do avião de forma a criar um fluxo lateral que o faz ir de um lado para o outro sobre a asa e simula o movimento.

## **2.4 Novos Combustíveis**

Simultaneamente ao crescimento do modal aeroviário ocorre o aumento da demanda de combustíveis, algumas pesquisas buscam tecnologias para utilização de fontes renováveis de energia para diminuir a emissão de gases de efeito estufa gerados pelo consumo de combustíveis fósseis (VELÁZQUEZ, et al., 2012).

Algumas características são exigidas dos combustíveis utilizados na aviação, como: alta viscosidade energética, permitir potências elevadas, apresentar volatilidade adequada, possuir baixo ponto de congelamento, não conter água em solução, ser quimicamente estável e apresentar baixa corrosividade (CGEE, 2010).

Dentre os combustíveis mais utilizados na aviação estão: o querosene de aviação, utilizado em motores a reação, mais conhecido como JET A1 e a gasolina de aviação utilizada em motores a pistão, conhecida como Avgas 100LL (low lead – baixo chumbo) ou GAV 100LL (REALPE, 2016).

### **2.4.1 Combustíveis drop-in**

Combustíveis drop-in são combustíveis que atendem às especificações do equipamento e da infraestrutura disponíveis e apresentam fatores adversos, como cadeia de suprimento, desenvolvimento de aeronaves dedicadas, aceitação pública, entre outros (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010). Eles também são quimicamente indistinguíveis do combustível tradicional e podem ser misturados a este, de modo a promover desempenho e segurança similares (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010).

Um exemplo de combustíveis drop-in é o querosene sintético parafínico misturado com o JET-A1, que já está aprovado pela norma ASTM 7655, em proporção limitada a 50% (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

#### 2.4.2 Substituição de AVGAS por etanol (álcool combustível)

Em 2002 foi realizado o primeiro voo de uma aeronave com a substituição de AVGAS (gasolina de aviação) por etanol (álcool combustível). O motor utilizado para conversão foi Lycoming IO-0540-K1J5D, que equipa a aeronave EMB-202 Ipanema utilizado na agricultura mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Avião agrícola modelo Ipanema movido a etanol.  
Fonte: EMBRAER (2014).

O álcool combustível é utilizado com sucesso em aeronaves agrícolas e representa uma fonte de energia renovável. Para a utilização do álcool foi necessário fazer alterações no motor da aeronave e converter todo os sistemas de combustível do motor. Foi trocado, desde as bombas de combustível, as mangueiras, a injetora, filtros, anéis de vedação, drenos, válvulas e sistema de cabos elétricos (EMBRAER, 2014).

#### 2.4.3 Utilização do pinhão manso como biocombustível

Um dos principais pontos de pesquisa para se obter redução de  $CO_2$  na aviação é a viabilização do uso de biocombustíveis. Existem algumas parcerias para produção de biocombustível, porém, o cultivo de matéria-prima dos biocombustíveis deve seguir algumas normas que incluem: não concorrer com o setor de alimentos e não interferir nos ecossistemas naturais (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2010).

A companhia aérea TAM utilizou em testes o pinhão-manso, mostrado na Figura 6, como matéria prima de biocombustível para a aeronave Airbus A320-214 mostrada na Figura 7. O pinhão manso, é pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca, e seu nome científico é *Jatropha curcas* (EMBRAPA, 2009).



Figura 6 – *Pinhão manso, matéria prima para produção de biocombustível.*  
Fonte: Biomassa (2012).



Figura 7 – *Avião da TAM movido a biocombustível.*  
Fonte: Revista Exame (2010).

O pinhão é impróprio ao consumo humano e quase não necessita de água (GAZZONI, 2010). Cumpre as normas exigidas para produção de biocombustível, pois não concorre com a cadeia alimentar por ser imprópria para consumo humano e animal, e não precisa de novas áreas para cultivo, pois pode ser cultivada junto com pastagens (RIBEIRO, 2010).

Em novembro de 2010, a aeronave Airbus A320-214 decolou e pousou no Aeroporto do Galeão, no Rio de Janeiro, utilizando o biocombustível proveniente do pinhão-manso (REVISTA EXAME, 2010).

#### 2.4.4 **Substituição do combustível pela utilização de placas de células fotovoltaica**

O desenvolvimento de aeronaves com placas de células fotovoltaicas tem como objetivo promover energias renováveis e demonstrar que viagens sustentáveis de avião são viáveis. O chamado Solar Impulse (do inglês impulso solar) mostrado na Figura 8, foi desenvolvido pelos suíços Bertrand Piccard e Andre Borschberg (NOTÍCIAS UOL, 2016).



Figura 8 – Avião movido a energia solar.  
Fonte: Site de Notícias Uol (2016).

Após mais de uma década de estudos e testes em 25 de julho de 2016 o avião Solar Impulse se tornou o primeiro a dar a volta ao mundo movido a energia solar ao pousar em Abu Dhabi. A aeronave voou desde 9 de março de 2015, quando decolou da capital dos Emirados Árabes Unidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tecnologias estudadas apresentaram bons resultados para a economia de combustível e consequentemente para redução de emissão de  $CO_2$ . Foram apresentados os seguintes resultados:

- **Asas morfológicas:** Toda a superfície da asa se curva de acordo com as necessidades do piloto. Essa mudança reduz o consumo de combustível durante a decolagem e a aterrissagem e ocorre menor emissão de  $CO_2$  (OLHAR DIGITAL, 2014).
- **Micro ranhuras nas asas dos aviões:** Há uma diminuição no arrasto, na resistência que o ar impõe ao avanço do avião. Com menor arrasto, os motores gastam menos combustível porque fazem menos força e emitem menos  $CO_2$  (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009).
- **Combustíveis drop-in:** Funciona perfeitamente sem necessidade de adaptação de frotas ou equipamentos existentes (HUPE, 2011). Este combustível reduz a emissão de  $CO_2$  em até 70% (EMBRAPA, 2017).
- **Substituição de AVGAS por etanol (álcool combustível):** O motor operou com temperatura mais baixa, o que favoreceu a manutenção. Notou-se excelente preservação das peças do motor e baixa quantidade de resíduos. O álcool utilizado na aviação agrícola no Brasil trouxe em alguns casos economia de 50% nos custos e aplicação de defensivos agrícolas. Estes combustíveis se mostraram, a curto prazo, uma das melhores opções para o problema de emissão de  $CO_2$  (RODRIGUES, 2009).
- **Utilização do pinhão manso como biocombustível:** Os motores com biocombustível obtiveram propriedades térmicas e hidrodinâmicas coerentes com as do combustível tradicional e reduziu a emissão de  $CO_2$  em 60% (REVISTA EXAME, 2010).

- **Substituição do combustível pela utilização de placas de células fotovoltaica:** Com a utilização das placas não há emissão de  $CO_2$ , o avião é alimentado apenas por energia provinda do sol e, além de fazer funcionar os motores elétricos, os painéis solares geram uma carga de energia extra para recarregar baterias, que fornecem o suprimento necessário para voos noturnos. (CENTRAL DE NOTÍCIAS BBC, 2016).

De acordo com as pesquisas, as mudanças estruturais ainda são estudadas e aplicadas a alguns modelos de aviões. Já as mudanças de combustíveis, apesar dos bons resultados apenas o modelo Ipanema continua a produção de motores movidos a etanol, várias limitações impedem que as referidas tecnologias sejam efetivamente aplicadas.

Após quinze anos do seu primeiro voo, o modelo Ipanema está compatível para a Certificação Aero agrícola Sustentável (CAS), o modelo se tornou a primeira aeronave produzida em série no mundo com certificação para voar com etanol. A utilização do etanol reduziu o impacto ambiental, os custos de operação e manutenção e ainda melhorou o desempenho geral da aeronave, tornando-a mais atrativa para o mercado. Hoje, cerca de 40% da frota em operação é movida a etanol e aproximadamente 80% dos novos aviões são vendidos com essa configuração (ECOTURISMO, 2017).

O combustível drop-in apresenta dificuldades para uso em grande escala devido ao alto investimento a ser feito no caso de uma infraestrutura paralela dedicada a um combustível não drop-in, onde virtualmente todos os grandes aeroportos são supridos por tubulações vindas diretamente das refinarias, esse investimento acusa um custo aproximado de um milhão de dólares por quilômetro de tubulação de combustível, e a estrutura atual deveria ser dobrada (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

Uma das barreiras para a utilização dos biocombustíveis é o preço, sendo que seu valor pode ser de 2 a 2,5 vezes maior que o dos combustíveis tradicionais (ABDI, 2009).

Outra barreira para o biocombustível é tornar-se competitivo pois possui maior custo e menor oferta. Para obter a queda de preços no futuro e viabilizar os combustíveis renováveis, serão necessárias diversas tecnologias de produção para atender às particularidades de cada região (REVISTA AEROMAGAZINE, 2015).

Os biocombustíveis disponíveis para a aviação são raros e caros, e as estimativas para o custo de produção dos biocombustíveis sugerem que as companhias aéreas gastariam o dobro do que gastam com o querosene, e, conseqüentemente, os seus passageiros também gastariam o dobro para adquirir suas passagens aéreas. Porém, espera-se que, com a maior oferta e maior utilização em operação, devido à escala, seus preços sejam reduzidos (SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION, 2011).

Após um ano da volta ao mundo do Solar Impulse as pesquisas continuam, o objetivo é expandir o sistema de captação de energia solar através de placas fotovoltaicas para aviões comerciais. Com a retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris houve um recuo para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas (CNBC, 2017).

O Acordo de Paris determina que os países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação, em países em desenvolvimento (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2017). A saída dos Estados Unidos do Acordo de Paris causará dificuldades para o financiamento de novas

tecnologias.

## 4 CONCLUSÃO

De acordo com as referências estudadas é possível reduzir a emissão de  $CO_2$  no modal aeroviário, as tecnologias estudadas apresentaram bons resultados na economia de combustível e redução da emissão de poluentes. As tecnologias são comprovadamente eficientes para reduzir o  $CO_2$  mas suas aplicações se limitam a testes e aviões de pequeno porte. Apesar dos bons resultados não ocorre expansão na utilização destas tecnologias.

Ainda não ocorre uma contribuição efetivamente para a redução de  $CO_2$  por falta de incentivo financeiro. O alto custo para adaptação das aeronaves torna difícil e até mesmo inviável a adoção das referidas tecnologias. Para adequar as aeronaves, as empresas gastariam maior valor do que é gasto com combustível e o retorno seria a longo prazo. Em voos comerciais as companhias aéreas só as utilizarão caso haja uma compensação financeira.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAG – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AVIAÇÃO GERAL. **Transporte aéreo adota plano para estar na vanguarda ambiental**. Disponível em: <<http://www.abag.org.br/noticias/256.html>>. Acesso em 07 mai. 2017.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo prospectivo aeronáutico: relatório geral**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Série Cadernos da indústria ABDI, v. 14, 2009 - Brasília – DF, Brasil.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **ANAC lança inventário de emissão de gases na aviação civil**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/2014/anac-lanca-inventario-de-emissao-de-gases-na-aviacao-civil>>. Acesso em 07 mai. 2017.

BIOMASSA. **Embrapa busca equacionar variáveis e soluções para biodiesel de pinhão manso**. Disponível em: <<http://www.biomassabr.com/bio/resultadonoticias.asp?id=1761>>. Acesso em 15 jun. 2017.

BRETTAS, L. A M. **Gestão ambiental em companhias de aviação: um estudo de caso na VARIG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). 128f. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

BRITO, T.F.N.; JUNIOR, W.C.S. **Emissões atmosféricas do setor aeroespacial no Brasil**. Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2009. São José dos Campos – SP, Brasil.

CARBON MARKET WATCH, 2013. Disponível em: <<http://carbonmarketwatch.org/>>. Acesso em 17 jun. 2017.

CEAB – Escola de Aviação. **A história e importância da aviação**. Disponível em: <<http://www.ceabbrasil.com.br/blog/index.php/artigos-aviacao/7219/>>. Acesso em 18

abr. 2017.

CENTRAL DE NOTÍCIAS BBC. **Avião movido a energia solar completa primeira volta ao mundo**. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-36900465>>. Acesso em 14 jun. 2017.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Biocombustíveis aeronáuticos: progressos e desafios**. CGEE, 2010. Brasília – DF, Brasil.

CNBC. **Solar impulse CEO says this can make air transport cheaper, cleaner, quieter and safer**. Disponível em: <<https://www.cnbc.com/2017/06/27/solar-impuls-e-ceo-electric-propulsion-technology-change-the-aviation-industry.html>>. Acesso 06 set. 2017.

DUTRA, P. A. **Poluição aeronáutica: impacto do setor aéreo ao meio ambiente**. Dissertação de Graduação, Universidade Católica de Goiás, 2009. Goiania – Goiás, Brasil.

ECOTURISMO. **EMBRAER apresenta ipanema 203 preparado para certificação aeroagrícola sustentável**. Disponível em: <<http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/agrishow-2017-embraer-apresenta-ipanema-203-preparado-para-certificacao-aeroagricola-sustentavel/>>. Acesso em 05 set. 2017.

EMBRAER. **Embraer celebra dez anos do ipanema movido a etanol**. Disponível em: <<http://www.embraer.com/pt-br/imprensaeventos/press-releases/noticias/paginas/embraer-celebra-dez-anos-do-ipanema-movido-a-etanol.aspx>>. Acesso em 16 jun. 2017.

EMBRAPA. **Pinhão-manso: cultivares, sistema de produção e destoxificação da torta são alvos da pesquisa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1471675/pinhao-manso-cultivares-sistema-de-producao-e-destoxificacao-da-torta-sao-alvos-da-pesquisa>>. Acesso em 19 jun. 2017.

FAJER, M. **Sistemas de investigação dos acidentes aeronauticos da aviação geral – uma análise comparativa**. Programa de pós graduação em saúde publica, 2009. São Paulo – SP – Brasil.

FREIRE, L. L. A.; NASCIMENTO, D. M. **Panorama do ambiente regulatório do uso de biocombustível para aviação no Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Transportes. Universidade de Brasília – UnB, 2015 - Brasília – DF, Brasil.

GAZZONI, M. **TAM planeja voar com bioquerosene de pinhão manso**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/r1-tam-planeja-voar-biodiesel-pinhao-manso-280410.htm>>. Acesso em 15 jun. 2017.

GONÇALVES, V. K. **A inclusão da aviação no esquema europeu de comércio de emissões de carbono e o princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas**. 2º Seminário de Relações Internacionais: graduação e pós-graduação da Associação Brasileira de Relações Internacionais, 2014. João Pessoa – Paraíba, Brasil.

HANGAR. **Nasa testa asa de aeronave que substitui flaps**. Disponível em: <<http://blog.hangar33.com.br/nasa-testa-asa-de-aeronave-que-substitui-flaps/>>. Acesso em 15 jun. 2017.

HUPE, J. **Sustainable alternative fuels for aviation**. Produced by the Environment Branch of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Montréal – Québec, Canada, 2011.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICAS. **Asas que balançam farão aviões gastar 20% menos**

**combustível.** Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=asas-que-balancam-farao-avioes-gastar-20--menos-de-combustivel&id=010170090528>>. Acesso em 15 jun. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Aviation and the global atmosphere.** A Special Report of IPCC Working Groups I and III. Cambridge: Univ. Press, 1999. Cambridge, Inglaterra.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Environmental report**, 2010.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** Editora Interciencia Ltda, 2002. Rio de Janeiro- RJ, Brasil.

MENDONÇA, Paulo C.c. de. **Transportes e seguros no comércio exterior.** 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em 06 set. 2017.

NASA. **NASA successfully tests shape-changing wing for next generation aviation.** Disponível em: <<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-successfully-tests-shape-changing-wing-for-next-generation-aviation>>. Acesso em 07 mai. 2017.

NOTÍCIAS UOL. **Avião movido a energia solar completa voo sobre o oceano pacífico.** Disponível em: <<http://noticias.ne10.uol.com.br/tecnologia/noticia/2016/04/24/aviao-movido-a-energia-solar-completa-voo-sobre-oceano-pacifico-610946.php>>. Acesso em 14 jun. 2017.

OLHAR DIGITAL. **Nasa testa asas de avião que mudam de formato durante voo.** Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/nasa-testa-asas-de-aviao-que-muda-am-de-formato-durante-o-voo/48289>>. Acesso em 14 jun. 2017.

REALPE, C. K. T. **Prospecção tecnológica de combustível renovável para aviação: estudo de caso do diesel verde.** Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

RENTES, V. C. **Gestão de gases de efeito estufa (GEE) no setor de aviação: o caso do Grupo Latam Airlines.** Universidade de São Paulo – USP, 2014 São Paulo – SP, Brasil.

REVISTA AEROMAGAZINE. **Os desafios do biocombustível.** Disponível em: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dosbiocombustiveis\\_2115.html](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dosbiocombustiveis_2115.html)>. Acesso em 14 jun. 2017.

REVISTA EXAME. **TAM lidera projeto de produção de bioquerosene de aviação.** Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/tam-lidera-projeto-de-producao-de-bioquerosene-de-aviacao/>>. Acesso em 15 jun. 2017.

RIBEIRO, A. **TAM vai testar avião movido a pinhão.** 2010. Disponível em: <<http://colunas.epoca.globo.com/planeta/2010/04/28/tam-vai-testar-aviao-movido-a-pinhao/>>. Acesso em 18 jun. 2017.

RODRIGUES, S. **Álcool combustível para aeronaves combustíveis alternativos e preservação do meio ambiente.** Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Manutenção de Aeronaves, da Universidade Tuiuti do Paraná – Faculdade de Ciências

Aeronáuticas Curitiba, 2009. Curitiba – PR, Brasil.

ROSA, V. P.; ANDRADE, D. C. **Redução da emissão de gases contribuintes para o efeito estufa na aviação**. Projeto do curso de engenharia mecânica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2012.

SIMÕES, A. F.; SCHAEFFER, R. **Emissões de CO<sub>2</sub> devido ao transporte aéreo no Brasil**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 9, nº 1, 2003. Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

SUSTAINABLE WAY FOR ALTERNATIVE FUELS AND ENERGY IN AVIATION. **Final report**, 2011. France: Swafea, 2011. Paris, França.

VELÁZQUEZ, R. S. G.; KUBOTANI, R. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G. **Novos combustíveis para a aviação: um estudo de caso**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v. 12, n. 1, p. 77-93. 2012.

# Segurança operacional em barragens de pequeno porte

Operational safety in small dams

Marcos Delgado Gontijo<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, Brasil.

\* [marcosdgontijo@yahoo.com.br](mailto:marcosdgontijo@yahoo.com.br)

## Resumo

A busca e estudos permanentes de alternativas de operação validadas por especialistas são importantes para corrigir problemas pontuais e aumentar a confiabilidade e a conservação das barragens. Algumas ações preventivas em barragens de pequeno porte, permitidas nas especificações de projetos, podem aumentar a segurança e a eficiência das mesmas, em especial as barragens tipo terra e enrocamento, construídas a partir de terra e materiais estéreis de mina ou materiais de empréstimos adequados a sua construção. Dentre as ações identificadas neste trabalho, está o uso das chamadas “praias de rejeitos”, das leiras e das barragens de clarificação de água e segurança.

**Palavras-chave:** Barragem, Leira de Proteção, Praia de Rejeitos.

.....

The search for and permanent studies of alternatives operational, validated by specialists, are important to correct specific problems and increase the reliability and conservation of dams. Some preventive actions in small dams, allowed in project specifications, can increase their safety and efficiency, especially ground and rock barrages constructed from land and sterile mine materials or its construction. Among the actions identified in this work are the use of so-called "tailing beaches," the ground elevation and water clarification and safety of dams.

**Keywords:** Dam, Protection Berm, Tailing Beach.

## 1 INTRODUÇÃO

Os materiais de descarte, classificados como rejeitos finos, podem ser depositados em barragens de lamas, especialmente projetadas para esse fim. Estes materiais, quando dispostos indevidamente, podem ser carregados e assorear rios e nascentes, além de promover danos diversos. Também podem causar acidentes com riscos às vidas humanas, fauna e flora, bem como causar contaminação química dos efluentes por características dos rejeitos minerados e aditivos, eventualmente adicionados aos mesmos. Durante e após a disposição dos rejeitos, é necessário um controle permanente e a observância das recomendações e manuais de projeto.

O contato direto da lâmina d'água com o barramento deve ser monitorado de perto, de modo a evitar danos e acidentes. As chamadas praias de rejeitos são zonas de transição, planejadas e devidamente especificadas, que criam uma interface entre o material estrutural do barramento e a lâmina de água ou polpa de minério (RESENDE, 2012). Normalmente, as praias são usadas nas barragens construídas a partir de alteamentos com rejeitos adensados a montante, em linha de centro e, ocasionalmente, a jusante, mas também podem ser um fator adicional de segurança para barragens convencionais de terra e enrocamento.

O controle da drenagem sobre o barramento é importante, especialmente em épocas de chuva e regiões com elevados índices pluviométricos. A água não deve escorrer livremente, especialmente para o lado externo do barramento, provocando erosões que podem progredir rapidamente. Uma alternativa é a construção de leiras de proteção, que se configura em um fator de segurança para veículos, e que podem agir na contenção dos fluxos e escoamento para os locais específicos de drenagem da barragem.

As barragens de rejeito têm a função principal de armazenar os rejeitos e, como tais, devem drenar as águas da melhor forma possível. No entanto, a água descartada, em muitos casos, não está em condições de retorno ao meio ambiente ou condições de reutilização, necessitando de um segundo estágio ou local para clarificação e estocagem. Essa barragem complementar pode ser dimensionada para servir de barragem de segurança à barragem principal (de adensamento e estocagem do rejeito).

## 2 OBJETIVOS E RELEVÂNCIA

Objetiva-se, neste trabalho, apresentar um estudo de alternativas para melhorar a segurança operacional dos rejeitos dispostos em barragens convencionais de enrocamento, construídas com utilização de estéreis ou materiais provenientes de áreas de empréstimos.

Os estudos e critérios operacionais das barragens devem ser rigorosos e contínuos, especialmente porque os problemas podem gerar danos ao meio ambiente e aos seres humanos, como no caso recente do rompimento da barragem da SAMARCO em Mariana. Devem ser criadas alternativas que vão desde a redução dos rejeitos gerados, passando pelo melhor adensamento dos mesmos, por sistemas que permitam maiores estabilidades dos materiais estocados e das estruturas construtivas, bem como sistemas eficientes de drenagem e reaproveitamento dos recursos hídricos.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

O processo utilizado em minas a céu aberto envolve: decapeamento da jazida, perfuração, desmonte e operações de transporte. Após a extração, os minérios são levados às unidades de beneficiamento para adequação de sua qualidade. Na lavra são, também, extraídos os materiais estéreis e no beneficiamento os rejeitos. Os rejeitos finos, normalmente, são depositados em barragens de rejeitos (MACHADO, 2007). A Figura 1 apresenta as atividades desenvolvidas na mineração de bauxita: operações de mina, beneficiamento e disposições de rejeitos.

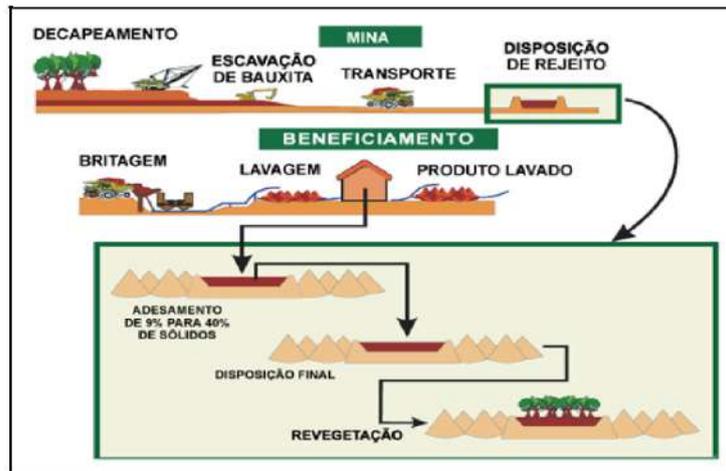


Figura 1 – Atividades de uma mineração.

Fonte: Machado (2007)

Nas últimas décadas, o rigor das exigências e legislações ambientais, relacionadas principalmente ao controle de qualidade do efluente líquido proveniente do beneficiamento mineral e à segurança global das barragens de contenção de rejeitos, tem implicado a adoção de projetos e procedimentos mais seguros (FILHO, 2004).

Para evitar o contato entre a parte estrutural da barragem com a lâmina d'água, são preservadas áreas de proteção, chamadas "praias de rejeitos". Ou seja, a praia é a área do depósito de rejeitos, próxima ao barramento, onde é disposto parte do rejeito, geralmente a fração mais grosseira.

A seguir, na Figura 2 (a) e 2 (b), tem-se fotos de exemplos de barragens, mostrando as praias de rejeitos, eixos, lagoa de decantação e aspectos gerais.

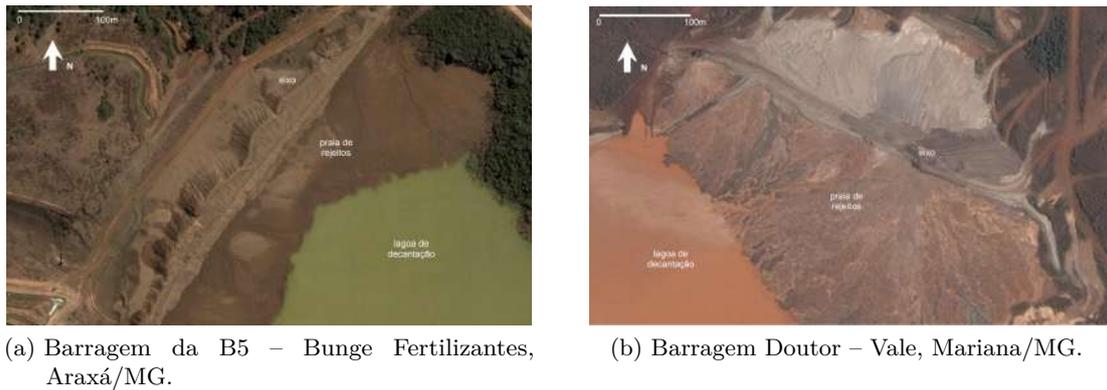


Figura 2 – Barragens com praias de rejeitos.  
Fonte: D’Agostino (2008).

Normalmente, o estabelecimento da praia de rejeitos está associado ao método de alteamento e disposição de rejeitos adensados a montante e por linha de centro. No entanto, além dos motivos de segurança, como a altura livre de projeto, mesmo para o método de construção a jusante, pode ser prevista a implantação de praia, como segurança adicional para barragens de rejeitos (Conforme apontado por Beirigo (2005)).

A Figura 3 apresenta ilustrações de sistemas prevendo a praia de rejeitos, sem e com dreno interno ao barramento.

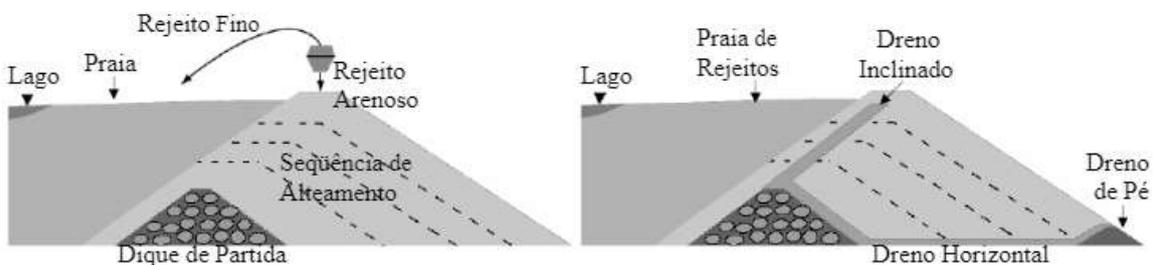


Figura 3 – Alteamento a Jusante.  
Fonte: Rowatt (2001), modificado por Beirigo (2005).

Conforme Figura 3, tem-se as seguintes alternativas construtivas de uma barragem:

- a) Sequência executiva;
- b) Sistema com drenagem e filtração interna.

Para barragens convencionais de enrocamento, também pode ser previsto o controle por praia de rejeitos, conforme Figura 4 a seguir.

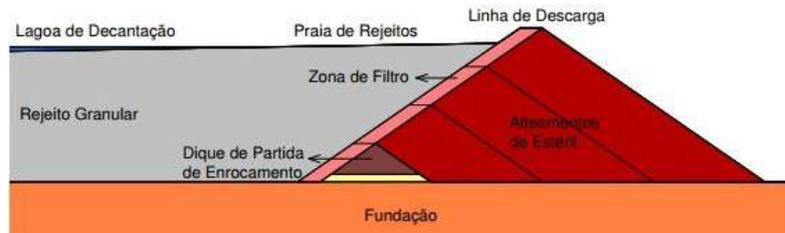


Figura 4 – Barragem convencional (terra e enrocamento) e com estéril.  
Fonte: Filho (2004).

### 3.1 Leiras de proteção

As leiras, bermas estabilizantes ou bermas de proteção, são elementos de segurança que têm a função principal de evitar que os veículos que operam na estrada saiam da pista, além de servirem como elemento auxiliar no funcionamento eficaz do sistema de drenagem superficial (FILHO, 2011). São localizadas nas margens das estradas da mineração e, segundo a NR-22, devem ter altura correspondente à metade do diâmetro da roda do maior caminhão que trafega pela estrada (REIS, 2014). A Figura 5 demonstra a configuração usual de leiras de proteção.



Figura 5 – Leira de proteção e dreno de pista.  
Fonte: Baseado em Filho (2011).

A geometria típica das leiras de proteção geralmente é trapezoidal ou triangular. Em estradas de mina, as leiras são relativamente contínuas, com certos espaçamentos, planejados para escoamento da água de drenagem (MACHADO, 2007).

### 3.2 Barragem de água

Para armazenamento e clarificação da água proveniente da barragem de rejeitos, a barragem de água, construída a jusante, pode receber contribuições das águas e sedimentos de drenagem pluviais, águas de controles do rebaixamento do lençol freático nas cavas e outras. As barragens de rejeitos também podem, operacionalmente, serem subdivididas em setores, de espessamento e clarificação, por exemplo, podendo a subdivisão ser um barramento feito por rejeitos adensados (GONTIJO et al., 2011). Pode-se ver na Figura 6 uma barragem com dois setores.

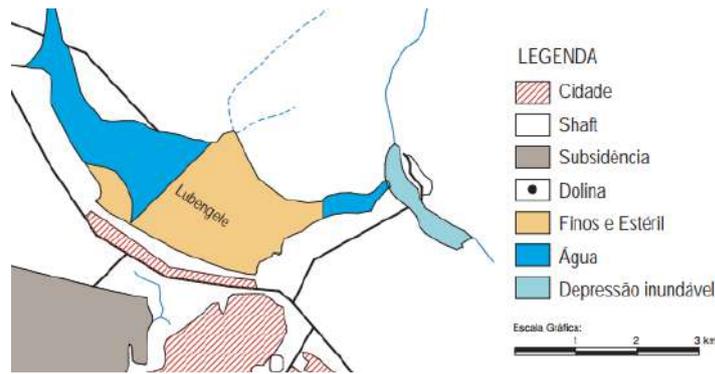


Figura 6 – Barragem com subdivisão (parte com finos e parte com água).  
Fonte: Adaptado de Lubenguele e Kakosa na mina Konkola (FRASA, 1993).

## 4 METODOLOGIA

O trabalho consistiu em verificação dos sistemas de operação e segurança de barragens, consideradas de pequeno porte, tendo as seguintes etapas:

- Estudo bibliográfico de alternativas existentes;
- Levantamento em campo de barragens de rejeitos e controles;
- Estudo de soluções e técnicas recomendadas.

Este trabalho tem por referência estudos desenvolvidos pelo DNPM (em 2011), em conjunto com empresas do setor, contemplando análise geotécnica, riscos e prevenções em barragens de vários contextos. No presente tema, foram verificadas e analisadas barragens de rejeitos, do tipo enrocamento, em empresas de mineração de ouro, localizadas no Estado do Mato Grosso (MT). As alternativas apresentadas, no entanto, podem adequar-se a vários tipos e portes de barragens e minérios, como para lamas de minério de ferro, desde que previstas nos projetos construtivos ou adequadamente planejadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para assegurar as condições de estabilidade das barragens de enrocamento, consideradas de pequeno porte, devem-se estabelecer padrões mínimos de controle, de modo a:

- Reduzir possibilidade de acidentes;
- Proteção da população e do meio ambiente.

Foram verificados serviços de manutenções corretivas e preventivas, nos seguintes aspectos de segurança:

1. Construção da saia do barramento mais alongada, se possível formando praia na parte interna e o melhor ângulo de repouso externo;

2. Monitoramento contínuo de surgências e infiltrações na base da barragem, construir drenos superficiais para evitar danos da água de chuva;
3. Adoção de sistema de drenagem, da água de chuva sobre o barramento, fazendo-a fluir para sistema de drenagem própria da barragem — com construção de leiras laterais;
4. Construção e monitoramento de reservatórios de clarificação das águas da barragem principal de rejeitos, dimensionadas preferencialmente para servirem como barragem de proteção.

Podem-se visualizar, na Figura 7 a seguir, as seguintes condições verificadas:

### 1) Praias de rejeito



Figura 7 – *Água tocando no barramento em condições normais.*

Fonte: Próprio Autor (2017).



Figura 8 – *Água tocando no barramento com problemas.*

Fonte: Próprio Autor (2017).

A construção de saias alongadas, em forma de praias, pode ser obtida pela construção, ou por adição de materiais durante a operação. De forma especial, podem ser construídas em lados críticos dos barramentos. A Figura 9, a seguir, exibe as praias das barragens de rejeitos.



Figura 9 – “Praias” de proteção dos taludes.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

A seguir, são listados, na Figura 10, vários componentes de uma barragem teórica, podendo ser necessários os elementos apontados.

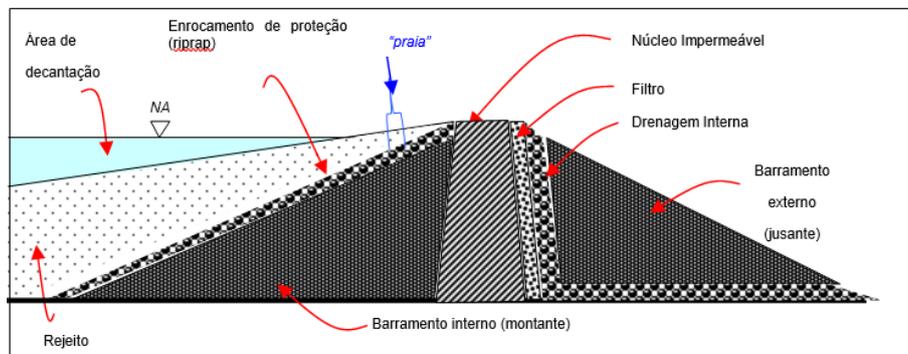


Figura 10 – Ilustração de componentes de uma barragem de rejeitos.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

## 2) Leiras para proteção e drenagem

Leiras são construídas sobre as cristas, nos lados externos e internos da bancada do barramento, especialmente nas áreas onde ocorre trânsito de veículos. Entretanto, sua construção pode ser um procedimento em auxílio ao sistema de drenagem, conforme Figuras 11 e 12, a seguir:



Figura 11 – Leiras sobre barramento: face externa e face interna.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

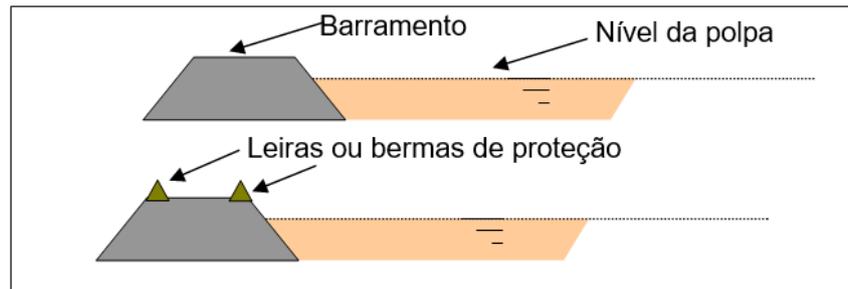


Figura 12 – *Desenho ilustrativo.*  
Fonte: Próprio Autor (2017).

### 3) Barragem de proteção e armazenamento de água

Na Figura 13 temos a visualização de uma barragem dupla, sendo uma de contenção de sólidos e outra para a clarificação da água:



Figura 13 – *Barragem dupla: adensamento e clarificação e segurança.*  
Fonte: Próprio Autor (2017).

Trata-se de sistema composto por duas barragens: uma barragem para decantação e outra, em sequência, para estocagem e clareamento da água, eventualmente servindo como barragem de segurança.

A Figura 14 exhibe a disposição das bacias:



Figura 14 – *Barragem para adensamento de rejeitos e barragem de água.*  
Fonte: Próprio Autor (2017).

## 6 CONCLUSÕES

A segurança e eficiência das barragens é uma busca contínua e passa, dentre muitas ações, por:

- Construção de projetos adequados e sustentáveis;
- Manutenção constante e operação criteriosa;
- Melhorias e adequações contínuas, assistidas por especialistas e de acordo com as especificações de projeto;
- Manter o sistema de drenagem superficial adequadamente conservado, com uso de leiras e canaletas que assegurem o dreno fora das faces do barramento;
- Evitar o contato direto da lâmina d'água com as partes estruturais dos barramentos, se possível com saias alongadas ou praias;
- Construção de barragem de retenção, clarificação e reaproveitamento das águas drenadas, e projetar as mesmas para servirem como barragem de segurança das barragens principais.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEIRIGO, E. A. **Comportamento filtro-drenante de geotêxteis em barragens de rejeitos de mineração**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) — Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/38976952\\_Comportamento\\_filtro-drenante\\_de\\_geotexteis\\_em\\_barragens\\_de\\_rejeitos\\_de\\_mineracao](https://www.researchgate.net/publication/38976952_Comportamento_filtro-drenante_de_geotexteis_em_barragens_de_rejeitos_de_mineracao)>. Acesso em: 10 de nov. 2017.

D'AGOSTINO, L. F. **Praias de barragens de rejeitos de mineração: características e análise da sedimentação**. 2008. Tese (Doutorado) — USP, São Paulo - SP, 2008. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-13082008-132420/publico/Tese\\_LuizFernandoDAgostino\\_Praias\\_de\\_barragens\\_de\\_rejeitos\\_de\\_mineracao.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-13082008-132420/publico/Tese_LuizFernandoDAgostino_Praias_de_barragens_de_rejeitos_de_mineracao.pdf)>. Acesso em: 10 de nov. 2017.

GONTIJO, M.D; FIGUEIREDO, E. M.; AMORIM M. C. **Levantamento de problemas geotécnicos de barragens e descarte de resíduos dos garimpos de Poconé - MT. AÇÃO: DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E EXTENSIONISMO MINERAL**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Brasília - DF, 2011.

FRASA INGENIEROS CONSULTORES, S. L. **Quantification of Konkola Mine Water Inflow by Source**. Madrid, 1993. ZCCM Internal Report.

FILHO, L. H. A. **Avaliação do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de piezocone**. Dissertação (Mestrado) — UFOP, Ouro Preto - MG, 2004. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp103082.pdf>>. Acesso em: 8 de nov. 2017.

FILHO, W. D. C. **Proposta de tecnologias construtivas de sistema viário aplicado a minerações de ferro.** Dissertação (Mestrado) — UFOP, Ouro Preto - MG, 2011. Disponível em: <[http://www.nugeo.com.br/uploads/nugeo\\_2014/teses/arquivos/walter.pdf](http://www.nugeo.com.br/uploads/nugeo_2014/teses/arquivos/walter.pdf)>. Acesso em: 7 de nov. 2017.

MACHADO, W. G. F. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração.** Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2007.

REIS, M. S. **Classificação e diagnóstico das estradas de mina de lavra a céu aberto de minério de ferro dentro do quadrilátero ferrífero.** Dissertação (Mestrado) — UFOP, Ouro Preto - MG, 2014. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4123/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Classifica%C3%A7%C3%A3oDiagn%C3%B3sticoEstradas.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4123/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Classifica%C3%A7%C3%A3oDiagn%C3%B3sticoEstradas.pdf)>. Acesso em: 13 de nov. 2017.

RESENDE, L. R. M. **Capacidade de suporte de praias de rejeitos granulares de mineração e construção de aterros compactados.** Dissertação (Mestrado) — UFOP, Ouro Preto - MG, 2012. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3034/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_CapacidadeSuportePraias.PDF](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3034/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_CapacidadeSuportePraias.PDF)>. Acesso em: 9 de ago. 2017.

ROWATT, G. C. **Facultative matters: an introduction to tailings dams risks.** General Cologne Re, Toronto - Canadá, p. 6 – 9, 2001.

# Análise granulométrica por imagem de amostras ultrafinas

Granulometric analysis by image of ultrafine samples

Marcos Delgado Gontijo<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, Brasil.

\*[marcosdgonstijo@yahoo.com.br](mailto:marcosdgonstijo@yahoo.com.br)

## Resumo

O método analítico utilizado para a caracterização de materiais ultrafinos envolve a determinação do tamanho médio ( $D_{50}$ ) de partículas através de análise de imagens geradas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e uso de programa de computador específico para análise de imagem. A análise de partículas por método computacional surge como forma de auxiliar na caracterização de amostras de vários materiais ultrafinos. O presente trabalho objetivou o uso de análise de imagens, originadas de microscopia, para determinar granulometrias e tamanhos médios de partículas de poeiras de ambientes de mineração ou particulados em lamas granuladas. Para tanto, foram analisadas amostras de materiais com auxílio do software *Image-Pro Plus* que proporcionou leituras e interpretações dos tamanhos de partículas identificadas por imagens para determinar a granulometria de matérias ultrafinos. As amostras foram dispersas em partículas por **banho em ultra som** e metalização em suporte para geração de imagens que foram digitalizadas, dimensionadas e contadas pelo software. Os dados gerados foram tratados e os diâmetros convertidos em classes de tamanhos que permitissem gerar curvas granulométricas.

**Palavras-chave:** Partículas de Poeira, Granulometria, Caracterização Mineralógica.

.....

The analytical method used for the characterization of ultra-thin materials involves determining the average size ( $D_{50}$ ) of particles by analysis of images generated by Scanning Electron Microscopy (SEM) and using specific computer program for image analysis. The particle analysis by computational method appears as an aid in the characterization of samples of various ultra-thin materials. This work objected the use of analysis of images by microscopy to determine granulometries and average size of dust particles of mining field or particles on granulate mud. For that, sample of materials were analyzed with the help of Image-Pro Plus software that provided readings and interpretations of the particles size identified by images to define the granulometry of ultra-thin materials. The samples were dispersed in particles by ultrasound bath and metallization in support of generation of images that were scanned, scaled and counted by the software. The generated data were treated and and the diameters converted into size classes that allowed the generation of particle size curves..

**Keywords:** Dust Particles, Granulometry, Mineral Characterization.

## 1 INTRODUÇÃO

O método de análise de tamanho de partículas por uso de programa de tratamento de imagens vem em auxílio à interpretação dos resultados da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) ou outras imagens de materiais muito finos, para obter parâmetros que permitam as medições de partículas e cálculos de distribuições granulométricas (CANÇADO, 1996).

A ênfase deste trabalho é a análise de amostras com presença de partículas sólidas dispersas em poeiras. As amostras foram coletadas em ambientes relativamente poluídos em empresas mineradoras de médio e grande porte. Os equipamentos usuais de classificação e determinação granulométrica não mostram precisão para partículas em tamanhos coloidais, especialmente quando em meios fluidos.

O trabalho objetivou o uso de análise de imagens, originadas na microscopia, para determinar granulometrias e tamanhos médios de partículas de materiais ultrafinos, tais como poeiras em ambientes de mineração ou particulados em lamas granuladas. Para tanto, ele foi desenvolvido basicamente em duas etapas: a análise microscópica por meio do MEV e a análise das imagens geradas por meio do software.

O método de determinação da granulometria, por tratamento de imagens, apresenta um grande potencial de precisão para análises mais detalhadas sendo, assim, uma alternativa recomendada para pequenas amostras e materiais ultrafinos.

Como a análise foi feita com uma amostra pequena, a representatividade dela pode ser contestada ou exigir um rigoroso trabalho de amostragem e tratamento da amostra. É necessário que se desenvolva novos programas a partir dos princípios adotados, de modo a permitir uma interpretação direta da imagem e, conseqüentemente, análises mais rápidas para uma geração maior de dados, melhorando assim a representatividade amostral.

## 2 METODOLOGIA

A partir da revisão bibliográfica desenvolvida como base conceitual e teórica para este estudo, as atividades decorrentes para a determinação do tamanho médio ( $D_{50}$ ) de partículas foram realizadas em duas etapas, conforme a descrição a seguir:

### i) Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura foi possível observar as partículas e, utilizando a ampliação, obter fotos ou imagens para avaliação e, assim, atender o que Ferran (1971) apontou quando disse que os microscópios eletrônicos e óticos têm a mesma função básica: observar materiais de granulometria muito fina. Contudo, a diferença básica aparece nos seus sistemas de iluminação, porque o MEV utiliza feixe de elétrons, o que permite:

a) alta resolução espacial e a determinação (qualitativa, semiquantitativa e quantitativa) da composição química elementar de partículas com diâmetro da ordem de poucos micrômetros (PHILIBERT, 1970).

b) o material ser visualizado durante a análise, propiciando assim a correlação entre a composição química e a morfologia da amostra (PHILIBERT, 1970).

## ii) Análise de imagem em computador

Usou-se um software para tratamento de imagem e interpretação de dados a fim de determinar tamanhos e gerar dados para distribuição granulométrica. Após as medições, as partículas foram classificadas por faixas que possibilitaram a geração de gráficos com curvas granulométricas para dimensões que os equipamentos convencionais têm dificuldades de gerar informações.

### 2.1 Digitalização de Imagem

O processo de digitalização divide a imagem em uma grade horizontal, formando várias pequenas regiões chamadas *picture elements* ou *pixels*. No computador essa imagem é subdividida por uma grade digital, ou **bitmap**. Cada *pixel* em um **bitmap** é identificado por sua posição na grade, ou seja, por uma referência numérica da linha e coluna correspondentes (GONTIJO, 1995).

A imagem fonte, ou uma fotografia, é digitalizada e cada *pixel* é analisado individualmente quanto ao brilho, opacidade e outras características daquele local e permite fazer interpretações e cálculos variados.

### 2.2 Programa de Imagem

Para se fazer a análise e tratamento de dados de imagem, usou-se um programa chamado *Image-Pro Plus*. O programa tem interface com o Microsoft Windows e, segundo a Media Cybernetics (1995), inclui dentre outros, mecanismos para:

- reconhecer imagens produzidas por câmara, microscópio, *scanner* e outros;
- trabalhar em preto e branco ou em cores, sendo possível manipular cores, realçar tonalidades, contrastes de morfologias e geometrias espaciais;
- contar objetos manual ou automaticamente;
- medir propriedades de objetos tais como área de projeção, perímetro, diâmetro (máximo, mínimo e médio), raio e outros;
- apresentar os resultados numericamente, estatisticamente ou em forma de gráficos (histogramas e diagramas) e salvar os valores obtidos;
- calibrar a escala espacial da imagem original em unidades de medidas proporcionais à imagem digitalizada;
- classificar os dados de medições de acordo com critérios pré-definidos (tamanho, espécie etc.) e colorir os objetos por classe, caso necessário;
- automatizar trabalhos repetidos, o que permite uma análise de grande número de imagens;
- Os dados das imagens podem fazer conexão com funções *high-level* de programas como *Visual Basic*, *C++* e outros.

### 2.3 Sequenciamento Metodológico

Foram coletadas amostras em ambientes de minas e, em laboratório, as partículas foram dispersas por sistema de **banho em ultra som**, metalização em suporte e geração de imagens no MEV. Essas imagens foram digitalizadas, dimensionadas e contadas por programa de análise de imagens. Os dados gerados foram tratados e os diâmetros convertidos em classes de tamanhos que permitissem gerar curvas granulométricas, conforme ilustrado na Figura 1.

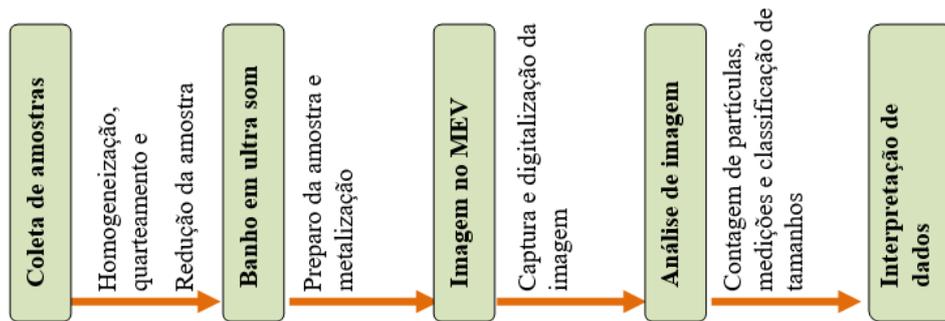


Figura 1 – Sequência de atividades.

Fonte: Próprio Autor (2017).

### 2.4 Geração da Amostra

As amostras utilizadas neste estudo foram coletadas em campo, em locais com altas concentrações de poeiras dispersas no ambiente, em regiões de extração de Minério de Ferro, localizadas nas proximidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG). O Amostrador foi instalado adequadamente em pontos de maior geração de particulados dentro de um abrigo próprio. No Amostrador foi instalado um filtro coletor específico, em posição horizontal. Após cerca de 4 horas de exposição, foram coletadas as amostras e levadas ao laboratório.

Cabe salientar que o experimento realizado não se enquadra nos procedimentos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - Método do Amostrador de Grande Volume em Aparelho *Hi-Vol* -, já que os objetivos foram somente de coleta de amostras diferentes, em ambientes reais, mas sem o intuito de análise dos quantitativos e qualitativos de poluição ambiental.

### 2.5 Preparação de Amostras e Geração de Imagem

Após a coleta, seguindo as recomendações técnicas de representatividade e cuidados necessários, as amostras passaram por processo de secagem, mistura, quarteamento e pesagem de uma pequena quantidade (cerca de 0,2 mg). A cada amostra, adicionou-se alguns mililitros de água destilada em um *erlenmeyer* para, em seguida, ser colocado em **banho ultrassônico** para a dispersão.

O material particulado disperso foi coletado por meio de conta-gotas, depositado sobre um suporte polido de metal ou acrílico e deixado em um dessecador por um período de 24 horas. O recobrimento das amostras foi feito através de uma película condutora de carbono ou ouro, via evaporador a vácuo (metalizador), formando assim uma finíssima camada sobre a amostra, não retirando a mesma do suporte.

Após a metalização, regulou-se o equipamento de forma a obter as imagens das partículas em condições de serem analisadas, impressas e digitalizadas. Exemplos de foto e digitalização são mostrados na Figura 2 (a) e 2 (b).

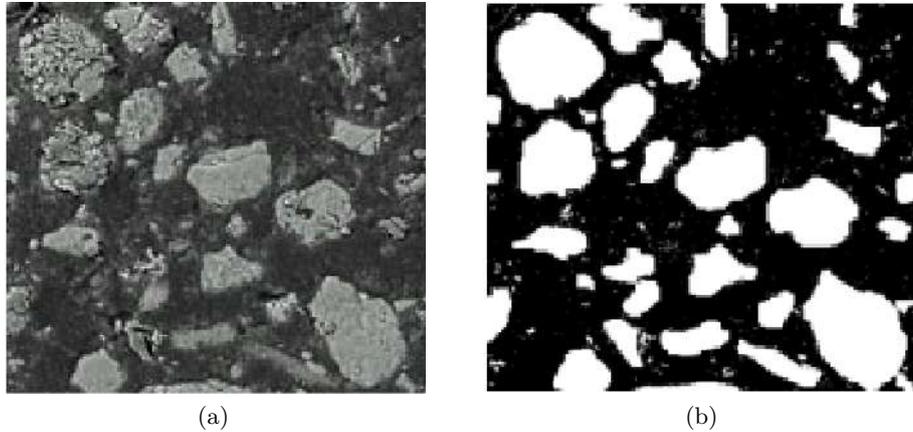


Figura 2 – (a) imagem no MEV e (b) imagem digitalizada.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

Ambas imagens apresentaram nitidez e homogeneidade nos pontos **varridos** pelo MEV sobre a camada de amostra sobre o suporte, de modo que as fotos selecionadas para medição e contagem forma representativas da amostra.

## 2.6 Análise de Imagem

Conforme apontado anteriormente, usou-se um software para tratamento de imagem e interpretação de dados a fim de determinar tamanhos e gerar dados para distribuição granulométrica e para a interpretação foi feita, primeiramente, a **calibração** que é o procedimento para se estabelecer a correspondência de escala de medida do computador (*pixels*) em relação à da foto (micrômetros) para, então, fazer-se a contagem e a medição inicial **automática** para que se tenha uma noção preliminar da distribuição das partículas, possíveis aglomerações e/ou distorções na seleção dos objetos.

Para eliminar imperfeições faz-se as **correções** necessárias até que as partículas estejam perfeitamente separadas para a análise; uma vez isoladas as partículas a serem analisadas, escolhe-se qual ou quais as **medições** a serem realizadas tais como: área, diâmetro, centroide, quantidade de objetos por área (*density*), comprimento, eixo maior, eixo menor, perímetro e arredondamento.

A partir da determinação dos diâmetros e áreas, as partículas contadas são classificadas por faixas de tamanhos e calculadas as massas correspondentes. Os resultados são copiados para uma planilha eletrônica (*Excel*) para permitir outras análises, cálculos e gráficos.

## 2.7 Cálculo do Diâmetro Mássico

Neste trabalho foi analisado o diâmetro médio, definido como o comprimento médio da linha que pode ser traçada, passando pela posição centroide e unindo vários pontos do perímetro do objeto, conforme ilustrado na Figura 3.

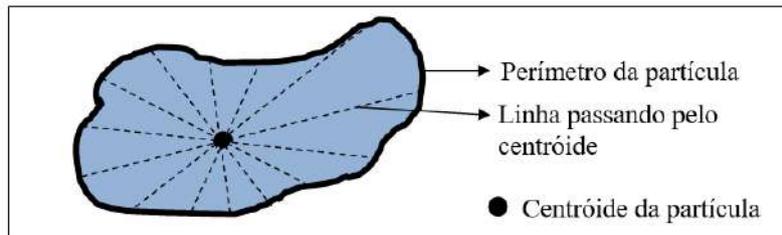


Figura 3 – Determinação do diâmetro médio (cálculo automático feito pelo software).

Fonte: Próprio Autor (2017).

O cálculo do diâmetro médio mássico foi realizado considerando-se simplificada-mente as partículas como esféricas e a densidade específica da substância sólida presente determinada a partir da análise química e mineralógica que, para o caso em questão, foi a microssílica cuja densidade é  $2,20 \text{ g/cm}^3$ , logo a massa por faixa estudada é dada segundo a seguinte equação:

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \rho \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 \cdot n \quad (1)$$

Onde:

$m$ : massa por faixa de tamanho (mg);

$\rho$ : densidade ( $\text{mg}/\mu\text{m}^3$ );

$d$ : diâmetro médio da faixa ( $\mu\text{m}$ );

$n$ : número de partículas na faixas.

Pode-se concluir a partir desse cálculo que a massa calculada por cada imagem analisada é muito pequena, mas quando é extrapolada para várias fotos torna-se representativa.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir apresenta-se os resultados por amostras. Há imagens selecionadas e representadas por suas bordas de projeções, a partir das imagens geradas pelo MEV e, após medições, sequencialmente classificadas por cores, segundo faixas de tamanhos (intervalos) previamente estabelecidas. Após a classificação foram gerados gráficos de distribuições granulométricas, usando a Equação 1 para determinar a massa a partir dos diâmetros médios que foram medidos pelo software.

Nos gráficos de distribuições granulométricas, para cada amostra, foi possível verificar o valor de Diâmetro mássico ( $D_{50}$ ), que representa o tamanho correspondente à metade da massa da amostra.

#### **Amostra 1**

Na Figura 4 (a) tem-se a imagem das partículas e na Figura 4 (b) a classificação por intervalos de tamanhos.

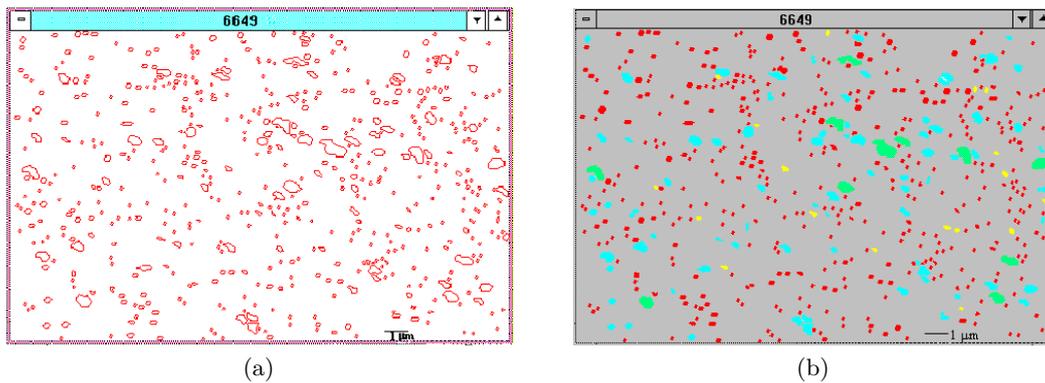


Figura 4 – (a) imagens das partículas e (b) classificadas por intervalos de tamanhos.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das contagens das partículas, classificadas por intervalos de diâmetros.

Tabela 1 – Contagens e medições.

Classe (Cor)	Quantidade de Partículas		Diâm. Med.	Intervalo
	Número	(%)	( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )
■	422	79,77	-	< 0,10
■	18	3,40	0,17	0,10 - 0,20
■	78	14,74	0,33	0,20 - 0,50
■	11	2,08	0,62	0,50 - 1,00

Fonte: Próprio Autor (2017).

Na Tabela 2 são mostrados os resultados somados de várias fotos, contendo um total de 2.939 partículas, com seus cálculos de massas para seus respectivos intervalos ou faixas granulométricas (estabelecidas em função da distribuição aproximada dos tamanhos das partículas visíveis ao MEV e da finura dos materiais amostrados).

Tabela 2 – Resultados globais, medições e massa acumulada para Amostra 1.

Intervalo ( $\mu\text{m}$ )	Número de Partículas	Diâmetro Médio ( $\mu\text{m}$ )	Massa		
			Mg	(%)	(% Acum.)
< 0,10	1.857	0,10	2,14E-09	2,64	2,64
0,10 - 0,20	252	0,17	1,36E-09	1,68	4,32
0,20 - 0,50	672	0,32	2,44E-08	30,11	34,43
0,50 - 1,00	151	0,63	4,33E-08	53,46	87,88
1,00 - 2,00	7	1,07	9,82E-09	12,12	100,00
Total	2.939	-	8,10E-08	100,00	-

Fonte: Próprio Autor (2017).

Os dados da Tabela 2 são mostrados na Figura 5, em que se pode identificar o diâmetro  $D_{50}$  do material.

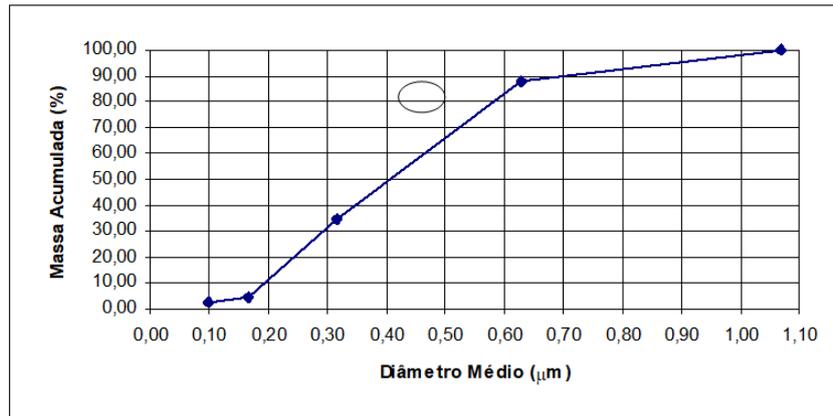


Figura 5 – Porcentagens de massa acumulada abaixo em função dos diâmetros das partículas – Amostra 1.

Fonte: Próprio Autor (2017).

O Diâmetro médio mássico ( $D_{50}$ ) para as partículas da Amostra 1 é igual a  $0,40\mu\text{m}$ .

### Amostra 2

Da mesma forma que para a Amostra 1, foi feita a análise para a Amostra 2 que está representada na Figura 6 e na Tabela 3.

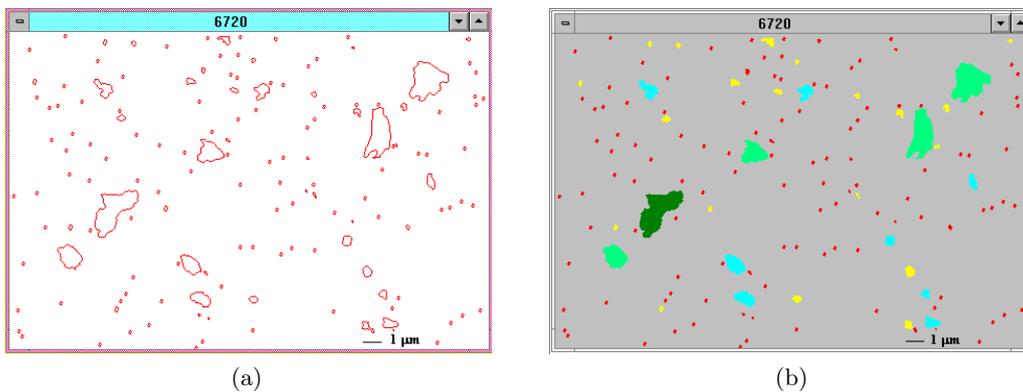


Figura 6 – (a) imagens das partículas e (b) classificadas por intervalos de tamanhos.

Fonte: Próprio Autor (2017).

Tabela 3 – Contagens e medições.

Classe (Cor)	Quantidade de Partículas		Diâm. Med.	Intervalo
	Número	(%)	( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{m}$ )
	116	77,85	-	< 0,20
	20	13,42	0,30	0,20 - 0,50
	8	5,37	0,71	0,50 - 1,00
	4	2,68	1,50	1,00 - 2,00
	1	0,67	2,08	2,00 - 5,00

Fonte: Próprio Autor (2017).

Da mesma forma que anteriormente, para várias fotos analisadas obteve-se a Tabela 4:

Tabela 4 – Resultados globais, medições e massa acumulada para Amostra 2.

Intervalo ( $\mu\text{m}$ )	Número de Partículas	Diâmetro Médio ( $\mu\text{m}$ )	Massa		
			Mg	(%)	(% Acum.)
< 0,20	746	0,20	8,28E-09	0,22	0,22
0,20 - 0,50	1.045	0,37	7,27E-08	1,95	2,18
0,50 - 1,00	724	0,68	3,21E-07	8,63	10,80
1,00 - 2,00	297	1,33	9,64E-07	25,90	36,70
2,00 - 5,00	67	2,60	1,63E-06	43,85	80,55
5,00 - 8,00	2	6,39	7,24E-07	19,45	100,00
Total	2.881	-	3,72E-06	100,00	-

Fonte: Próprio Autor (2017).

De forma análoga, foi gerada a Figura 7 como resultado de mais uma análise:

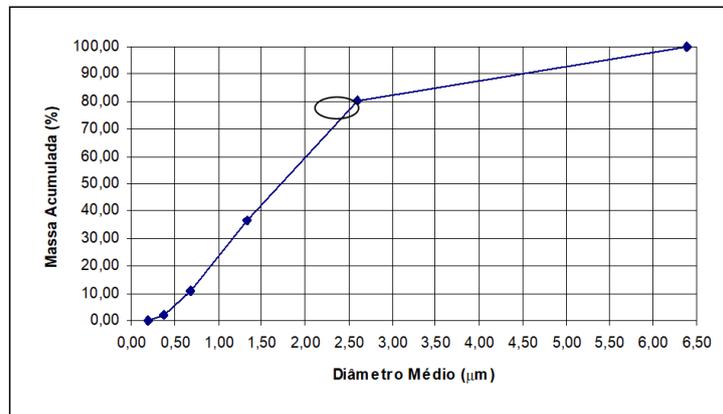


Figura 7 – Gráfico das porcentagens de massa acumulada abaixo em função dos diâmetros das partículas – Amostra 2.

Fonte: Próprio Autor (2017).

O Diâmetro médio mássico ( $D_{50}$ ) para as partículas da Amostra 2 é igual a **1,70 $\mu\text{m}$** . Para as demais amostras seguem fotos e gráficos, seguindo os mesmos procedimentos das Amostras 1 e Amostra 2.

### Amostra 3

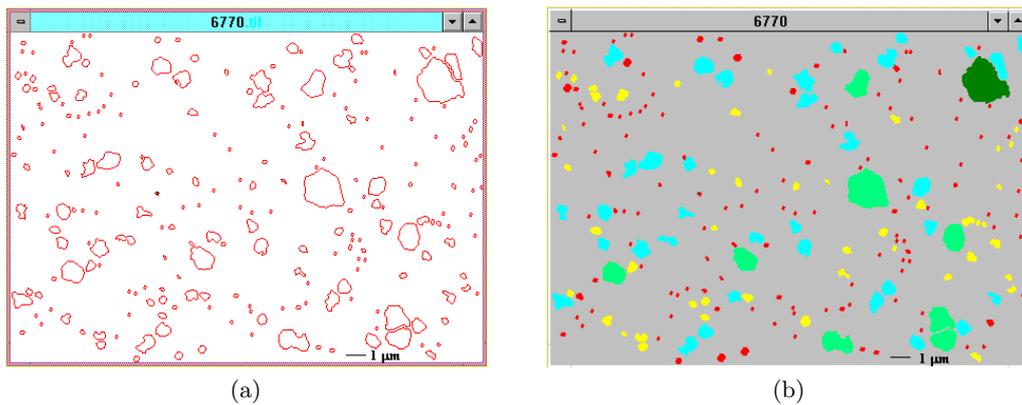


Figura 8 – (a) imagens das partículas e (b) classificadas por intervalos de tamanhos.  
 Fonte: Próprio Autor (2017).

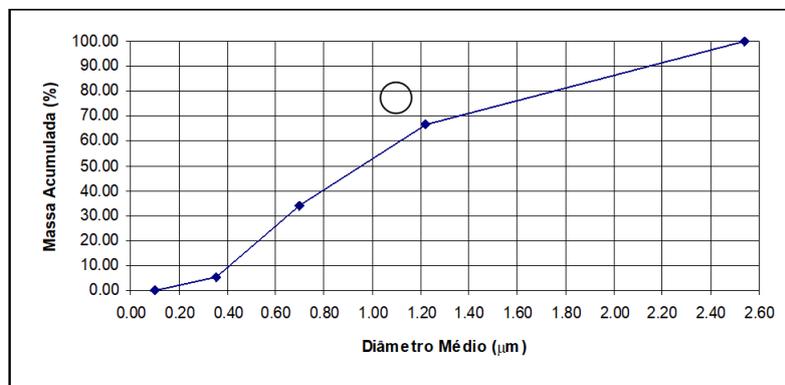


Figura 9 – Porcentagens de massa acumulada abaixo em função dos diâmetros das partículas – Amostra 3.

Fonte: Próprio Autor (2017).

O diâmetro médio mássico ( $D_{50}$ ), para as partículas da Amostra 3, é igual a **0,95μm**.

#### Amostra 4

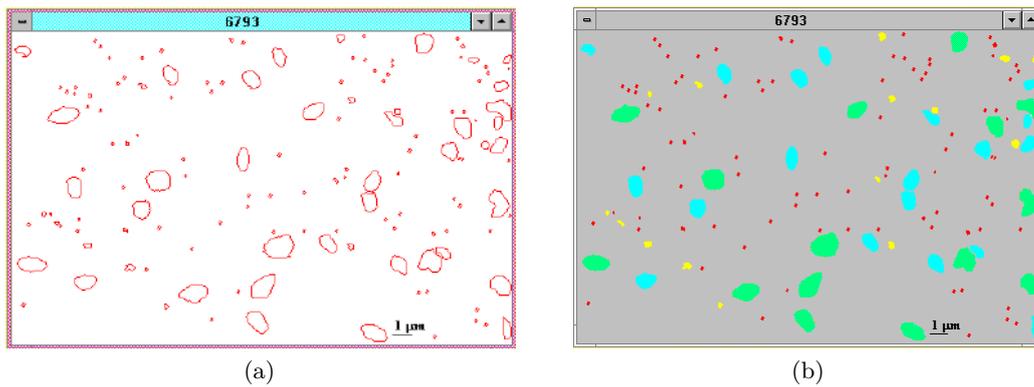


Figura 10 – (a) imagens das partículas e (b) classificadas por intervalos de tamanhos.  
 Fonte: Próprio Autor (2017).

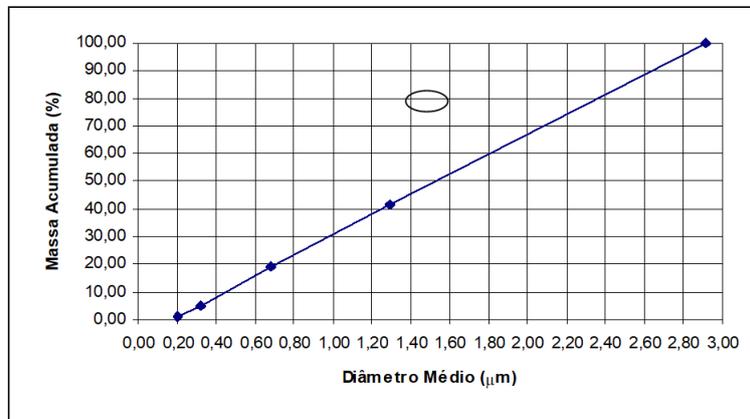


Figura 11 – Porcentagens de massa acumulada abaixo em função dos diâmetros das partículas – Amostra 4.

Fonte: Próprio Autor (2017).

O Diâmetro médio mássico ( $D_{50}$ ) para as partículas da Amostra 4 é igual a  $1,50\mu\text{m}$ .

## 4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados comparativos do  $D_{50}\%$  das partículas, para as 4 diferentes amostras estudadas, são mostrados na Tabela 5 e na Figura 12.

Tabela 5 – Resultados comparados das amostras.

Amostra	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 4	Amostra 3
$D_{50}\%$ (μm)	0,41	1,70	0,95	1,50

Fonte: Próprio Autor (2017).

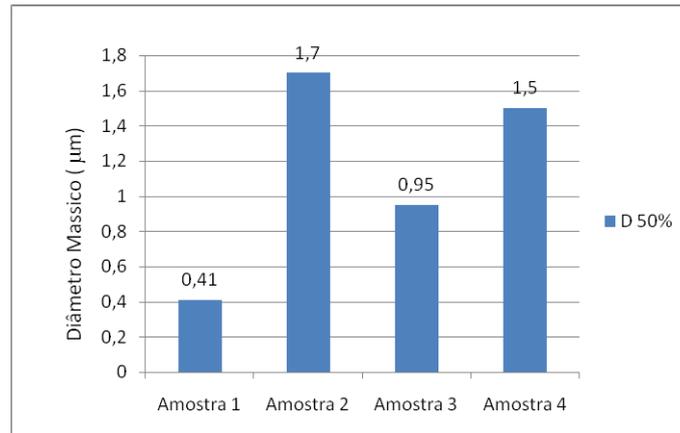


Figura 12 – Resultados de  $D_{50}\%$  por amostras.  
Fonte: Próprio Autor (2017).

Verifica-se que as amostras são muito finas, têm tamanhos diferentes e, conseqüentemente, podem ter comportamentos diferentes nos meios a que estão dispersas, por exemplo, no ar ou na água.

Também observa-se que é possível diferenciar, nitidamente, os diferentes materiais, por seus tamanhos ou diâmetros médios, permitindo uma análise da influência de certos materiais em função da sua granulometria. Um exemplo, é a Sílica livre que, em poeiras de mina, em certos diâmetros e condições, são possíveis de serem inaladas e alojarem-se nos Pulmões, provocando doenças que podem ser muito graves. A análise permite verificar a presença de partículas inaláveis no ambiente e auxiliar no controle e prevenção.

## 5 CONCLUSÕES

O método de determinação da granulometria, por tratamento de imagens, apresentou-se bastante útil em termos de precisão de análise, sendo uma alternativa para pequenas amostras e materiais ultrafinos.

Como a análise é feita em amostra pequena, a representatividade dela pode ficar comprometida ou exigir um rigoroso trabalho de amostragem e tratamento da amostra. É necessário que se desenvolva novos programas, a partir dos princípios adotados, de modo a permitir uma interpretação direta da imagem e, conseqüente, analisar mais rapidamente e gerar uma quantidade maior de dados, melhorando a representatividade amostral.

Esse tipo de metodologia poderá contribuir para estudos semelhantes, ou mais avançados, e com vários materiais, sejam poluentes ou não. Também, o  $D_{50}$  é um índice que poderá ser utilizado em diversos estudos para, por exemplo, determinar os equipamentos capazes de trabalhar com partículas nessas dimensões.

O  $D_{50}$  foi determinado em função das faixas de visibilidade do MEV. Equipamentos de maiores precisões, caso possam gerar imagens de partículas dispersas, podem permitir análises semelhantes e com materiais ainda mais finos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANÇADO, R. Z. L. **Caracterização de sílica livre em poeira ambiental**. Tese de doutorado. CPGEM – UFMG, Belo Horizonte, 1996.

FERRAN, G. **Análise por microsonda eletrônica**. II Simpósio Nacional de Física do Estado Sólido e Ciência de Materiais, Brasília, 1971.

GONTIJO, M. D. **Análise de imagem com *Image-Pro Plus***. Iniciação científica. CNPq – UFMG, Belo Horizonte 1995.

MEDIA CYBERNETICS, **The Proven solution for image analysis - Image-Pro Plus** Vesion 1.5 for Windows, Média Cybernetics L. P.1995.

PHILIBERT, J. **Electron probe in modern analytical techniques for metals and alloys**. Editor R. F. Bunshah, U.S.A., 1970, vol.3.

# Compartilhamento do conhecimento: uma ferramenta elementar para o bom desenvolvimento de uma empresa

Knowledge sharing: an elementary tool for the good development of a company.

Shirlei Luana Chaves e Sousa Pereira<sup>1,\*</sup>; Enderson Cássio Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Fundação Comunitaria de Ensino Superior de Itabira, Itabira, MG, Brasil.

\*[shirlei.pereira@funcesi.br](mailto:shirlei.pereira@funcesi.br)

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar como ocorre o compartilhamento do conhecimento em uma Engenharia de Manutenção Industrial de uma mineradora localizada na cidade de Itabira – MG. Foi utilizada uma estratégia qualitativa, sendo realizada a partir de um roteiro de pesquisa semiestruturado, com uma amostra composta por engenheiros e analista que atuam no setor rotina da engenharia. Com os estudos e análises das entrevistas, comprovou-se que a organização considera muito importante as informações e seu compartilhamento para conseguir bons resultados e por isso disponibiliza recursos e apoio dos líderes aos funcionários.

**Palavras-chave:** Conhecimento, Compartilhamento, Mineradora.

.....  
The present work had as main objective to analyze how the knowledge sharing takes place in an Industrial Maintenance Engineering of a mining company located in the city of Itabira, MG. A qualitative strategy was used, based on a semi structured survey script, with a sample composed of engineers and analyst who work in the routine engineering sector. With the studies and analysis of the interviews, it was verified that the organization considers the information and its sharing very important to achieve good results and therefore provides there sources and support of the leaders to the employees.

**Keywords:** Knowledge, Sharing.

## 1 INTRODUÇÃO

As organizações estão em um mercado cada vez mais dinâmico e globalizado, caracterizado pelas variações na economia e frequentes alterações no setor tecnológico, as empresas estão inseridas em um contexto de grandes mudanças em que necessita inovar continuamente para sobreviver. Essas mudanças facilitam a transmissão da informação, da comunicação e aplicação do conhecimento e todas elas impactam e são impulsionadas pelas pessoas.

Neste cenário, torna-se necessário uma nova maneira de gerir pessoas, que seja flexível e mais participativa, de forma que os trabalhadores possam converter o conhecimento em novas oportunidades a fim de aperfeiçoar os produtos ou serviços da organização. Este novo modelo de trabalho transformará tanto os indivíduos quanto a organização. É necessário que a organização se estruture para que se tenha um crescimento contínuo tanto individual quanto organizacional.

É necessário gerir o conhecimento adquirido, de forma que esse gere novos conhecimentos para organização, sendo que para realizar essa gestão precisamos diferenciar o conhecimento explícito e tácito. De acordo com Nonaka, Takeuchi (1997), o conhecimento explícito é aquele que pode ser adquirido por meio de documentos, manuais, procedimentos e demais formas que facilitam a disseminação. Já o tácito é adquirido pela experiência do indivíduo, e torna-se mais difícil a sua compreensão. O conhecimento tácito e o conhecimento explícito são elementos indispensáveis para o sucesso das organizações, pois influenciam diretamente os processos de tomada de decisão e o modo de produção, além de tornar-se um diferencial competitivo.

A partir do que foi exposto o objetivo geral deste trabalho foi analisar como ocorre o compartilhamento do conhecimento na Engenharia de Manutenção Industrial – GAFCS que faz parte da Diretoria de Ferrosos Sudeste. A GAFCS possui vinte e sete funcionários e tem por objetivos definir a Estratégia de Manutenção realizando modificações e melhorias nos ativos e investigando as causas fundamentais das falhas com objetivo de prolongar a vida em serviço dos ativos, aumentando a confiabilidade e as condições de segurança, saúde e meio ambiente.

## 2 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi descritiva com uma abordagem qualitativa tendo como método a pesquisa de campo. O universo desta pesquisa foi uma empresa de grande porte no ramo de mineração, localizada na cidade de Itabira – MG sendo que a amostra foi não probabilística por acessibilidade, pois entrevistou os funcionários da gerência de Engenharia de Equipamentos industriais em uma empresa de grande porte no ramo de mineração na cidade de Itabira – MG.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo desta análise de dados foi verificar como ocorre o compartilhamento do conhecimento em uma engenharia de manutenção industrial de uma mineradora, buscando analisar a percepção dos funcionários com relação ao compartilhamento do conhecimento. Visou identificar as práticas utilizadas para facilitar o compartilhamento, verificando a eficácia delas.

Como instrumento de coleta utilizou uma entrevista semiestruturada que foi dividida em cinco partes no primeiro momento buscou-se identificar algumas informações dos entrevistados. No bloco 1 buscou-se identificar os Tipos de conhecimentos utilizados na empresa, no bloco 2 as Ferramentas de armazenamento e transmissão do conhecimento utilizadas na Engenharia de Manutenção Industrial, no bloco 3 Aspectos que contribuem para e que atrapalham o compartilhamento do conhecimento e, finalizando no bloco 4, a Percepção dos funcionários quanto ao compartilhamento do conhecimento na Engenharia de Manutenção Industrial. Após tabulação dos dados da primeira parte da coleta foi traçado o perfil dos participantes, sendo representada por 100% de homens, e 3 dos entrevistados estão na empresa a mais de 10 anos. No que se refere ao nível de escolaridade, 6 destes são engenheiros, apenas 1 dos entrevistados é Analista. Todos são pós-graduados, o que revela uma equipe com nível de escolaridade acentuado, o que representa um fator positivo para este estudo.

Durante conversa com os funcionários que possuem maior tempo de empresa, consegue-se perceber, com facilidade, as alterações sofridas pela organização. Estes funcionários trazem, com riqueza de detalhes, informações sobre as ferramentas de apoio antigas e atuais.

### 3.1 Tipos de conhecimentos utilizados

Neste bloco, pretendeu-se identificar os tipos de conhecimentos utilizados pelos entrevistados da Engenharia de Manutenção Industrial. Para alcançar os resultados deste objetivo, foram realizadas entrevistas com os engenheiros e analista da engenharia. **Foram feitas as seguintes perguntas, e as respectivas respostas são apresentadas a seguir:**

#### **Qual o Tipo de Conhecimento é mais comum nas atividades desse setor?**

Usamos mais a experiência por ter aprendido com os erros... (ENTREVISTADO 1)

Os macetes da manutenção não se encontra em manuais e sim na vivência de áreas... (ENTREVISTADO 4)

Como enfatizado pelos entrevistados 1 e 4, neste setor a experiência é muito importante. Nonaka e Takeuchi, (1997) relatam o processo de compartilhamento de experiências, onde o indivíduo compartilha o conhecimento tácito diretamente de outros sem usar a linguagem, somente pela observação, imitação e prática como a Socialização (tácito-tácito), pois nem tudo que se faz em uma manutenção encontra-se em manuais ou desenhos. Os detalhes e ajustes necessários para que as manutenções tenham confiabilidade dependem do “know-how” da equipe.

#### **Há atividades ou processos em que, para realizá-las, você precisam consultar dados ou informações disponibilizadas em documentos ou sistemas de informação?**

Há manutenções que nunca fiz, busco verificar nos procedimentos e manuais o planejamento afim de otimizar meu trabalho. (ENTREVISTADO 6)

Nossos procedimentos encontra-se em sistemas e quando tenho duvida faço consulta. (ENTREVISTADO 1)

Nossa estratégia de manutenção e procedimentos encontra-se em sistema, a todo momento temos que consultar, seja para tirar dúvidas ou revisar. (ENTREVISTADO 3)

Todos os nossos entrevistados responderam que utilizam, muito frequentemente, tanto sistemas quanto os documentos. Podemos verificar que, quando nossos entrevistados possuem dúvidas eles realizam consultas aos procedimentos a fim de verificar os detalhes da atividade que lhe foi atribuída. Nonaka e Takeuchi (1997) consideram que a externalização (tácito em explícito) é um processo perfeito de criação do conhecimento, pois desta forma o conhecimento tácito se torna explícito, expresso na forma de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses e modelos. A engenharia se dispõe de um grande número de procedimentos, a fim de facilitar as atividades diárias.

**Quando você precisa consultar o conhecimento sobre suas atividades, ele está disponibilizado através de:**

Está em sistemas e é de fácil acesso... (ENTREVISTADO 6)

Em sistemas e em alguns casos consigo acessar todo o acervo vale mineração Brasil. (ENTREVISTADO 4)

Encontra-se em sistemas, o Sap apresenta o que fazer durante as manutenções e o Sispav está os procedimentos que mostra o como fazer. (ENTREVISTADO 2)

Todos os nossos entrevistados responderam que se encontra em procedimentos descritos em sistemas de informação. A organização conta com o sistema de gestão do conhecimento que é o SISPAV. Este sistema armazena os procedimentos das atividades executadas nas instalações Vale. Com este sistema. Busca-se padronizar, organizar, compartilhar e monitorar as informações que oferece suporte a gestão de documentos, treinamentos, distribuição de cópias do acervo de documentos. Proporciona-se, de forma eficaz, a identificação, recuperação e controle de documentos (VALE, 2015).

As respostas apresentam um fator importante que existe: sistemas para armazenar os procedimentos e que são de fácil acesso. Ao possuir um sistema, a organização valoriza o conhecimento gerado e busca preservar estas informações para futuras consultas.

**Quando você precisa consultar o conhecimento sobre suas atividades, através de outras pessoas, geralmente você:**

O trabalho em equipe é fundamental para assertividade do setor, por isso sempre consultamos uns aos outros antes de qualquer decisão, todos estão envolvidos em todos os assuntos, apesar de cada um ser especialista em uma área. (ENTREVISTADO 1)

Consultamos aos colegas de trabalho engenharia quando atividade se limita ao setor engenharia e quando atividade é comum a outros setores consultamos nossos clientes. (ENTREVISTADO 7)

As respostas dos entrevistados 1 e 7 demonstram que há um bom relacionamento entre os membros da engenharia, bem como com os clientes da manutenção. Davenport e Prusak (1998) consideram importante construir relacionamentos e confiança mútua, através

de reuniões face a face. E nas respostas dos entrevistados, pode-se verificar que há esta interação face a face.

De acordo com o descrito no presente tópico, pode-se concluir que a engenharia de manutenção utiliza os tipos de conhecimentos tácitos e explícitos. Em alguns momentos, os engenheiros e analistas utilizam mais a experiência que Nonaka; Takeuchi, (1997) chamam de conhecimento tácito e pessoal, adquirido com experiência. E em outros momentos verifica-se que os entrevistados utilizam documentos que se encontram em sistemas, que para Nonaka; Takeuchi (1997) pode ser entendido como conhecimento explícito ou “codificado”, conhecimento de fácil transmissão. Apesar da experiência realmente ser uma coisa muito forte na equipe de engenharia, ainda sim é necessário que se busque informações em manuais, procedimentos, sistemas de manutenção, para que defina a melhor estratégia de manutenção para os ativos.

### 3.2 Ferramentas de armazenamento e transmissão do conhecimento

As ferramentas tecnológicas auxiliam no processo de compartilhamento de informação facilitando nos relatos e divulgação em relação a alguma ocorrência. Diante disto, com o objetivo de identificar as ferramentas de armazenamento e transmissão do conhecimento foram realizadas aos entrevistados as seguintes perguntas:

**Em suas metas individuais e coletivas, há alguma que cobra o nivelamento da capacitação de conhecimento da sua equipe?**

Possuímos metas definidas em nosso sistema de carreira e sucessão. (ENTREVISTADO 2)

Temos metas e somos cobrados a entregar projetos e compartilhar com a equipe. (ENTREVISTADO 9)

Tenho que divulgar mas tenho dificuldades em fazer isso, no passado tínhamos que colocar para rodar.” (ENTREVISTADO 4)

Quanto às metas individuais e coletivas os entrevistados possuem metas para que os trabalhos sejam apresentados e avaliados pelos seus clientes, Davenport; Prusak, (1998) consideram que a empresa deve avaliar desempenho e oferecer incentivos baseados no compartilhamento. Em conversa com a equipe, informou-se que os procedimentos que determinam as entregas da engenharia pedem-se a divulgação de todos os trabalhos.

Os entrevistados 2 e 9 são cobrados pela liderança e procedimentos que nivelam o conhecimento de todos os envolvidos na atividade e na área de engenharia. O entrevistado 4 encontra limitações para divulgar seu trabalho, pois considera que colocar os equipamentos para funcionar seja mais importante que compartilhar o trabalho. Na visão Davenport e Prusak (1998), o entrevistado 4 cria barreiras que inibem o compartilhamento do conhecimento, pois não enxerga importância em compartilhar o conhecimento.

**Quando algum projeto é realizado há divulgação do que foi aprendido entre as equipes?**

O responsável pelo projeto envia diariamente informações técnicas aos envolvidos em nossas atividades. (ENTREVISTADO 3)

...mas normalmente ocorre apenas divulgação interna, ou seja envolvidos no projeto. (ENTREVISTADO 6)

Fazemos uma divulgação interna, apenas aos envolvidos e para a nossa equipe. (ENTREVISTADO 7)

Enviamos aos envolvidos e também ao sistema para futuras consultas. Em nossas manutenções sempre buscamos verificar em nossos relatórios as lições aprendidas, para não cometer os mesmos erros. (ENTREVISTADO 2)

Com argumentos semelhantes, os entrevistados 3, 6 e 7 confirmam que há a divulgação somente aos envolvidos, ou seja, há limitações quanto ao público para que seja realizada a divulgação. Já o entrevistado 2, além de citar a divulgação aos envolvidos, ainda comenta que envia para sistema onde qualquer funcionário da empresa poderá realizar consulta. A pessoa que irá compartilhar as informações é sempre o responsável pelo projeto. Ao realizar a divulgação dos trabalhos, a engenharia estabelece um consenso através de educação, discussão, publicações e trabalho em equipe, considerados como fatores essenciais para uma organização do conhecimento (DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

**O conhecimento é compartilhado com os demais colegas? Como isso ocorre? Quem vai compartilhar as informações/conhecimentos?**

As informações são compartilhadas através de reuniões, telefone, e-mail, impressão, buscando sempre a maneira mais efetiva para atender as necessidades de nossos clientes. (ENTREVISTADO 5)

Através de e-mails. (ENTREVISTADO 4)

Por e-mail, reuniões e conversas telefônicas. (ENTREVISTADO 2)

A organização disponibiliza aos indivíduos práticas comuns, contribuindo para o bom relacionamento e acesso às informações necessárias. Como comentado pelo entrevistado 5, são soluções rápidas e efetivas afim de atender a demanda dos clientes.

Como citado pelos entrevistados 2 e 4, o compartilhamento dos trabalhos ocorre de forma simples, de fácil acesso a todos, ocorrendo de maneira rápida e eficaz. A disseminação, ainda, pode ser feita por meio dos canais de comunicação como: intranet, jornal mural, divulgação em reuniões de comitês de temas específicos. O compartilhamento do conhecimento revela um dos fatores que envolvem a gestão do conhecimento, e sua prática torna-se imprescindível, pois de nada adianta dispor de conhecimentos importantes se não promover sua partilha (Stewart, 1998). Ao partilhar este conhecimento a organização irá conseguir melhorias significativas em seu processo.

Buscou-se entender, com os entrevistados, com qual objetivo estas informações são compartilhadas e a frequência. Quanto à frequência todos os entrevistados responderam a troca de informações ocorre diariamente, ao gerar dúvida quanto à manutenção de algum equipamentos a equipe da engenharia é procurada para ajudar na solução. A equipe responsável pela manutenção tem total acesso a engenharia buscando solucionar os problemas. O objetivo é melhorar o desempenho futuro por meio de recomendações. O compartilhamento deve contemplar tanto as experiências bem sucedidas quanto àquelas

passíveis de aperfeiçoamento. A sua descrição deve ser tecnicamente consistente, permitir a reutilização, agregar valor aos projetos e não expor informações sigilosas.

**Com que objetivo e frequência estas informações são compartilhadas?**

Conhecimento e aprendizado. (ENTREVISTADO 4)

Precisamos nivelar nossa equipe com conhecimento, assim seremos mais produtivos. (ENTREVISTADO 2)

O entrevistado 2 evidencia o comentário de Edvinsson; Malone (1998), em que eles dizem que a capacidade humana e o conhecimento são elementos vitais na organização. Eles fazem parte dos ativos intangíveis da empresa, pois têm a capacidade de produzir benefícios tangíveis no dia-a-dia organizacional através da materialização da aplicação do conhecimento humano, ou seja, o entrevistado 2 percebe-se que para aumentar a produtividade da equipe é necessário nivelar o conhecimento.

**Existe algum sistema de para armazenamento do conhecimento da equipe? Esse sistema é de fácil acesso?**

Sim, temos alguns sistemas em que compartilhamos nossos conhecimentos que são: GED, SAP e SISPAV. (ENTREVISTADO 5)

Sim, GED, SAP, SISPAV, portal boas práticas. (ENTREVISTADO 7)

Todos os 7 entrevistados responderam que existem sistemas fáceis de acessar e que acessam frequentemente, pois as atividades de suas responsabilidades dependem destes sistemas. Para Davenport e Prusak (1999) ferramentas de tecnologia da informação auxiliam no processo de compartilhamento de conhecimento. O uso de recursos tecnológicos além de facilitar o relato e divulgação do evento, a equipe ganha agilidade na solução de problemas, pois possuem informações com maior rapidez e conseguem atingir um público maior.

**Avalie como ocorre a transferência do conhecimento entre as pessoas no seu trabalho.**

Reuniões, e-mails, conversas em campo. (ENTREVISTADO 2)

e-mail, treinamentos, por reuniões dentre outros. (ENTREVISTADO 3)

por reuniões, conversas em campo, e-mail, treinamentos, busca internet, visita fornecedores. (ENTREVISTADO 5)

Como metodologia de transferência de informações, os entrevistados utilizam com maior frequência: e-mail, reuniões, conversas informais, treinamentos que são ferramentas simples para divulgação e entendimento de seus trabalhos. Nonaka e Takeuchi, (1997), consideram este tipo conhecimento como um processo de sistematização de conceitos em um sistema de conhecimento. Esse modo de conversão envolve a combinação de conjuntos diferentes de conhecimentos explícitos chamado combinação (explícito em explícito).

**Existe algum fator que dificulta a utilização destes Sistemas? Comente.**

Não, mas por estar sempre na área busco as informações necessárias com os colegas de trabalho. (ENTREVISTADO 4)

Não, sistemas simples são como pesquisar um produto em um site de compras. (ENTREVISTADO 6)

Não, acesso muito fácil. (ENTREVISTADO 7)

Todos os 7 entrevistados responderam simplesmente que não existe nenhum fator que dificulta o acesso exceto o entrevistado 4 que fez uma ressalva, que por estar sempre presente nas frentes de serviço ele solicita aos demais membros da equipe informações dos sistemas para ele.

Em resumo, neste bloco, pode-se comprovar que organização disponibiliza recursos de fácil acesso a seus colaboradores o que torna a comunicação simples e eficiente. Possuem sistemas robustos de gerenciamento de documentos, estratégia de manutenção dos ativos e sistema gerenciamento dos procedimentos o que facilita na hora de buscar informações.

Alguns dos sistemas, da organização pesquisada, estão passando por investimentos, com objetivo de integrar ainda mais os setores, a fim de obter informações confiáveis para tornar a empresa mais competitiva perante aos concorrentes. De acordo com as respostas acima se pode verificar que o comentário de Tonet (2008), está sendo praticado pela engenharia, uma vez que a organização possui uma cultura propícia ao compartilhamento de conhecimento. Há um estímulo à aprendizagem contínua das pessoas e valoriza tanto o que sabe, como a disposição para repassar, aos demais, informações necessárias. Tal cultura supõe a existência de interações entre as pessoas, pois as conversas entre elas são um importante canal de aprendizagem e de transferência do saber.

### 3.3 Aspectos facilitadores e dificultadores do compartilhamento do conhecimento

Com a finalidade de identificar os pontos positivos e negativos no processo de compartilhamento, se fizeram necessários questionar aos entrevistados quais são os facilitadores e dificultadores do compartilhamento do conhecimento na organização.

**De maneira geral, como você avalia o compartilhamento de informação dentro da empresa?**

Considero tranquila. (ENTREVISTADO 3)

Temos fluxos a seguir e atendemos perfeitamente este fluxo. Mas muitas das vezes os receptores não estão preparados para receber tal informação. (ENTREVISTADO 6)

Considero como normal, mas ainda acho que somos falhos em comunicação. (ENTREVISTADO 7)

Para entrevistado 3 ocorre de maneira natural, contudo, o entrevistado 6 já encontra dificuldades dos receptores e o entrevistado 7, que apesar de realizar divulgação, ainda sim há necessidade de melhorar a comunicação. Nota-se, a partir das respostas, que os entrevistados 6 e 7 têm barreiras culturais o que confirma a teoria de Morey (2000), O'Dell

e Grayson (1998), de que as principais barreiras que dificultam o compartilhamento do conhecimento estejam presentes na cultura organizacional.

### **Há apoio por parte dos gerentes para a prática de compartilhar conhecimento?**

Há incentivos para realização de call, apresentações, participação escrito projetos. (ENTREVISTADO 3)

Sim, os mesmos incentiva que todos os trabalhos relevantes sejam constituídos juntamente com a equipe da qualidade. (ENTREVISTADO 2)

Para Senge (1997), outro fator importante é a presença da liderança. Para ele o líder deve estar presente em todos os setores da organização, disposto a ensinar, facilitar, motivar, orientar e direcionar os demais membros da organização, com a finalidade de desenvolver o processo de aprendizagem, bem como disponibilizar ferramenta que ajudarão a obter os resultados desejáveis. O apoio gerencial quanto a divulgação dos trabalhos é de suma importância, pois valoriza o trabalho da equipe. Todos os entrevistados afirmaram que o gerente deles participa ativamente dos projetos e considera importante o nivelamento da informação entre equipes.

### **Há resistência por parte dos funcionários da equipe em experimentar novas ideias, novos conhecimentos?**

Sempre encontramos dificuldades, principalmente quando estamos lidando com pessoas. (ENTREVISTADO 4)

Algumas pessoas reagem de maneira negativa, colocando obstáculos em tudo". (Entrevistado 5)

Os entrevistados 4 e 5 afirmam que a dificuldade está em se relacionar com as pessoas. Para Tonet (2008), um dos grandes desafios das organizações, é criar uma cultura propícia ao compartilhamento de conhecimento, que estimule a aprendizagem contínua das pessoas e valorize tanto o que sabe como a disposição para repassar aos outros o que aprenderam e também para receberem de outras pessoas, soluções para o que não sabem. Neste caso, percebe-se, que a organização pesquisada tem pontos a serem trabalhados na cultura das pessoas, pois há dificuldades em repassar informações que estão em seu poder.

### **Quais fatores, em sua opinião, contribuem para o compartilhamento do conhecimento na empresa?**

Gerente cobra alinhamento entre os integrantes e envolvidos nas atividades. (ENTREVISTADO 1)

Liderança sempre nos cobra sobre alinhamento da equipe e clientes sobre nossas entregas. Melhoramos nossos resultados a partir do momento que começamos a trabalhar mais em equipe. O nivelamento do conhecimento seja ele dentro equipe engenharia como equipe engenharia envolver a manutenção neste processo até o momento só tivemos pontos positivos. Além de reduzir as corretivas conseguimos conversar na linguagem técnica com a Manutenção. (ENTREVISTADO 6)

Pode-se verificar nas respostas dos entrevistados que a participação da liderança junto à equipe é fundamental para o sucesso do trabalho. Os entrevistados disseram que eles têm liberdade de desenvolver suas atividades rotineiras, desenvolver novos produtos, testar novas técnicas sem medo de ser penalizado, se errar. Para Davenport; Prusak, (1998), os líderes devem aceitar e recompensar erros criativos e colaboração. Conforme dizeres dos entrevistados, na engenharia, a liderança confia no trabalho de seus liderados e esta confiança torna um ambiente saudável para se trabalhar.

**Quais fatores, em sua opinião, atrapalham o compartilhamento do conhecimento na empresa?**

Muita Burocracia. (ENTREVISTADO 4)

Muito papel, procedimentos. (ENTREVISTADO 7)

**Quais pontos podem ser melhorados no compartilhamento do conhecimento em sua empresa?**

Redução burocracia. (ENTREVISTADO 4)

Reduzir a burocracia, tornando mais práticos a nossa comunicação. (ENTREVISTADO 7)

As respostas dos entrevistados 4 e 7 salientam que um ponto a ser traçado pela organização é reduzir a burocracia. Os entrevistados 2 e 6 compartilham essa opinião. Eles entendem que as regras a serem seguidas para realização de um trabalho são burocráticas. Consideram que há possibilidade de ser menos burocrático e ainda sim ter trabalhos com o mesmo nível técnico. Já enviaram propostas de alteração, mas sem sucesso, pois há setores, na organização, que consideram viáveis as regras vigentes. Os comentários de nossos entrevistados vão de encontro à abordagem de Stewart (1998) em que se considera que as organizações devem avaliar as atividades que produzem riqueza intelectual nas organizações. Para ele grande parte dos indicadores da organização não tem nada a ver com o capital intelectual. Verificam-se custos, mas em nenhum momento busca-se identificar e gerenciar a formação do conhecimento. É saliente que as organizações dos nossos entrevistados possuem um ponto a ser melhorada, que é promover uma relação menos burocrática, facilitando as atividades diárias.

Diante do exposto, conclui-se que, apesar de algumas pessoas colocarem obstáculos ao se compartilhar informações e existir pontos de melhoria na comunicação, o apoio gerencial e o engajamento da equipe, faz com que estas barreiras sejam superadas. Morey (2000), O'Dell e Grayson (1998), acreditam que as principais barreiras que dificultam o compartilhamento do conhecimento estejam presentes na cultura organizacional. Para os autores, a organização deve reconhecer os indivíduos, enfatizando que as ideias e pensamentos deles faz a diferença.

Diante das respostas dos entrevistados, verifica-se que a organização precisa buscar uma forma para reduzir a burocracia o que vem de encontro com a resposta dos autores acima. Um ponto positivo, é que os autores também ressaltam é o reconhecimento que acontece por parte gerencial em relação ao compartilhamento do conhecimento. Isso faz com que o processo torna-se contínuo e enraizado na cultura da organização, pois, apesar de ter a cobrança, os funcionários reconhecem a importância em disseminar o conhecimento.

### 3.4 Percepção dos funcionários quanto ao compartilhamento do conhecimento

Neste bloco, buscou identificar a percepção dos funcionários da engenharia quanto ao compartilhamento do conhecimento, então fizemos as seguintes perguntas:

**Você acha que as pessoas estão preparadas para compartilharem o que sabem com os outros colegas?**

Sabemos que quem possui o conhecimento tem o poder, sendo assim há pessoas consideram que ao não passar seu conhecimento aos demais, terá seu emprego garantido. (ENTREVISTADO 3)

A resposta do entrevistado 3 salienta que as pessoas não compartilham o que se sabe por medo, mas a liderança tem que reverter este quadro buscando formas de incentivar o compartilhamento do conhecimento na organização, pois de nada adianta dispor de conhecimentos se não promover sua partilha dentre os membros da organização (STEWART, 1998). Somente com estes incentivos a organização irá conseguir mudar o pensamento daqueles que ainda acham que o conhecimento é exclusivamente dele.

**Você teria alguma sugestão sobre o que a empresa poderia fazer para motivar os seus empregados a compartilharem seus conhecimentos?**

Premiar de forma que possa aumentar o conhecimento, como exemplo bolsas de estudo. (ENTREVISTADO 7)

Considero que todo trabalho requer reconhecimento, o reconhecimento gerencial que fazemos bons trabalhos existe, mas considero que premiar seria uma motivação. (ENTREVISTADO 2)

Para Morey (2000), O'Dell e Grayson (1998), a organização deve reconhecer os indivíduos, enfatizando que as ideias e pensamentos deles fazem a diferença. Pela resposta do entrevistado e o reconhecimento parabenizando pelos trabalhos são feitos pelos líderes, mas os entrevistados 2 e 7 considera que uma premiação seria uma motivação extra para compartilharem seus conhecimentos.

**Quais os resultados que, em sua opinião, o compartilhamento do conhecimento traz para a empresa?**

Agilidade resolução problemas. (ENTREVISTADO 7)

Produtividade, Agilidade resolução problemas. (ENTREVISTADO 4)

Produtividade, Agilidade resolução problemas. (ENTREVISTADO 4)

Os entrevistados consideram que o compartilhamento de informações auxilia na resolução de problemas e aumenta a produtividade. Isso pode ser evidenciado nos trabalhos de melhoria contínua que a organização está fazendo com seus colaboradores, em que se nomearam, dentro da própria equipe, instrutores internos com o objetivo de nivelar o conhecimento da equipe. Para Davenport e Prusak, (1998) a organização só consegue beneficiar quando o conhecimento é difundido, transferido, compartilhado e alcançado, ou seja, quando os fluxos de conhecimentos são bem definidos o que facilita a difusão de conhecimentos e experiências.

### **É possível perceber como o conhecimento é usado para aumentar a competitividade da empresa?**

Que conhecimento torna-se a empresa competitiva não há dúvidas, mas não basta ter muito conhecimento se não tem oportunidade de aplicá-lo. (ENTREVISTADO 1)

O compartilhamento é importante para a organização. A informação torna-se fator chave para criação de valores, reduz a incerteza e ajuda tomar decisões.... (ENTREVISTADO 3)

Por terem passado por um cenário conturbado, a empresa buscou uma forma de reduzir os custos e maximizar os lucros e tudo isso graças a expertise de seus colaboradores, os processos foram otimizados com recursos próprios. Todavia, segundo Paiva (1999) o conhecimento torna-se um fator competitivo, desde que as empresas consigam repassar aos colaboradores de forma eficiente e eficaz. Este conhecimento bem disseminado na organização gera o capital intelectual que às vezes, é bem mais importante que o capital econômico monetário.

### **É possível perceber influência do compartilhamento do conhecimento para melhorar a aprendizagem individual?**

Todos entrevistados responderam que sim. Mas o entrevistado 4 foi além, de acordo com ele, a preocupação da organização em melhorar o conhecimento foi a oportunidade que ele teve para sair da base e virar um analista.

Sim, os treinamentos ajudam na aprendizagem das pessoas. Se hoje sou um Analista é graças a meu aprendizado, quando entrei na empresa eu tinha 4 serie. (ENTREVISTADO 4)

Há pessoas que tinha determinadas dificuldades e hoje são expert no assunto. ENTREVISTADO 2

Quando alguém tem dificuldades o mesmo é mapeado para treinar ou buscar informações e passe a conhecer o assunto ao qual tinha deficiência. (ENTREVISTADO 5)

Quando o entrevistado 2, diz que a organização tinha profissionais com determinadas dificuldades e, hoje, eles são os especialistas no assunto, nota-se que os investimentos realizados para o processo de gestão do conhecimento está dando retorno para organização. Em seu programa de carreira e sucessão a organização faz um mapeamento da deficiência de seus colaboradores e os capacita, nivelando o conhecimento de todos. Segundo Yeo (2005), o aprendizado individual, é decorrente de atividades rotineiras, que visam à manutenção do ambiente de trabalho de cada um.

A todo tempo deve-se buscar o conhecimento para que possamos crescer juntamente com a empresa. (ENTREVISTADO 3)

Interessante que a resposta do entrevistado 3 evidencia uma realidade que aconteceu com o entrevistado 4, que graças a seu esforço e incentivo da empresa conseguiu crescer. A empresa considera muito importante esta parte de crescimento profissional que um de seus valores é crescer e evoluir juntos.

## **É possível perceber influência do compartilhamento do conhecimento para melhorar a aprendizagem Organizacional?**

Para Kim (1993), aprendizagem organizacional é a capacidade de criar novas ideias multiplicadas pela capacidade repassar por toda empresa. A aprendizagem organizacional corresponde, assim, à forma pela qual as organizações constroem, mantêm, melhoram e organizam o conhecimento e a rotina em torno de suas atividades e culturas.

O conhecimento individual evoluindo conseqüentemente o organizacional irá evoluir, desde que se pratique o compartilhamento. ENTREVISTADO 2

Quando os indivíduos evolui a organizacional também evolui e esta evolução torna-se a empresa competitiva com Know-How em sua área de atuação. (ENTREVISTADO 4)

Ao eliminar as dificuldades de um individuo automaticamente estamos melhorando a aprendizagem da organização. (ENTREVISTADO 5)

Todos os entrevistados conseguem perceber que o compartilhamento do conhecimento melhora tanto a aprendizagem individual como organizacional. O trabalho que está sendo realizado pela organização, no que se refere à gestão do conhecimento, pode ser identificado na resposta dos entrevistados. A empresa investe em sistemas e os líderes buscam formas de reconhecer as atitudes de seus liderados, entendendo o quanto é importante o conhecimento para organização. Durante a entrevista foram citadas várias iniciativas de trabalhos que estão sendo realizados, como por exemplo, o trabalho de Pensamento Enxuto em que capacitaram a base em ferramentas de solução de problemas e tendo como resultado funcionários motivados, agilidade, produtividade e aumento na produção.

A organização sabe o quanto o conhecimento é importante para conseguir bons resultados e, por isso, disponibiliza recursos para seus funcionários. Há pontos que merecem atenção, pois um dos entrevistados apresentou caso em que teve dificuldades em coletar informações. Apesar de a organização possuir alguns pontos avançados em compartilhamento do conhecimento ainda há pessoas que não estão preparadas para esta nova era do conhecimento, acham que a informação pertence ao indivíduo e não deve ser compartilhada.

## **4 CONCLUSÃO**

O objetivo geral deste trabalho foi analisar como ocorre o compartilhamento do conhecimento em uma engenharia de manutenção industrial de uma mineradora localizada na cidade de Itabira MG.

Apesar de alguns dos entrevistados terem sido muito objetivos, não trazendo muitos detalhes em suas respostas, os estudos e análises das entrevistas, comprovaram que a organização considera muito importante as informações e seu compartilhamento. Informação e conhecimento são fatores determinantes para uma organização, sendo essencial que os líderes disponibilizem práticas compatíveis ao compartilhamento, para que os colaboradores aceitem as mudanças de forma positiva, tornando a organização mais competitiva.

Como objetivo específico, buscou-se verificar quais os tipos de conhecimentos utilizados na Engenharia de Manutenção Industrial. Quanto aos tipos não há como definir, pois há momentos em que os entrevistados utilizam mais a experiência, que é chamado de

conhecimento tácito, é pessoal. Em outros momentos verifica-se que os entrevistados utilizam documentos que se encontram em sistemas, pode ser entendido como conhecimento explícito ou “codificado”, conhecimento de fácil transmissão. Apesar da experiência, realmente ser uma coisa muito forte na equipe de engenharia, ainda sim é necessário que se busque informações em manuais, procedimentos, sistemas de manutenção para que defina a melhor estratégia de manutenção para os ativos.

Buscou-se ainda, identificar as ferramentas de armazenamento e transmissão do conhecimento utilizado pela organização. Ao analisar as respostas dos entrevistados, foi possível verificar que organização disponibiliza a seus colaboradores ferramentas adequadas para prática do compartilhamento do conhecimento. São ferramentas comuns e de fácil acesso a todos os indivíduos. A divulgação dos assuntos relevantes acontece por meio de e-mail e é disponibilizado em sistemas para futuras consultas.

Os aspectos facilitadores e dificultadores do compartilhamento do conhecimento em uma organização estão relacionados à cultura de seus colaboradores e líderes. Apesar de a organização pesquisada estar bem evoluída no que se refere ao compartilhamento do conhecimento, temos pontos que podem ser trabalhados conforme entrevista, pois ainda há pessoas que colocam obstáculos ao se compartilhar informações, há pontos de melhoria na comunicação entre os indivíduos e por último um sistema muito burocrático, o que pode criar barreiras no que se refere compartilhamento conhecimento.

O apoio gerencial e o engajamento da equipe fazem com que estas barreiras sejam superadas e o reconhecimento que acontece por parte gerencial em relação ao compartilhamento do conhecimento. Isso faz com que o processo seja contínuo e enraizado na cultura da organização, pois apesar de ter a cobrança os funcionários reconhecem a importância em disseminar o conhecimento.

A percepção dos funcionários quanto ao compartilhamento do conhecimento é de que os recursos disponibilizados são de fácil acesso, tornando a comunicação simples e eficiente. A organização possui sistemas robustos de gerenciamento de documentos, estratégia de manutenção dos ativos, sistema gerenciamento dos procedimentos o que facilita na hora de buscar informações. Alguns dos sistemas da organização pesquisada estão passando por investimentos, em que se busca integrar ainda mais os setores com o objetivo de obter informações confiáveis para tornar a empresa mais competitiva perante aos concorrentes.

Os entrevistados perceberam que o compartilhamento do conhecimento melhora tanto a aprendizagem individual como organizacional. O trabalho que está sendo realizado pela organização, no que se refere à gestão do conhecimento, pode ser identificado na resposta dos entrevistados. A empresa investe em sistemas e os líderes buscam formas de reconhecer as atitudes de seus liderados, entendendo o quanto é importante o conhecimento para organização.

O setor de Engenharia de manutenção de uma grande mineradora de Itabira sabe o quanto o compartilhamento do conhecimento é importante para conseguir bons resultados e por isso disponibiliza recursos e apoio dos líderes aos funcionários. Têm-se pontos de atenção, pois alguns de nossos entrevistados apresentaram casos em que encontrou barreiras ao coletar informações. Apesar de a organização ter pessoas que possuem uma cultura propícia ao compartilhamento do conhecimento, ainda há pessoas que não estão preparadas para esta nova era do conhecimento, acham que a informação pertence ao indivíduo e não deve ser compartilhada. A Mineradora deve continuar estimulando o compartilhamento do conhecimento, pois a satisfação dos entrevistados é o indicador que estão no caminho certo.

O resultado da pesquisa possibilita novos estudos e pesquisas, relacionados ao compartilhamento do conhecimento.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVENPORT, Thomas O. **Capital Humano: o que é e porque as pessoas investem nele**. São Paulo: Nobel, 2001.
- DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial**. Rio de Janeiro: Campus, 1999
- DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- EDVINSSON, L.; MALONE, M. S. **Capital intelectual**. Tradução de Roberto Galma.
- KIM, D. **The link between individual and organizational learning**. Sloan Management Review, (fall), pp. 37-50, 1993.
- MOREY, Daryl. **Knowledge management architecture**. 2000. Disponível em: <<http://www.brint.com/members/online/120205/kmarch.html>>.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. 18. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- O'DELL, Carla, GRAYSON, C. Jackson. **If only we knew what we know: identification and transfer of internal best practices**. California Management Review. Berkeley, v.40, n. 3, p. 154-174, primavera 1998.
- PAIVA, V. **Nova relação entre educação, economia e sociedade**. Contemporaneidade e Educação, v. 4, n. 6, 2º sem. 1999.
- SENGE, P. e outros. **A Dança das Mudanças**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. p. 35.
- SENGE, P. M. **A quinta disciplina: arte, teoria e prática da organização de aprendizagem**. São Paulo: Best Seller, 1990. (15. ed.).
- STEWART, T. A. **Capital intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 237 p.
- TONET, Ivo. **Introdução à filosofia de Marx**. São Paulo: expressão Popular, 2008.
- YEO, R. **Problem-based learning: lessons for administrators, educators and learners**. International Journal of Educational Management, Vol. 19 No. 7, pp. 541-551, 2005.

# Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como ferramenta de produção enxuta: simulação de aplicação em uma fábrica de grampos para cabelo

## Value Stream Mapping (MFV) as a lean production tool: application simulation in a hairpin factory

Bruno Vinicius Aquino de Souza<sup>1,\*</sup>; Jônatas Franco Campos da Mata<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil.

\*[bruno.engpro@hotmail.com](mailto:bruno.engpro@hotmail.com)

### Resumo

Devido à concorrência cada vez mais acirrada, e também ao atual momento do mercado nacional, empresas de pequeno e médio porte vêm buscando alternativas para conseguirem sobreviver frente aos seus grandes concorrentes. Para isso é necessário adotar os mesmos métodos para eliminar desperdícios, diminuir custos e aumentar os lucros. Tendo em vista este cenário, optamos por utilizar o Mapa do Fluxo de Valor em uma pequena fábrica de grampos, por ser uma ferramenta que permite visualizar de forma macro a situação atual do fluxo de materiais e de informações. Por meio de ferramentas auxiliares da manufatura enxuta, foram mensurados os dados necessários para análise dos desperdícios e chegou-se à conclusão de que a alteração do *layout* apresenta o melhor custo-benefício, a ser adotado pela empresa em seu primeiro ciclo de aplicação do Mapa do Fluxo de Valor. A metodologia de pesquisa utilizada baseia-se em teste de teoria com estrutura de pesquisa experimental. Para previsão dos futuros resultados, a simulação foi realizada, de forma virtual, com o auxílio de determinados programas, como *Excel* e *Corel Draw*.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Simulação.

.....

Due to the increasingly fierce competition, and also at the current moment in the national market, small and medium-sized companies are looking for alternatives to be able to survive against their big competitors. This requires adopting the same methods to eliminate waste, reduce costs and increase profits. In view of this scenario, we chose to use the Value Stream Map in a small staple factory, since it is a tool that allows a macro view of the current situation of the flow of materials and information. By means of auxiliary tools of the lean manufacturing, the necessary data for analysis of the wastes were measured and it was concluded that the layout change presents the best cost-benefit, to be adopted by the company in its first cycle of application of the Map of the Value Stream. The research methodology used is based on theory test with experimental research structure. In order to predict the future results, the simulation was performed in a virtual way with the help of certain programs, such as Excel and Corel Draw.

**Keywords:** Lean Manufacturing; Value Stream Mapping; Simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu em meados da década de 50, a partir de necessidades do mercado na indústria japonesa. O país encontrava-se em um momento pós-guerra, e esse método foi responsável por produzir grande variedade e baixa produção, sendo o oposto da produção americana proposta por Henry Ford de produção em massa, modelo utilizado até a crise do petróleo (Gonçalves e Miyake, 2003).

De acordo com Black (1998), o STP é uma extensão do Fordismo, porém com a produção sendo puxada a partir da demanda, ou seja, primeiramente recebe-se o pedido do cliente, em seguida é realizada a programação da produção com base no pedido, evitando gerar grandes estoques.

Womack e Jones (2004) demonstram, em suas abordagens, a cadeia de valor de um produto, que busca acompanhar todas as etapas da produção, desde a aquisição de matéria-prima até o pós-venda. Esta metodologia parte do princípio de que as atividades executadas, durante todo o processo, devem agregar o máximo possível de valor, aos olhos do consumidor final. Por meio do mapeamento de fluxo, é possível realizar a rastreabilidade de cada etapa do processo de produção, identificando os pontos que apresentam desperdício e, assim, trabalhando com os princípios da produção enxuta.

Segundo Lee (2006), o *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta que faculta uma visão abrangente de todo o sistema, evidenciando a interação existente entre os processos, o que permite identificar toda a fonte ou causa de desperdício existente.

O VSM é muito útil, porque cria um “mapa visual” de cada processo envolvido no fluxo de materiais e informações na cadeia de valores de um produto. Esse mapa consiste em um desenho do estado atual, um desenho do estado futuro e um plano de implementação (KRAJEWSKI et al., 2009).

A eliminação de desperdício e a fabricação com qualidade são os dois princípios mais importantes do Sistema Toyota de Produção (STP). O primeiro procurando reduzir ou até mesmo extinguir atividades que não agregam valor, e o segundo produzir com zero defeito.

A partir dos conceitos abordados, o objetivo geral é analisar os desperdícios no processo produtivo de uma fábrica de grampos para cabelo. Para tal, foi utilizado o mapeamento do fluxo de valor e ferramentas auxiliares, presentes nos conceitos de produção enxuta.

Para diagnosticar a situação da empresa, primeiramente foi realizada uma entrevista informal, a fim de coletar dados preliminares. Entender suas necessidades foi essencial para aplicar o VSM e as demais ferramentas da manufatura enxuta, pois isto contribui no direcionamento e percepção dos problemas diários da produção. Com os resultados da estratificação dos desperdícios, identificou-se aquelas que possuem um maior grau de relevância, verificando-se as possibilidades e gerando a simulação de um novo cenário para a empresa. Em seguida, foram apresentadas as propostas de melhoria.

## 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ao familiarizar-se com os produtos e processos produtivos da empresa X, estabeleceram-se as diretrizes dos objetivos específicos, são elas:

- Diagnosticar a situação atual: análise dos fluxos de produção e informação dentro da fábrica;
- Identificar os principais desperdícios presentes em cada etapa da produção, com aplicação do VSM e auxílio do estudo de tempos e movimentos, por meio de gravações de vídeos e utilizando o *Excel* para estratificar e qualificar cada ação.
- Simular a redução dos desperdícios que afetam significativamente a produção, que não dependam de grande investimento, elaborando o desenho do VSM futuro por meio do software *Corel Draw*.
- Análise das melhorias apresentadas após a simulação.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Monden (2015) considera que o STP tem como seu principal princípio, o aumento do lucro, por meio da redução de custos ou aumento da produtividade. Esses fatores, por sua vez, são obtidos pela eliminação dos desperdícios, como o excesso de estoque e de pessoal.

O Quadro 1 a seguir, exhibe as principais técnicas, métodos e ferramentas do STP, destacadas por Monden (2015) para atingir o objetivo citado acima. Tais técnicas são empregadas constantemente no chão de fábrica para reduzir custo, defeitos, estoques, para deixar a produção mais fluida, organizada e com a distribuição de tarefas equilibrada.

<b>Técnicas</b>	<b>Definição</b>
<i>Just-in-time</i> (JIT)	Significa basicamente produzir as unidades necessárias nas quantidades necessárias dentro do tempo necessário.
<i>Kaizen</i>	São pequenas melhorias que ocorrem continuamente na organização por meio da participação de todos, usando círculos de controle de qualidade e sistemas de sugestões.
<i>Poka-yoke</i>	Dispositivo introduzido na máquina ou na linha de produção que previne produtos defeituosos, como um dispositivo à prova de erros.
Gestão da Qualidade Zero Defeito (GQZD)	Desenvolvimento, projeto e fabricação de produtos que satisfazer as necessidades dos consumidores ao menor custo possível.
<i>Layout</i> celular	A essência desse <i>layout</i> é o agrupamento de uma família de peças em um fluxo linear, usualmente em forma de U. Geralmente conferem a flexibilidade para se aumentar ou diminuir o número de trabalhadores necessários para se adaptar às mudanças de demandas.
Fluxo contínuo/unitário	Consiste da introdução de cada unidade à linha, equilibrada pela finalização de outra unidade de produto acabado, conforme encomendado pelas operações dentro de um <i>takt time</i> .
<i>Takt time</i>	Consiste da produção e disponibilização de cada unidade de produto em conformidade com o seu próprio intervalo de tempo dentro do qual uma unidade do produto possa ser vendida em média. Considerado um fator primordial para que haja sincronização da produção.
Sistema <i>Kanban</i>	Sistema que gerencia o JIT, sendo um sistema de informações para controle que permite puxar a produção em cada processo.
Troca Rápida de Ferramentas (TRF)	Técnica que viabiliza a redução dos tempos de <i>setup</i> . Para que ocorra a redução desse tempo, deve-se planejar a conversão do <i>setup</i> interno (atividades de preparação com a máquina parada) em <i>setup</i> externo (atividades de preparação com a máquina em funcionamento).
Círculos de Controle de Qualidade (CCQ)	Consiste de pequenos grupos formados por trabalhadores que estudam espontânea e continuamente conceitos e técnicas de controle de qualidade a fim de oferecer soluções para problemas em seu local de trabalho.

Quadro 1 – Definições de métodos e ferramentas do STP.

Fonte: Monden (2015).

Com as técnicas a serem utilizadas bem definidas é de suma importância explicar e exemplificar a aplicação de cada conceito para todos os envolvidos, desde o chão de fábrica até a diretoria, para facilitar o fluxo de informação no momento de coletá-las.

Ohno (1997) desenvolveu um sistema completo, que corretamente encaixado, contribuiu para que sua organização obtivesse uma maior lucratividade com menos recursos em um menor período de tempo, otimizando ao máximo a manufatura fabril. A Produção Enxuta refere-se a conceitos e ferramentas como *Just-in-Time*, fluxo contínuo de materiais, produção puxada, 5S, *poka yoke*, trabalho padronizado, controle visual, entre outros, usados para favorecer o lucro a curto, médio e longo prazo, e a possibilidade de fazer mais com os mesmos recursos (DEMETERE MATYUSZ, 2011).

*Muda*, *Mura* e *Muri* são expressões tradicionais da língua japonesa, relacionadas ao Sistema Toyota de Produção com o intuito de identificar os desperdícios encontrados nas organizações. Segundo Brasa (2007), os 3MU são definidos como: *Muda* (Desperdício); *Mura* (Variação, flutuação, inconstância); *Muri* (Sobrecarga, excesso). A Figura 1 apresenta os tipos de *Muda*.

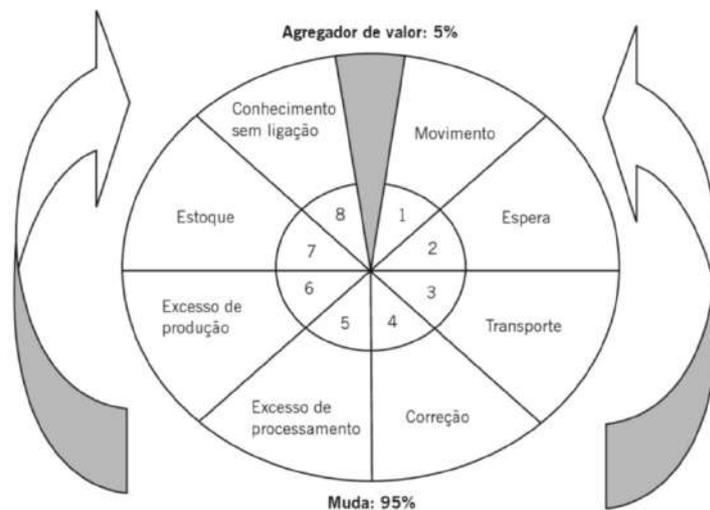


Figura 1 – Os tipos de *Muda*.  
 Fonte: Adaptado de Dennis (2008).

Com relação à produção enxuta, o objetivo principal desta ferramenta é agregar valor enxuto desde a matéria-prima até o produto acabado, ou seja, é preciso ter uma visão abrangente, levando em conta melhorias no processo como um todo e não apenas processos individuais. Conforme afirmação de Rother e Shook (2003), o fluxo de valor enxuto é a ferramenta mais adequada e importante para o mapeamento do fluxo de valor, apesar de ser considerada simples foi criada e difundida em todo o mundo pelos mesmos, onde aborda: 1) o mapeamento do fluxo de material; 2) o mapeamento do fluxo de informação.

Existem algumas etapas a serem seguidas, durante a fase de desenvolvimento do MFV. Inicialmente, é escolhida uma família de produtos. Assim, acompanha-se todas as etapas, por meio de um processo chamado porta-a-porta, que vai desde o fornecedor, passando pelas etapas produtivas até chegar ao cliente final. Desta maneira, desenha-se o mapa atual da empresa, levando em consideração o fluxo de material e informação (Figura 2). Assim, ao finalizar o desenho da situação atual, começa a etapa do desenho futuro,

esse por sua vez, deve transpor a forma com o qual o valor deve-se comportar, após as melhorias sugeridas para o fluxo de material e informação.



Figura 2 – Fluxo de valor porta-a-porta.  
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

De acordo com Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor apresenta diversas potencialidades, como por exemplo:

- Enxerga mais do que processos individuais, abrange o fluxo como um para melhor compreensão;
- No fluxo de valor a ferramenta identifica os desperdícios e a fonte da ocorrência dos mesmos;
- Transmite uma linguagem de fácil entendimento a respeito dos processos produtivos;
- É um facilitador nas tomadas de decisão, ao facilitar a compreensão do fluxo;
- Relaciona práticas e conceitos da produção enxuta, para evitar implementações de técnicas de forma isolada;
- Ministra um pilar de plano para implementação, além de ser referenciar e abordar a forma com o qual um fluxo porta-a-porta deverá fluir;
- Realiza uma conexão entre fluxo de informação e fluxo de material;
- Por ser uma ferramenta qualitativa, busca detalhar a produtividade para demonstrar como deve ser o funcionamento, de tal forma que agregue valor no fluxo.

De acordo com conceitos de Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor necessariamente seguirá as três etapas seguintes, descritas na Figura 3:

- Família de produtos: nessa fase deve-se selecionar uma família de produtos que demonstram o mesmo comportamento durante o processo de produção, utilizando equipamentos e máquinas semelhantes;
- Desenho do estado atual e futuro: para a concretização dessa etapa é necessário realizar coleta de dados junto ao chão de fábrica. As setas indicadas no mapa de fluxo possuem dois sentidos, ao passo que é desenhado o estado atual também desenvolve as ideias do estado futuro, logo, ao criar o estado futuro é possível verificar algo que tenha passado despercebido no estado atual;

- Plano de trabalho e implementação: deve-se preparar um plano em uma página, que demonstre os caminhos para se alcançar o estado futuro, e implementar o quanto antes. No entanto, quando o estudo futuro se torna a nova realidade da empresa, é necessário construir um novo estado futuro, garantindo assim a aplicação da técnica de melhoria contínua no fluxo de valor. Por esse motivo a importância de uma implementação rápida do mapa de fluxo do estado futuro, toda vez que está sendo implementado na fábrica, irá eliminar desperdícios e agregará valor para o cliente, ao passo que outro estado futuro é desenhado.

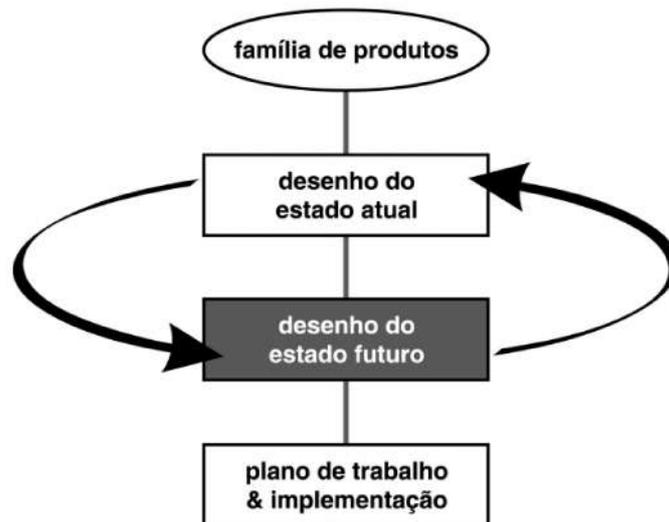


Figura 3 – *Etapas básicas do mapeamento do fluxo de valor.*  
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Para Rother e Shook (2003), ao se desenhar o estado atual e futuro no mapeamento do fluxo de valor, há uma série de ícones e/ou símbolos que auxiliam no desenvolvimento. Essas simbologias podem ser desenvolvidas pela própria empresa, ou adicionadas de algum outro processo, desde que sejam claras e tenham a devida consistência, de tal forma que qualquer integrante consiga desenvolver o desenho e compreender os mapas que contribuem para aplicação das técnicas de produção enxuta.

Na Figura 4, estão os ícones principais e mais utilizados na elaboração do mapeamento do fluxo de valor.

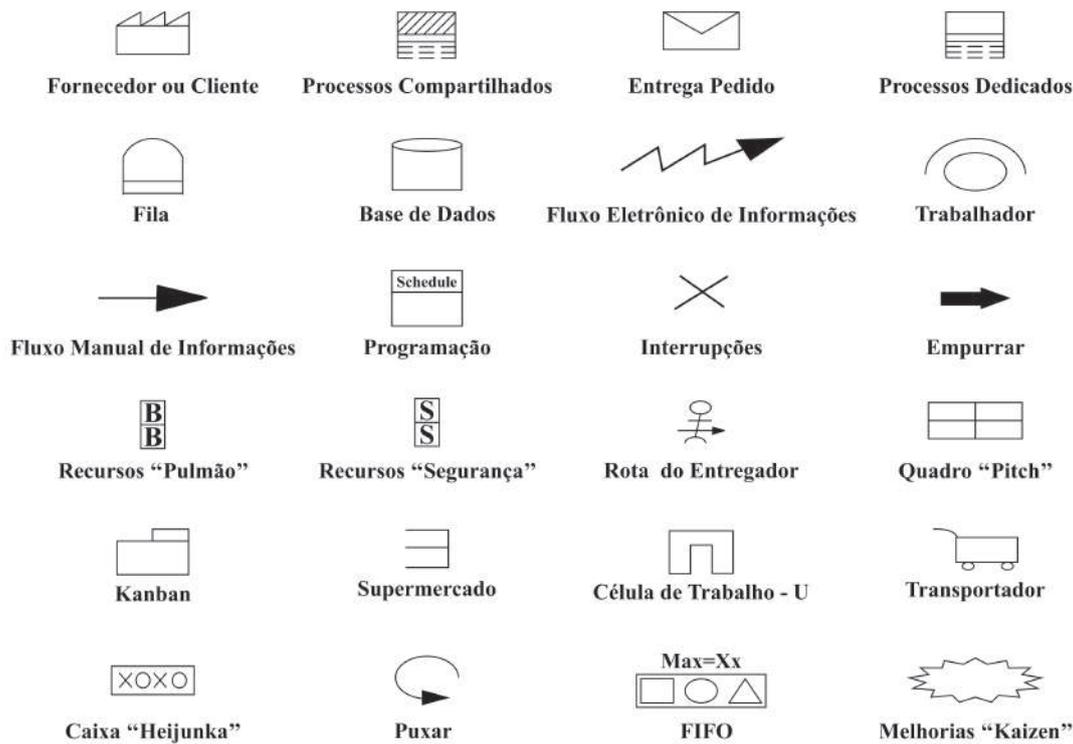


Figura 4 – Ícones do Mapeamento do fluxo de valor.

Fonte: Rother e Shook (2003).

Alguns conceitos são fundamentais na metodologia de MFV. São eles:

- *Lead Time*: é o tempo decorrido do momento que inicia a primeira atividade (pedido) até o momento de conclusão da última etapa (produto acabado entregue ao cliente), uma forma de determiná-lo é cronometrar uma peça marcada que se move da entrada até a saída da linha de produção (ROTHER e SHOOK, 2003);
- *Takt time*: corresponde ao ritmo de produção necessário para atender a demanda (a palavra alemã *takt* corresponde ao ritmo musical), ou seja, o tempo de produção que se têm disponível pelo número de unidades a serem produzidas em função da demanda (ALVAREZ e ANTUNES JR, 2001);
- Tempo de ciclo (T/C): intervalo de tempo entre unidades sucessivas que saem de um processo, ou seja, o tempo transcorrido entre a repetição do início ao fim da operação. Significa também o tempo para que o operador complete o ciclo de trabalho para uma unidade (MOURA, 1996);
- Disponibilidade ou utilização: segundo Palomino et al. (2010), este índice refere-se à relação entre o tempo operacional de um equipamento ou sistema de equipamentos e o tempo efetivamente programado para sua operação, como apresenta a Figura 5, a seguir.

$$\text{Índice de Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo Programado}}$$

Figura 5 – *Índice de Disponibilidade*.  
Fonte: Adaptado de Palomino et al. (2010).

- Simulação: conforme Pereira (2000), a simulação computacional é a representação de um sistema real por meio de um modelo, utilizando um programa de computador (software). O objetivo da simulação é estudar o comportamento de um sistema, sem que seja necessário modificá-lo ou mesmo construí-lo fisicamente;
- *Layout*: pode ser definido como arranjo físico no contexto empresarial, sendo mais comum a utilização da expressão *layout*. (PEINADO e GRAEML, 2007). O arranjo físico procura uma combinação otimizada das instalações industriais e de tudo que ocorre dentro da produção, de um espaço disponível. Visa integrar equipamento, mão de obra, material, áreas de movimentação, estocagem, administração, mão de obra indireta, e todos os itens que possibilitam uma atividade industrial (PAOLESCI, 2009);
- Crono análise (Estudo de tempos e movimentos): é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho, objetivando projetar o melhor método de trabalho, padronizá-lo e determinar o tempo gasto por uma pessoa devidamente capacitada, em ritmo normal, para executar uma determinada operação (CONTADOR, 1998). Para realizar a crono análise é necessário estar bem claro onde começa e terminar cada operação, assim é possível determinar um conjunto de elementos (ações) realizada em cada operação para classificá-las. A classificação por sua vez permite identificar o percentual do valor agregado na operação e o percentual de desperdícios, resultando no direcionamento para as possíveis melhorias no processo (SOUZA, 2012).

Conforme Souza (2012), há três tipos de classificação dos elementos em relação à agregação de valor:

- *Value Added* (VA): Atividades que agregam valor ao produto;
- *Semi Value Added* (SVA): Atividades com valor semiagregado;
- *Non Value Added* (NVA): Atividades que não agregam valor ao produto;
- Diagrama de Espaguete: ferramenta que ajuda a estabelecer o *layout* ideal com observações de distâncias percorridas na realização de determinadas atividades. É utilizada, frequentemente, no âmbito do *Lean Manufacturing*.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O artigo foi iniciado através de pesquisas em fontes bibliográficas disponíveis na literatura sobre Produção Enxuta e Mapeamento de Fluxo de Valor. Foram realizados levantamentos em publicações, artigos e livros, com a intenção de aprimorar o conhecimento nestes assuntos. Em seguida, já na fábrica, foram utilizadas as seguintes técnicas de coleta

de dados, de acordo com a tipologia de Cervo et al. (2007): observação assistemática, observação sistemática e entrevista semiestruturada.

Para a elaboração deste artigo, foram analisadas e sugeridas mudanças, que, se colocadas em prática, podem ajudar a diminuir e, a médio prazo, sanar alguns dos problemas citados pela diretoria da empresa. O estudo tem uma natureza qualitativa, combinada à demonstração de alguns dados quantitativos para verificação de resultados.

A observação assistemática é realizada como estágio inicial para estudos de casos ou como prévio levantamento de fatos, ocorrências e objetos que aparecem num contexto natural, não preparado pelo observador, mas selecionado previamente, embora não forneça dados definidos, é de grande utilidade para levantamento de hipóteses, a serem avaliadas em posteriores pesquisas (GRESSELER, 2003). Esta observação foi realizada no processo produtivo da empresa, constituindo-se o primeiro passo das atividades práticas, para apontar possíveis pontos de melhorias a serem estudadas e potencialmente aplicadas na empresa.

A observação sistemática, designada também como estruturada, pressupõe o planejamento de ações, configurando assim em uma observação direcionada, ao contrário da assistemática. Quadros, anotações, escalas, dispositivos mecânicos são alguns dos instrumentos que podem ser utilizados nessa observação (MARCONI e LAKATOS, 2003). Nesse momento adotamos a filmagem para registrar todas as ações realizadas pelos funcionários em cada etapa do processo, além de anotar relevantes informações e dados, para auxiliar a análise dos processos por meio da crono análise, essa por sua vez consiste em ver os vídeos de forma pausada, onde se deve desmembrar em etapas e destas descrever todas as ações realizadas pelos funcionários em um programa que permita posteriormente avaliar cada ação em: atividades que agregam valor, agregam parcialmente e não agregam valor ao processo. Para realização dessa mensuração e descrição das atividades adotamos o programa *Excel*.

Sobre a entrevista semiestruturada, Bryman e Bell (2007) citam a mesma como um tipo de entrevista mais geral, com perguntas organizadas em sequências aleatórias. Neste tipo de entrevista, existe um maior interesse no ponto de vista do entrevistado. Essa entrevista foi realizada com perguntas previamente estruturadas e com perguntas complementares de forma espontânea para recolher dados qualitativos e quantitativos das etapas produtivas. Através da coleta de dados, foram levantados os seguintes parâmetros: tempo ciclo; *lead time* e *Takt time*.

Foram observados, ainda, os estoques (matéria-prima, intermediário e produto acabado), a disponibilidade de produção e o número de funcionários. Com os resultados elaboramos uma proposta de mudança de *layout* construída no programa *Corel Draw*, quantificando-se a melhoria pelo diagrama de espaguete por meio do mesmo software.

A presente pesquisa desenvolveu-se também por meio de um estudo de caso. Segundo a metodologia de Martins et al. (2014), o estudo de caso possibilita o chamado "teste da teoria", ou seja, a previsão de futuros resultados. O estudo de caso é um método qualitativo que busca aprofundar uma unidade individual. A intenção desse tipo de estudos é responder a questionamentos de uma pesquisa, na qual o pesquisador é leigo, ou necessita aprofundar seus conhecimentos a respeito do fenômeno estudado.

Os passos executados foram: realizar uma entrevista informal junto à diretoria da empresa X, a fim de entender as etapas do processo produtivo, entradas e saídas; elaborar o desenho de *layout*, paralelo ao desenho do mapa atual elaborado com base

nos dados coletados; efetuar uma análise mais aprofundada dos desperdícios, os quais foram evidenciados após a elaboração do desenho do mapa atual; realizar a simulação de estratégias para combater as perdas encontradas, tendo como enfoque a demonstração, em termos quantitativos, dos principais ganhos a serem gerados; elaborar o desenho de *layout* futuro, de forma simultânea ao desenho do mapa futuro; relacionar as possíveis melhorias e práticas *lean*, dentro do processo, visando a redução e a eliminação de desperdícios, bem como o aumento da lucratividade para a empresa.

#### 4.1 A empresa

A empresa X (nome fictício) selecionada como objeto de estudo deste trabalho, fabrica grampos para cabelo desde 1958, situada em Contagem - MG abrange todo o território nacional. Segundo informações preliminares da diretoria, problemas no *layout* do chão de fábrica e algumas máquinas antigas têm contribuído negativamente para que a produção dos grampos não consiga atender a demanda do mercado, ocasionando constantes atrasos nas entregas dos pedidos.

Atuam neste segmento, as empresas Alpha, Beta e Gama (nomes fictícios), fundadas em 1964, 1971 e 1955 respectivamente que são seus principais concorrentes. Devido à forte concorrência entre elas, os gestores da empresa X buscam formas de aumentar sua capacidade produtiva, para garantir uma maior participação no mercado.

Diante desse aspecto mercadológico e competitivo a empresa X nos ofereceu todo o suporte e autorização necessária para promover uma análise aprofundada de todo o processo produtivo. Podemos considerar que a produção dos grampos consiste em 10 grandes etapas entre o início da produção até a expedição, para uma análise minuciosa filmou-se todas as etapas, estratificou-se cada ação de cada etapa com o auxílio do Excel. Em seguida classificaram-se cada uma das ações e separaram-se, em gráficos, apenas as atividades que não agregam valor ao produto. Através dessa classificação, foi possível identificar e propor as devidas melhorias no processo fabril.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para elaborar o fluxograma de processos, utilizou-se a abordagem do mapa de fluxo de valor. Foi efetuada a verificação do estado atual, em relação ao fluxo de processamento até a expedição. Verificou-se que o processo de fabricação de grampos para cabelo, até sua fase final, onde são embalados, é dividido, basicamente, em 10 etapas: laminação; máquina (corte/dobra); pintura; forno 1; resina; forno 2; embalagem comercial; seladora termo encolhível; embalagem em caixa máster; e expedição. A Figura 6 exibe o fluxograma global.

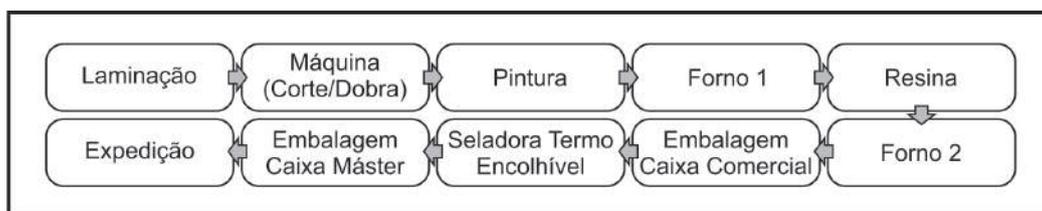


Figura 6 – Fluxo da produção até a expedição.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A produção é programada pela diretoria, conforme o recebimento dos pedidos dos clientes (tamanho, cor e quantidade). Em seguida, a programação é preenchida em um quadro, no qual o encarregado define a programação das atividades. Inicialmente, o funcionário vai ao estoque, seleciona o devido arame e, em seguida, posiciona o mesmo na máquina de laminação (existem dois modelos de máquinas, dependendo da espessura do grampo). Após a laminação, o empregado transporta os arames conformados para um estoque intermediário, próximo da entrada de linha de produção.

Conforme o quadro preenchido de programação, as máquinas são alimentadas com os devidos arames do estoque intermediário, sendo que nessa etapa o arame é dobrado e cortado pela máquina, tomando a forma final do grampo, além de ser inserido em um tipo de cabo contínuo, responsável por transportar o grampo por todo o processo produtivo. Quando os grampos estão sendo transportados pelo cabo, o funcionário retira algumas unidades para verificar se apresentam alguma avaria ou se estão no padrão de qualidade. O passo seguinte é o processo de pintura. Conforme os grampos se deslocam pelo cabo, uma máquina bombeia a tinta sobre eles. A tinta que cai retorna a máquina, e o processo se repete continuamente.

A próxima etapa corresponde ao transporte dos grampos para o forno 1, com temperatura aproximada de 200 °C. Em seguida, a parte inferior dos grampos recebe, em suas pontas, a resina em estado líquido e segue para o forno 2, com temperatura aproximada de 200 °C, finalizando assim a etapa de produção do grampo.

Após a etapa da produção, os grampos são transportados até a fase de embalagem em caixa comercial. Nessa etapa, o funcionário monta a caixa, recolhe os grampos do cabo, os coloca dentro da caixa e efetua a pesagem. Assim que o funcionário verifica o alcance do peso correto, o mesmo fecha a caixa, estocando-a ao lado em uma bancada. Quando os estoques atingem um determinado nível, outro funcionário recolhe o estoque das bancadas de cada final de linha e os posiciona em outra bancada. Nessa fase, este funcionário coloca uma certa quantidade de caixas na máquina seladora termo encolhível. Desta forma, as pequenas caixas ficam embaladas a vácuo, dentro de um filme. Em seguida, tais caixas são colocadas nas embalagens denominadas de caixa máster, e assim são estocadas na expedição.

Para elaborar o MFV, a primeira etapa descrita por Rother e Shook (2003) é a escolha da família de produtos. Para o presente estudo de caso, a empresa X fabrica apenas grampos para cabelo. Apesar de ter tamanhos e cores variadas, o modo de fabricação é o mesmo, tornando-se, assim, uma única família de produtos produzidos pela mesma.

O fluxo da produção é realizado de forma “puxada”, pois, conforme mencionado anteriormente, a diretoria recebe os pedidos e projeta a programação da produção em um quadro, e em seguida o encarregado verifica e distribui as atividades conforme os pedidos dos clientes. Os grampos são produzidos em três cores (preto, dourado e castanho) e dois tamanhos (pequenos e grandes). Desta forma, não há programação de produção de grampos para estoque, e sim somente é produzida a quantidade e qualidade definida pelas demandas dos clientes. Os cálculos da programação de produção, *takt time* e outras estimativas importantes para comparar o desempenho atual com o desempenho futuro esperado, são demonstradas no Apêndice, ao final deste trabalho.

No início da análise, a fábrica possuía seis máquinas de corte e dobra, que cortavam o arame (pequeno ou grande) e dobravam no formato padrão, conforme pedido. Essas seis máquinas eram, abastecidas por rolos de arames anteriormente trefilados, graças a duas máquinas de laminação. Para aumentar a produção, a gerência adquiriu uma nova

máquina com maior capacidade produtiva. De acordo com dados fornecidos pelos gestores da empresa, posteriormente comprovados pela observação do estoque intermediário do produto acabado ao final de cada linha, verificou-se que a nova máquina tinha um aumento produtivo de 25% em relação às outras. Este fato ajudou, consideravelmente, a diminuir o atraso na entrega de pedidos.

Na Figura 7, é apresentado o desenho do mapa atual da empresa, contendo: fluxo de processamento e informações; tempo de ciclo; *takt time* e tempo de utilização das máquinas. Os respectivos cálculos podem ser observados no Apêndice.

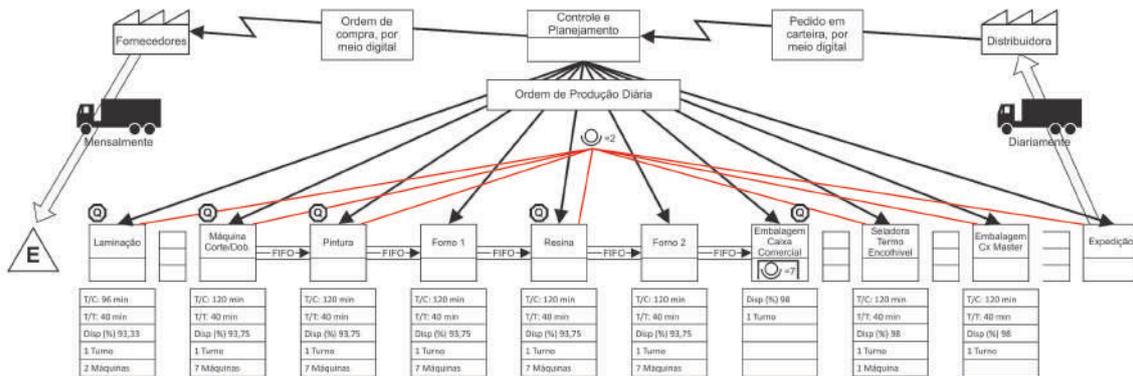


Figura 7 – Mapa do estado atual.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo como foco diminuir o desperdício dentro da produção, já que o acesso junto a clientes e fornecedores era restrito, iniciou-se um ciclo de filmagem com duração de uma semana. Tal procedimento objetivou coletar dados para o abastecimento da crono análise, com o auxílio do programa *Excel*, descrevendo-se todas as ações realizadas pelos funcionários em cada uma das etapas da produção até a expedição. A partir disso, analisou-se as atividades, utilizando-se os critérios de classificação definidos por Souza (2012), em relação a agregação de valor: *Value Added* (VA) (atividades que agregam valor ao produto); *Semi Value Added* (SVA) (atividades com valor semi-agregado); e *Non Value Added* (NVA) (atividades que não agregam valor). A Figura 8 apresenta, graficamente e de forma percentual, a participação dos tempos relativos às atividades (VAA x NVA x SVAA).



Figura 8 – Agregação de valor.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foram estratificadas as atividades de NVA, gerando um gráfico de barras. Tal gráfico possibilitou identificar os principais desperdícios encontrados, conforme exibido na Figura 9. A seguir, analisou-se os desperdícios, percebendo-se que, para combater o maior deles, é exigido um alto grau de investimento financeiro. Na crise atual do mercado, este investimento torna-se inviável.

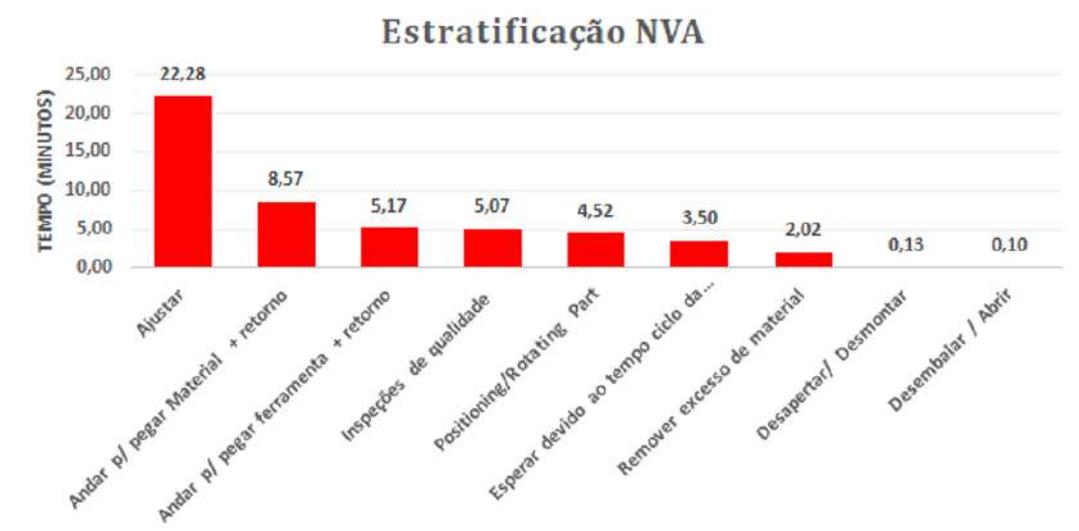


Figura 9 – *Estratificação NVA*.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Partindo do pressuposto de encontrar formas de reduzir os desperdícios e aumentar a lucratividade com o menor investimento possível, destacou-se uma potencial situação: a máquina corte-dobra constantemente cessa seu correto funcionamento, por diversos motivos. Por exemplo, caso o arame laminado da bobina esteja com alguma avaria, a máquina deixa de funcionar. Pelo que foi observado durante as gravações, o funcionário responsável pelo abastecimento das sete linhas de produção é o mesmo que trabalha junto às máquinas de laminação dentre outras atividades. Percebeu-se que, durante a fase de laminação, na qual o funcionário fica literalmente segurando uma guia para o arame ser enrolado de forma balanceada na bobina, o mesmo não consegue perceber as paradas de linha. Isto deve-se aos elevados ruídos das demais máquinas, além de haver uma significativa distância entre a laminação e o corte-dobra. Tais ocorrências, no final do turno, geram cerca 30 minutos de paradas por linha de produção.

Conforme problemas citados no parágrafo acima, correlacionados à Figura 9, gerado pela estratificação dos desperdícios da crono análise, percebeu-se que um dos pontos mais críticos, em relação ao desperdício, está relacionado com distância e movimentação. Para tal, foi realizado o desenho do *layout* de acordo com a Figura 10, seguido de uma análise através de um diagrama de *spaghetti*, conforme Figura 11.

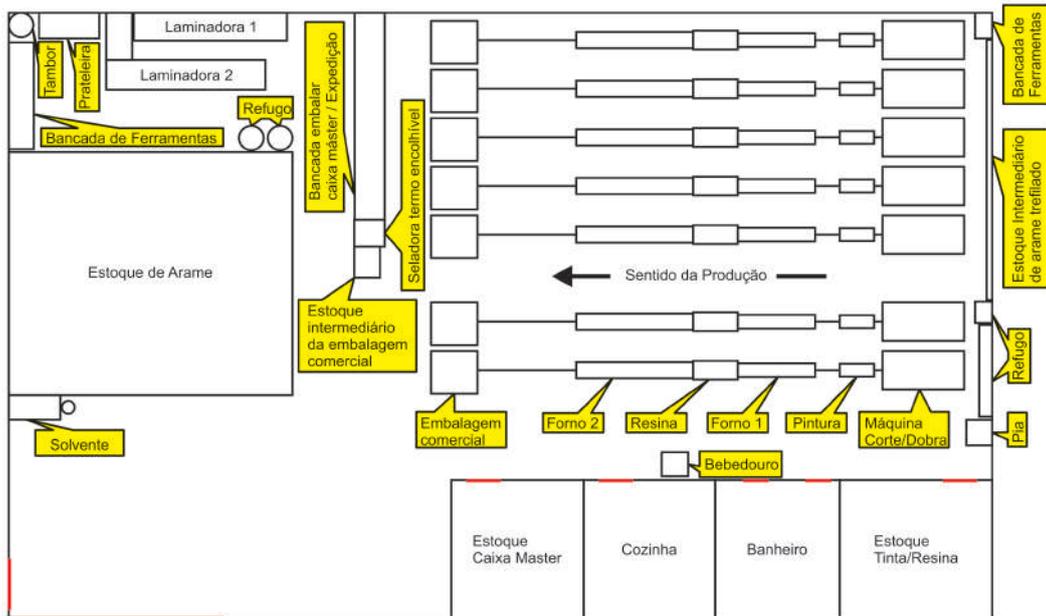


Figura 10 – *Layout atual da Empresa X.*  
Fonte: Elaborado pelos autores.

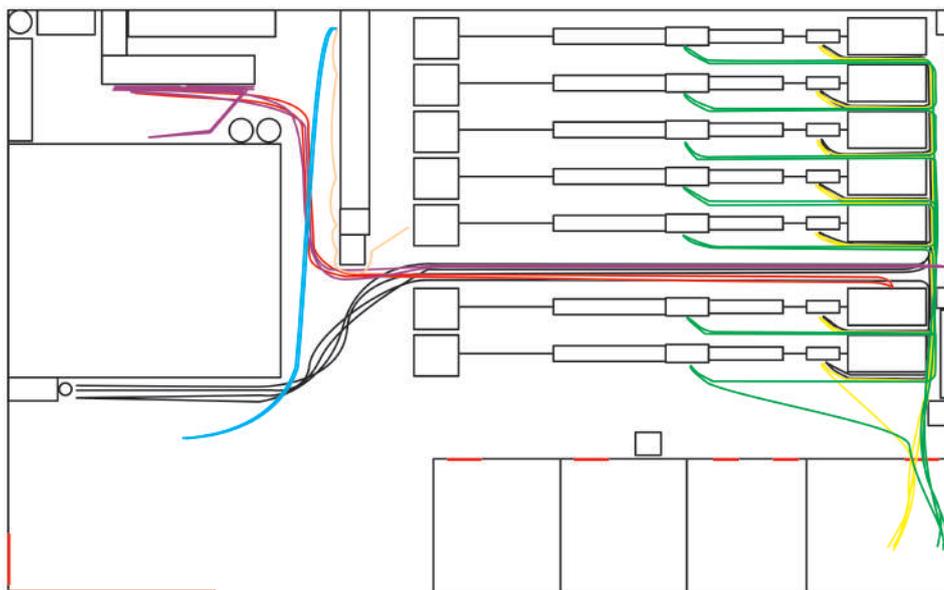


Figura 11 – *Diagrama de espaguete.*  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Através de análise da Figura 11, pode-se averiguar a movimentação, de forma quantitativa, demonstrada no Quadro 2 a seguir.

Cor	Atividade	Distância (metros)	Repetição por Turno
■	Solvente	144,397	2
■	Resina	123,619	4
■	Tinta	77,866	2
■	Estoque Intermediário Bobina Laminada	74,507	5
■	Balacear Laminação para Máquina Corte/Dobra	47,996	4
■	Emballar cx máster / Expedição	8,335	4
■	Expedição / Transporte	23,18	2

Quadro 2 – Movimentação realizada no layout atual.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se, no quadro acima, a movimentação em metros por ciclo de atividade executada pelo funcionário responsável. Somando-se as movimentações, encontra-se o número de 499,87 metros.

A partir destes resultados, concluiu-se que a mudança de *layout* seria a melhor solução para combater o desperdício de movimentação. Com a diminuição da movimentação para executar as atividades, o funcionário responsável, além de ter um menor desgaste, conseguiria combater possíveis problemas mais rapidamente e com maior eficácia. Desenhou-se um novo *layout* demonstrado a seguir na Figura 12, que como citado anteriormente, aproximou as atividades que necessitavam maior movimentação. Após isso, gerou-se um novo diagrama de espaguete, como demonstrado na Figura 13, apresentando a nova movimentação.

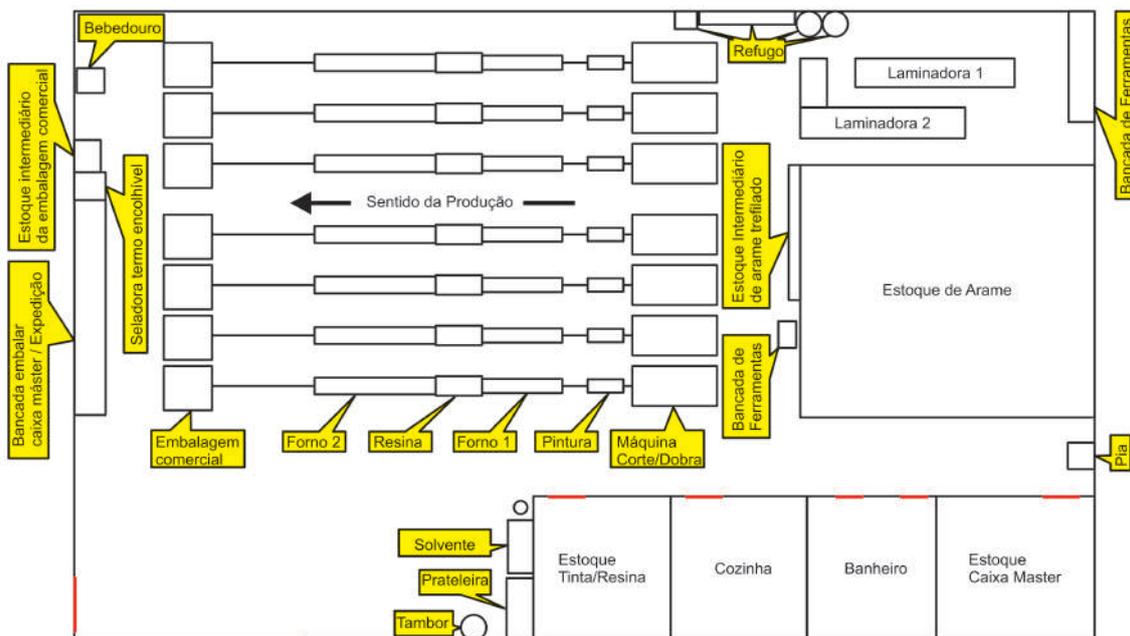


Figura 12 – Layout futuro proposto para a Empresa X.

Fonte: Elaborado pelos autores.

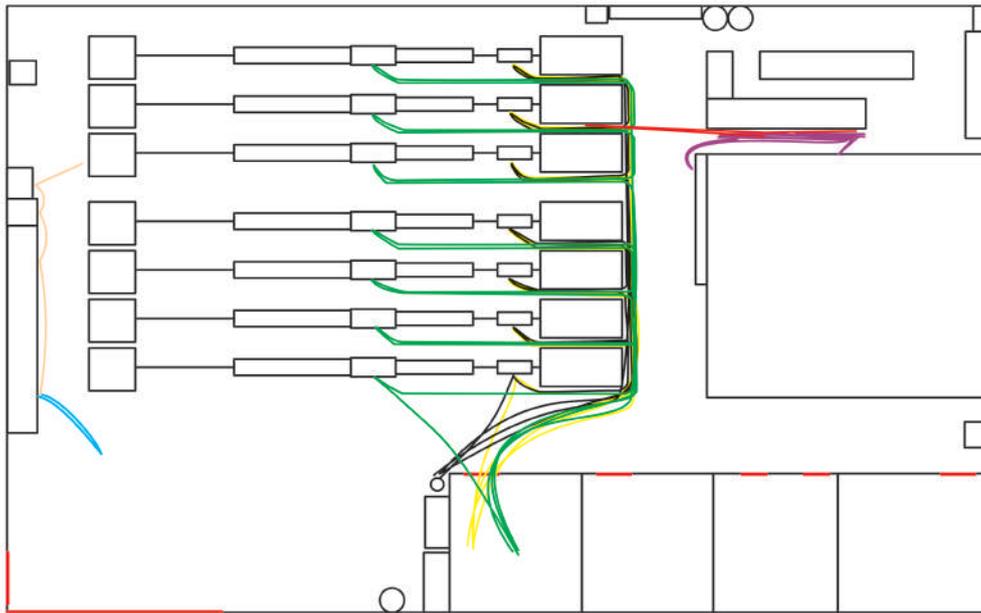


Figura 13 – Novo diagrama de espaguete (futuro).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Através de análise da Figura 13, pode-se visualizar a mudança significativa das movimentações. De forma quantitativa, o Quadro 3 apresenta estas alterações.

Cor	Atividade	Distância (metros)	Repetição por Turno
■	Solvente	73,214	2
■	Resina	119,831	4
■	Tinta	75,54	2
■	Estoque Intermediário Bobina Laminada	31,239	5
■	Balacear Laminação para Máquina Corte/Dobra	10,447	4
■	Embalar cx máster / Expedição	6,112	4
■	Expedição / Transporte	3,98	2

Quadro 3 – Movimentação realizada no layout futuro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A respeito dos dados do quadro acima, pode-se observar que os valores de movimentação em metros diminuíram, significativamente, em relação ao *layout* atual. Somando-se as distâncias, chega-se ao número de 320,363 metros, valor 46% menor que o anterior que tinha o somatório de 499,87 metros.

Foi elaborado o mapa futuro, apresentado na Figura 14. O mesmo demonstra o aumento percentual de 1,04% no tempo de disponibilidade de máquinas, além da diminuição dos tempos de máquina parada, decorrente da diminuição da movimentação. Tais mudanças podem acarretar a elevação das unidades de grampos produzidas.

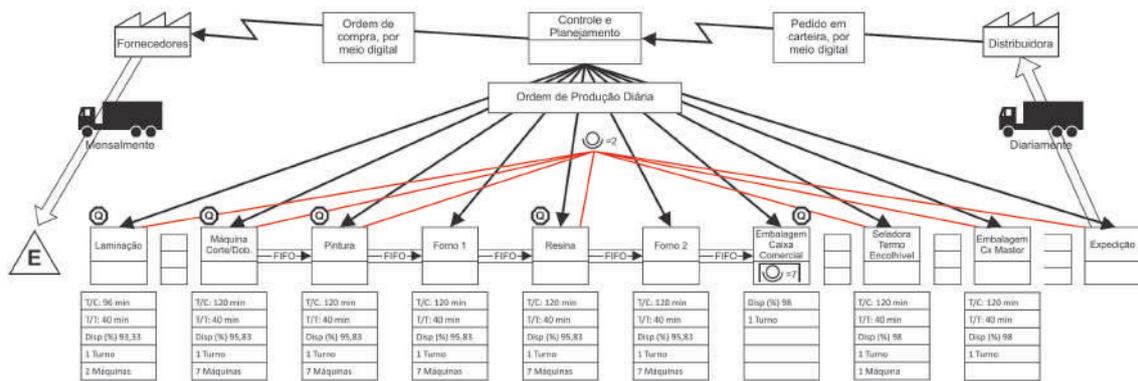


Figura 14 – Mapa do estado futuro.

Fonte:Elaborado pelos autores.

Para permitir a comparação entre a situação atual e os resultados gerados pelas simulações, foi elaborado o Quadro 4, a seguir. Pode-se destacar, inicialmente, a redução na movimentação do estado atual de 499,87 metros para 320,36 metros após a simulação da alteração do *layout*, ou seja, uma redução de 46%. Considerando apenas a redução na movimentação, mensura-se um aumento na produção de 1,04% e um ganho de 5 minutos do tempo de funcionamento desses equipamentos de corte / dobra. Ao final do expediente, tem-se uma produção de 6.041 grampos a mais, valor esse que representa 30,2% do total de grampos de uma Caixa Máster (20.000 grampos).

Melhoria	Antes	Depois	Diferença (%)
Movimentação	499,87 metros	320,36 metros	46 ↓
Máq. Corte/Dobra	450 minutos disp. 93,75%	455 minutos disp. 94,79%	1,04 ↑
Caixa Máster x Aumento da Prod.	20.000 grampos	20.000 grampos + 6.041 grampos	30,205 ↑

Quadro 4 – Comparação Antes e Depois.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6 CONCLUSÃO

Elaborando-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) do estado atual, foi possível visualizar e entender todo o processo produtivo, identificando as principais fontes de desperdícios dentro do processo produtivo. A aplicação confirmou a teoria, permitindo observar e afirmar que esta técnica é de extrema importância para a melhor compreensão do processo como um todo, além de ter uma didática de fácil entendimento. Com o levantamento das atividades de agregação e não agregação de valor, foi possível identificar as etapas do processo que mais desperdiçavam tempo e as atividades que não agregam valor ao produto, com o auxílio dos gráficos gerados com a crono análise. Utilizando ferramentas e práticas adotadas pelo sistema *Lean Manufacturing* (LM), foi feita a simulação dos cenários que contemplavam as mudanças no *layout* a fim de reduzir os desperdícios.

Em destaque, verifica-se o potencial de ganho de disponibilidade das máquinas em 1,04%, aumentando a produção em 1,04% por dia, o que equivale a 6041 unidades de grampos, com a redução do desperdício gerado pelo excesso de movimentação. No entanto observou-se que, na maior parte do tempo em que as máquinas de corte e dobra encontravam-se paradas, o funcionário estava ajustando a guia da máquina de laminação e demorava a perceber o ocorrido, devido ao ruído e a distância entre as máquinas. Com a sugestão do novo *layout*, as máquinas ficariam próximas uma das outras, facilitando a percepção das paradas das máquinas, ocasionando um ganho na produção maior que o informado no artigo.

Caso a empresa X continue atuando para diminuir os desperdícios, contando também com uma possível melhora do mercado, em um futuro próximo, seria possível investir na compra de equipamentos, para sanar o maior desperdício encontrado. Tal desperdício é representado pelo grande número de ajustes no maquinário, e a atuação no mesmo poderá trazer grandes ganhos de produção, assim como a redução de outras perdas encontradas. Sendo assim, elaborar um novo mapa futuro seria o primeiro passo, de acordo com a teoria do VSM. Além desses resultados, denota-se, ainda, que a simulação se mostrou uma técnica essencial para complementar o MFV, à medida que possibilitou testar as mudanças sem gerar transtornos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. **Takt time: contexto e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Revista Gestão & Produção, v. 8, n. 1, p. 01-18, abr. 2001.
- BLACK, J. T. (1998). **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas.
- BRYMAN, A; BELL, E. **Business research methods**. 2. ed. New York: Oxford, 2007. 786p.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- CONTADOR, J. C. **Gestão de operações, a Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.
- DEMETER, K.; MATYUSZ, Z. **The impact of lean practices on inventory turnover**. International Journal of Industrial Ergonomics, v.133, p.154–163, 2011.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Rio Grande do Sul: Santana, 2008.
- GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Loyola, 2003.
- GONÇALVES, M. S.; MIYAKE, D. I. **Fatores Críticos para a Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em Projetos de Melhorias**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2003.
- HARVEY, D. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 1992.

- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LEE, Q. **Value Stream and Process Mapping: The Strategos Guide to Genesis of Manufacturing Strategy**. Bellingham, Washington: Enna Products Corporation, 2006.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4 Ps da Toyota**. Tradução Lene Belon Ribeiro, Revisão técnica de Marcelo Klippel, Supervisão de José Antonio Valle Antunes Júnior. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MARTINS, R; MELLO, C; TURRIONI, J. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Atlas, 2014.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MOURA, R A. **Redução do tempo de setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas**. 1 ed. São Paulo: IMAN, 1996.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PALOMINO, R. C.; MANICA, C. R.; MIRANDA, B. B. de. **Incremento na Produção Através do Índice OEE: Um Estudo de Caso em uma Empresa Fabricante de Luminárias para Lâmpadas Fluorescentes**. In: ENEGEP 2010, 30, São Carlos: Abepro, 2010.
- PAOLESCHI, B. **Logística industrial integrada: do planejamento, produção, custo e qualidade à satisfação do cliente**. 2º ed. São Paulo: Érica, 2009.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PEREIRA, I. C. **Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes**. Dissertação mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2000.
- ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: Tradução de Lean Institute Brasil**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SOUZA, E. L. **Proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina (FAHOR), Horizontina, 2012.
- WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

## APÊNDICE

**GRAMPOS EM CAIXA MASTER, TOTAL: 20 MIL**

**Ganho de disponibilidade em unidades: 6.041.**

1 caixa máster= 20.000

20.000 – – – 100%

6.041 – – – X

X= 30,205%

**Cálculos Takt time:**

$X=(480 \text{ min})/(12 \text{ cx master})$

X=40 min

**Tempo de processamento Laminação:**

96 min – – – 4 cx máster

X – – – 1 cx máster

X= 24 min

**Tempo de disponibilidade máquina atual:**

$x=(450 \text{ min})/(480 \text{ min}) *100$

X= 93,75%

**Tempo de disponibilidade máquina futuro:**

$x=(455 \text{ min})/(480 \text{ min}) *100$

X= 94,79%

**Aumento de produtividade, convertendo em unidade produzida:**

480 min – – – 580000 unidades

5 min – – – x

X= 6041 unidades

Aumento de 1,04% diário

# Compreensão dos riscos ergonômicos a partir da percepção e função dos motoristas de caminhões em uma empresa na cidade de Itabira - MG

Understanding of ergonomic risks from the perception and function of truck drivers in a company in the city of Itabira - MG

Alessandra Monteiro Assis <sup>1,\*</sup>; Shirlei Luana Chaves e Souza Pereira<sup>2</sup>; Patricia Carla de Brito Neves <sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Itabira, MG, Brasil.

\*[amassis200278@yahoo.com.br](mailto:amassis200278@yahoo.com.br)

## Resumo

Este trabalho foi resultante de uma pesquisa que teve como proposta analisar a percepção da função de motorista de caminhão em uma empresa na cidade de Itabira - MG aos riscos ergonômicos expostos. O método utilizado foi a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), consistindo no levantamento do perfil dos motoristas seguido de uma avaliação ergonômica do posto de trabalho da função de motorista de caminhão; posteriormente descreveu-se a postura adotada pelo motorista na execução da sua atividade e, por fim, a identificação da percepção dos motoristas quanto aos riscos ergonômicos existentes na atividade desempenhada. Neste estudo adotou-se a pesquisa de caráter descritivo, com abordagem qualitativa e o método foi de uma pesquisa de campo. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados os métodos observacionais e a aplicação de um formulário aos motoristas de caminhão. O universo do estudo foi uma empresa responsável pelo recolhimento do lixo na cidade de Itabira - MG, tendo como foco amostral a Gerência de Transporte e Manutenção da empresa a partir do critério de amostragem não probabilística por tipicidade e acessibilidade. O tratamento dos dados foi realizado por meio da análise de conteúdo resultante da aplicação do formulário e da observação direta. O resultado obtido do estudo permitiu a identificação dos principais riscos ergonômicos do posto de trabalho de motorista de caminhão: calor excessivo, ruído intenso e a presença de vibração ocupacional.

**Palavras-chave:** Análise Ergonômica do Trabalho, Percepção dos Motoristas, Risco Ergonômico.

.....

This work resulted of a research that analyzed the perception of the truck driver function in a company in the city of Itabira - MG to exposed ergonomic risks. The method used was Ergonomic Work Analysis (EWA), consisting of the survey of the profile of the drivers, followed by an ergonomic evaluation of the job position of the truck driver function, later described the posture adopted by the driver in the execution of the their activity and, finally, the identification of the drivers' perception of the ergonomic risks that exist in the activity performed. In this study we adopted the descriptive research, with a qualitative approach and the method was field research. Observational methods and the application of the form to truck drivers were used as instruments of data collection. The universe of this study was a company responsible for garbage collection in the city of Itabira - MG, having as sample the Transport and Maintenance Management of the company, based on non-probabilistic sampling criteria for typicity and accessibility. The treatment of the data was performed through content analysis of the application of the form and direct observation. The result obtained from this study identified that the main ergonomic risks of truck driver work are: excessive heat, intense noise and the presence of occupational vibration..

**Keywords:** Ergonomic Work Analysis, Perception of Drivers, Ergonomic Risk.

## 1 INTRODUÇÃO

A ergonomia vem assumindo um papel relevante no ambiente de trabalho que envolve a relação do trabalhador com as várias tecnologias presentes nesse ambiente. Ela favorece a segurança e saúde dos trabalhadores, garantindo eficiência do trabalho, satisfação e conforto, entretanto, diminuindo problemas que podem causar acidentes ou doenças ocupacionais. Comumente, a análise dos acidentes de trabalho demonstra a relação de posto de trabalho inadequado com o biótipo do trabalhador e as necessidades de qualidade e maior produtividade.

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) pode contribuir de forma significativa na qualidade de vida do trabalhador e na segurança do trabalho por meio de melhorias nas condições de trabalho e alterações no processo produtivo dos trabalhadores. A prevenção de acidentes e doenças ocupacionais pode ser alcançada em decorrência da AET, que visa o levantamento dos riscos ergonômicos.

A preocupação com as questões ergonômicas vem aumentando nas últimas décadas quando cada vez mais os postos de trabalho vêm sendo planejados e desenvolvidos considerando-se as necessidades do trabalhador. A multidisciplinaridade da ergonomia faz com que diversos setores sejam favorecidos com os benefícios da análise ergonômica de forma eficaz e integral.

Os atuais avanços e tecnologias promovem necessidades de trabalhos e serviços cada vez mais rápidos e produtivos, demandando pessoas que estejam alocadas em ambientes de trabalho de maneira confortável e seguras. A ergonomia vem assumindo um papel relevante relacionando o trabalhador com as diversas tecnologias presentes nos ambientes laborais, favorecendo a segurança e a saúde dos trabalhadores, garantindo a eficiência do trabalho, a satisfação, o conforto e diminuindo ainda os riscos de acidentes ou doenças ocupacionais.

É nesse contexto que se insere o presente estudo, com o objetivo de avaliar ergonomicamente o posto de trabalho do motorista de caminhão em uma empresa na cidade de Itabira - MG, a partir das observações em campo, e identificar os riscos ergonômicos da função sob a ótica desses motoristas, descrevendo ainda a postura adotada pelos mesmos na execução da sua atividade.

## 2 Metodologia

Neste trabalho adotou-se a pesquisa de caráter descritiva com uma abordagem qualitativa, tendo como método a pesquisa de campo. O universo da pesquisa foi uma empresa que é responsável pelo recolhimento de lixo na cidade de Itabira - MG, tendo como foco amostral a Gerência de Transporte e Manutenção da empresa. O número total de trabalhadores dessa gerência é de 50 trabalhadores, dentre eles 25 motoristas de caminhões.

A partir da pesquisa na literatura científica, deu-se início a coleta de dados para, em seguida, se avaliar as condições de trabalho, segurança no trabalho, saúde do trabalhador e a percepção dos motoristas quanto aos riscos ergonômicos e, posteriormente, se analisar os dados obtidos por meio da pesquisa de campo e da observação direta.

### 3 Resultados e Discussão

Este tópico apresenta a análise dos dados obtidos, fundamentada na literatura científica pesquisada. A partir da coleta de dados, avaliou-se as condições de trabalho, segurança no trabalho, saúde do trabalhador e a percepção dos motoristas quanto aos riscos ergonômicos.

O conhecimento do perfil dos motoristas de caminhão e a percepção destes são de fundamental importância para melhoria nas condições do ambiente de trabalho. Todos os entrevistados possuem a função de motorista, são do sexo masculino, trabalham no período diurno com carga horária de 44 horas semanais e intervalo de intrajornada de 1 hora/dia.

Os dados relacionados quanto ao aspecto de estrutura corporal (peso e altura) foram informados pelo próprio entrevistado. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado utilizando-se o Microsoft Excel. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil dos motoristas de caminhão.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média
Idade (anos)	36	68	52
Peso (kg)	67	108	84
Altura (m)	1,63	1,86	1,74
IMC	21	37	27
Tempo de empresa (anos)	1	30	13
Tempo de profissão (anos)	7	43	24

Fonte: Elaboração própria (2017).

Por meio da análise do perfil dos motoristas de caminhão foi possível evidenciar algumas particularidades desse grupo: a predominância do sexo masculino, faixa etária entre 36 e 68 anos e o tempo de profissão são características interindividuais, ou seja, alguns estão a mais tempo exercendo a função de motorista do que outros (tempo variou de 7 a 43 anos de profissão). No próximo tópico será apresentada a análise ergonômica do posto de trabalho.

#### 3.1 Análise ergonômica

Com o propósito de responder aos objetivos da pesquisa, foi realizada a análise ergonômica do posto de trabalho dos motoristas de caminhões do pátio da Gerência de Transporte e Manutenção da Empresa, entre os dias 30 de março e 22 de abril de 2017, quanto ao acesso à cabine, assento, visibilidade e projeto interno do veículo.

Couto (1995) afirma que a análise macroscópica possibilita uma visão ampla do posto de trabalho, sendo analisado o arranjo físico (layout), a postura e os movimentos do trabalhador, o levantamento, o transporte e a descarga individual de materiais. Com base nessa visão, o presente tópico apresenta a análise macroscópica do posto de trabalho do motorista de caminhão.

As atividades desenvolvidas pela empresa pesquisada envolvem o recolhimento do lixo da cidade de Itabira - MG e municípios vizinhos. Para a realização desse processo de

recolhimento a empresa conta com uma frota composta dos seguintes veículos fabricados em 2014: Iveco Tector, Ford Cargo e Volvo VM-270 4x2, como mostra a Figura 1.



Volvo VM-270 4x4



Ford Cargo



IvecoTector

Figura 1 – Frota de caminhões.

Fonte: Acervo pessoal (2017).

O design da cabine de todos os veículos analisados possibilita uma boa visibilidade ao motorista de toda a extensão do veículo. Os parabrisas possuem uma configuração ampla e os retrovisores são grandes e com regulagem interna; todos com excelente visibilidade, minimizando as áreas cegas. Possuem janelas laterais envidraçadas na cor branca transparente. O posto de trabalho possui dois lugares para transporte de passageiros mais o assento do motorista. Para Killesse (2005), a boa visibilidade para o motorista evita que esse assuma posturas inadequadas e incorretas para visualizar a parte externa da cabine, evitando o risco de acidentes de percurso.

A Figura 2 apresenta a imagem do assento de um dos veículos utilizados pelos motoristas da empresa em estudo.



Figura 2 – Assento.  
Fonte: Acervo pessoal (2017).

Observa-se na Figura 2 que os assentos de possuem regulagem de altura e inclinação de aproximação, para frente e para trás, e os controles para essas regulagens são fáceis de acessar e manipular; o encosto do assento permite variações de postura e o estofamento apresenta um ótimo estado de conservação e higienização.

De acordo com Iida (2005) a postura sentada exige uma atividade da musculatura dorsal em conjunto com a musculatura ventral para sustentar esta posição. Particularmente, quase todo o peso do corpo é suportado pelas tuberosidades isquiáticas, por isso, o assento deve possibilitar mudanças frequentes de posturas, para protelar o sentimento de fadiga. Faria (2013) completa dizendo que o assento é o maior causador de lombalgia em motorista e que muitos veículos não preenchem as condições mínimas para o conforto.



Gráfico 1 – Fatores de conforto no local de trabalho.  
Fonte: Elaboração própria (2017).

O Gráfico 1 evidenciou que o assento é confortável e possui todas as regulagens adequadas para o melhor uso dos motoristas. Em nenhum dos caminhões analisados foi

encontrado acessórios para o assento como apoio lombar e ou suporte lombar, isso significa que os motoristas acham que os assentos são adequados. Pode-se verificar que 11 motoristas consideraram a cabine de fácil acesso e de tamanho adequado e quatro disseram que o acesso à cabine não é seguro. Apenas dois motoristas consideraram que o estofamento do assento é insatisfatório.

O dimensionamento da cabine e as variáveis de acesso e assento dos caminhões foram avaliados qualitativamente, por meio do formulário aplicado aos motoristas, e quantitativamente, por medição direta utilizando-se uma trena graduada com precisão de um centímetro, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensionamento da cabine.

	<b>Ford Cargo</b>	<b>Iveco Tector</b>	<b>Volvo VM 4X2</b>
Distância da cadeira ao painel	88 cm	78 cm	76 cm
Distância da cadeira ao volante (direção)	66 cm	64 cm	68 cm
Distância da janela à esquerda ao câmbio de marcha	78 cm	75 cm	75 cm
Distância do assento ao teto	80 cm	118 cm	119 cm

Fonte: Elaboração própria (2017).

A direção dos veículos é hidráulica, os volantes são reguláveis tanto no sentido vertical quanto no horizontal, os câmbios não são automáticos, mas são macios e possibilitam trocas curtas de marchas. Todos os entrevistados responderam que as informações do painel e mostradores (display) são organizadas, de simples leitura e objetivas, os controles de acesso são facilmente alcançáveis; verificou-se a presença de extintores de incêndio e não foi observada a presença de tacógrafo. Esses veículos não são adaptados para pessoas com necessidades especiais já que não possuem plataformas elevatórias que abaixa até o nível do piso da calçada para facilitar o acesso. Após a realização da análise ergonômica descreveu-se a postura adotada por eles durante a execução da sua atividade.

### 3.2 Postura de trabalho adotada pelo motorista na execução da sua atividade

A atividade do motorista inicia-se às 07h 30min quando ele se desloca até o veículo que fica estacionado no pátio da empresa analisada. Ele preenche um checklist fornecido pela empresa para identificar alguma irregularidade; logo após a vistoria, não havendo irregularidades nos compartimentos do veículo, ele dá continuidade à sua atividade dirigindo até o caminhão e sentando-se em sua poltrona a regula de acordo com a sua coluna vertebral. O caminhão, então, é deslocado para as ruas em direção à rota estabelecida pela empresa. Os movimentos realizados nos membros inferiores exigem uma coordenação com os membros superiores e dinamismo do motorista. Esses movimentos são acompanhados de olhares rápidos e precisos em direção aos retrovisores laterais e internos que objetivam a atenção ao conduzir o veículo. O membro superior direito trabalha em sincronia com o membro inferior esquerdo durante os movimentos de mudanças de marcha.

Durante a atividade do motorista de caminhão, Killesse (2005) afirma que todo o corpo (cabeça, tronco, membros superiores e inferiores) é solicitado e requisitado de forma coordenada durante a realização das atividades pois no pequeno espaço em que o motorista

realiza suas atividades, a posição sentada e a atenção nos mostradores do painel e nos controles fazem com que o motorista conduza o veículo corretamente.

Ao analisar a postura do motorista durante sua atividade pode-se observar que ele assume uma postura predominantemente sentada e exerce movimentos de flexão e extensão da cabeça, flexão estática do ombro, inclinação e rotação do tronco, movimentos de flexão e extensão de cotovelo no instante de passar marcha, flexão estática dos joelhos devido à postura sentada, frequentes movimentos dos tornozelos no momento de pisar na embreagem, aceleração, frenagem, combinação de coordenação visual, auditiva e raciocínio rápido para executar sua tarefa, como retratada na Figura 3.



Figura 3 – *Exigências psicomotoras.*  
Fonte: Acervo pessoal (2017).

Segundo Queiróga e Michels (1999), a profissão de motorista exige repetições de movimentos nos membros superiores e inferiores para dirigir um veículo, no entanto, não se conhece o quanto essas ações são maléficas para estes segmentos corporais. Esses mesmos autores afirmam que devido a tarefa ser exercida na posição sentada com constantes rotações do pescoço e inclinações no tronco superior, as sobrecargas maiores são percebidas na coluna vertebral.

De acordo Battiston et al. (2006) os movimentos repetitivos dos membros superiores durante o trabalho provocam sobrecarga muscular, lesão, dor e fadiga muscular. Os aspectos orgânicos e psicológicos do motorista, juntamente com a carga de trabalho estática e dinâmica, além de um ambiente agressivo e insatisfatório se unem para o aparecimento da fadiga muscular. O aparecimento de dor, contraturas e lesão são aspectos de cronicidade da fadiga muscular, tornando um ciclo vicioso de dor.

Dessa forma, a profissão de motorista faz-se estressante e fatigante por causa do estado de atenção e alerta que o profissional deve ter constantemente, da postura que deve permanecer e dos atos repetitivos que deve realizar. Essas situações propiciam à profissão de motorista algumas doenças ocupacionais que em muitos casos levam a irritabilidade,

estresse, fadiga, absenteísmo e até mesmo a aposentadoria precoce.

O Gráfico 2 mostra o resultado da questão que trata da percepção dos motoristas quanto à dor (ou desconforto) decorrente da sua atuação profissional. Dentre os entrevistados, 11 respondentes relataram sentir dor e ou desconforto e apenas 3 não se apontaram sentir dor.

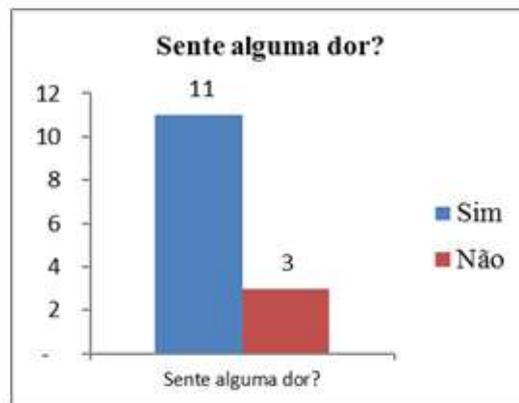


Gráfico 2 – Sente alguma dor (ou desconforto).  
Fonte: Elaboração própria (2017).

Ainda tratando da questão da dor (ou desconforto), a pesquisa procurou inferir a intensidade desse efeito para também inferir a gravidade da dor (ou desconforto) dos motoristas respondentes, conforme representado no Gráfico 3.



Gráfico 3 – Classificação da dor.  
Fonte: Elaboração própria (2017).

Por meio do Gráfico 3 pode-se afirmar que dos 11 entrevistados que relataram dor (ou desconforto), a maior parte (60% desses motoristas) classificou-a como moderada. Por fim, a última característica analisada foi ao tempo de aparecimento da dor, nota-se que todos os motoristas sentem dor acima de seis meses, tornando assim uma dor crônica.

Pode-se concluir que a postura adotada pelo motorista durante a execução da sua atividade é predominantemente sentada, com combinação dos movimentos dos membros superiores e inferiores associados a constantes rotações do pescoço e inclinações no tronco

superior, ocasionando sobrecarga na coluna vertebral. Os movimentos repetitivos no membro superior, juntamente com o ambiente insatisfatório causa sobrecarga muscular levando a dor e fadiga muscular. A dor foi uma característica presente em 11 dos entrevistados, classificando-a como moderada e com tempo acima de seis meses, levando à cronicidade do quadro.

De acordo com o Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT, 2016), o motorista expõe-se a agentes ambientais ocupacionais, físicos e organizacionais que são os principais responsáveis por causar efeitos nocivos à saúde desses trabalhadores.

Todos os caminhões interiormente possuem ventilação natural vindo das janelas laterais, do teto e dos sopradores simples, presença de alavanca de emergência, o piso é antiderrapante e a iluminação é natural durante o dia e por meio de lâmpadas fluorescentes no período noturno, como ilustrado na Figura 4.



Figura 4 – Interior dos caminhões.

Fonte:acervo pessoal (2017).

Diversas características do veículo podem influenciar exatamente na qualidade de conforto: o assento, a higiene e segurança, o espaço interno, as dimensões das portas, os apoios, a altura dos degraus, a visibilidade e os riscos ambientais como conforto térmico, presença de vibração e iluminação.

O conforto térmico dentro da cabine do caminhão, o nível de ruído, a presença de vibração e a iluminação foram avaliados qualitativamente por meio do formulário aplicado e respondido pelos motoristas. Os resultados obtidos estão demonstrados no Gráfico 4 a seguir.



Gráfico 4 – Avaliação qualitativa dos agentes ambientais.

Fonte: Elaboração própria (2017).

Observa-se no Gráfico 4 a presença do desconforto térmico (temperatura elevada) dentro da cabine pelos motoristas. De acordo com Santos et al. (2009) a temperatura elevada afeta a atividade dos motoristas alterando seu humor, deixando-o mais irritado e agressivo. A alta temperatura prejudica o desempenho de dirigir, ficando desatento e sonolento. Por fim, Kroemer e Grandjean (2008) afirmam que a conservação de uma temperatura confortável é fundamental para o bem-estar e melhor produtividade do trabalhador.

A análise dos resultados do Gráfico 4 evidenciou que a presença do ruído percebido pelos motoristas é intensa. Kroemer e Grandjean (2005) define ruído como um som desagradável e que perturba, e se esse for de alta frequência levará a danos a saúde do trabalhador como fadiga, mal-estar, irritabilidade e até Perda Auditiva Induzida por ruído (PAIR). Esses autores afirmam que um dos efeitos do ruído no organismo humano é a queda da produtividade observada em atividades que requer concentração mental e precisão dos movimentos. Para Suter (2016) os trabalhadores são submetidos aos danos causados pelo ruído devido à ausência de programas preventivos.

Ainda sobre Gráfico 4, observou-se que grande parte dos motoristas relataram que perceberam ou sentiram vibrações dentro da cabine. Segundo Sebastião et al. (2007), a vibração ocupacional é um fator de risco à saúde do motorista e pode trazer sérias sequelas ao organismo humano. Estudos com motoristas de caminhão e de ônibus descrevem que esses trabalham sob níveis de vibração inadequado e, potencialmente, nocivos à saúde, em consequência de assentos inadequados, trepidação devido às irregularidades nas ruas e rodovia, tipo de amortecedor do veículo, estado de manutenção do veículo dentre outros, o que ocasiona danos à coluna vertebral. As vibrações mecânicas são transmitidas aos discos intervertebrais que funcionam como amortecedores de impactos sofridos pela coluna vertebral, entretanto, se essa condição for contínua, acarreta redução da eficácia nos movimentos da coluna vertebral (QUEIRÓGA, 2002). Silva e Mendes (2005) descrevem que a exposição à Vibração no Corpo Inteiro (VCI) traz consequências desfavoráveis à coluna vertebral, como degeneração precoce da região lombar, hérnia de disco e lombalgia.

Todos os motoristas consideraram a iluminação adequada dentro do caminhão, conforme mostrado no Gráfico 4. Robin (1987) apud Killesse (2005) sugere que a iluminação do painel que se encontra no interior do veículo, seja visível e não incomode ao motorista. A fadiga visual pode trazer consequências ao trabalho como o aumento das falhas e acidentes de trabalho, diminuição da produção e da qualidade do trabalho (GRANDJEAN, 1998). O Gráfico 5 verifica a presença dos fatores de climatização no local de trabalho.

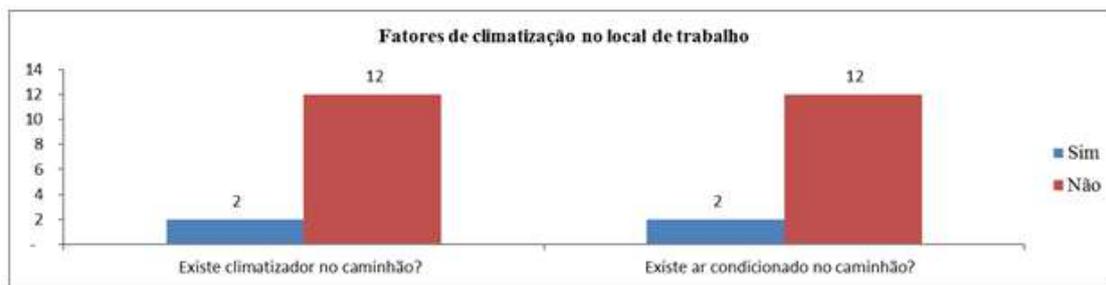


Gráfico 5 – Condições de Climatização no posto de trabalho.

Fonte: Elaboração própria (2017).

Pode-se observar no Gráfico 5 que 12 entrevistados disseram não existir ar condicionado e climatizador na cabine dos caminhões. Os 11 motoristas que relataram sentir dor e ou desconforto (Gráfico 2) foram questionados quanto à localização da sua dor, como mostra o Gráfico 6.

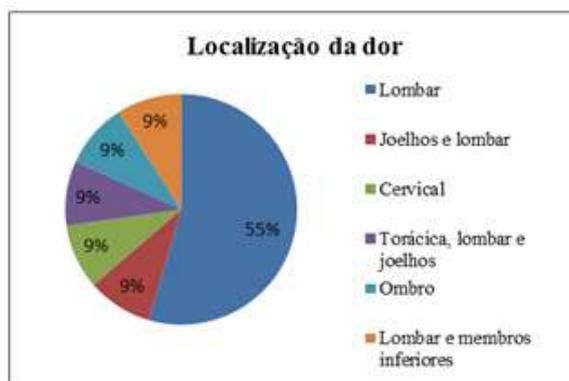


Gráfico 6 – Localização da dor.

Fonte: Elaboração própria (2017).

Pode-se observar no Gráfico 6 que 55% dos motoristas que relataram sentir dor ou desconforto, indicaram a região do dorso inferior (região lombar) como a região mais dolorida, acompanhada posteriormente com 9% as regiões do joelho e lombar, 9% a região cervical, 9% as regiões torácica, joelhos e lombar, 9% a região ombro, 9% a região lombar e todos membros inferiores. Riihimaki (1991) apud Killesse (2005) mostrou resultados de pesquisas que indicaram que as vibrações que os motoristas estão expostos, associadas com a postura sentada prolongada, levam a dor e lesão na região lombar.

Atualmente, muitas pesquisas têm sido realizadas mostrando o aumento de doenças ocupacionais e dores muscoesquelética que acometem os trabalhadores. Bly e Richardson (1986) apud Queiróga e Michels (1999) afirmam que os trabalhadores que sentem dor se tornam menos produtivo no trabalho se comparado aos indivíduos que não sentem dor.

Um estudo realizado por Vuori (1995) relata que a dor no ombro e na região do pescoço vem crescendo nos trabalhadores que executam suas atividades na postura sentada devido à tensão e sobrecarga da musculatura dessas regiões. Isso por causa das exigências durante as trocas de marchas, mesmo com a evolução tecnológica nos câmbios dos caminhões, pode-se observar a presença de dor nos ombros, principalmente no ombro

direito. Os fatores de esforço físico no local de trabalho foram avaliados qualitativamente e apresentados no Gráfico 7.

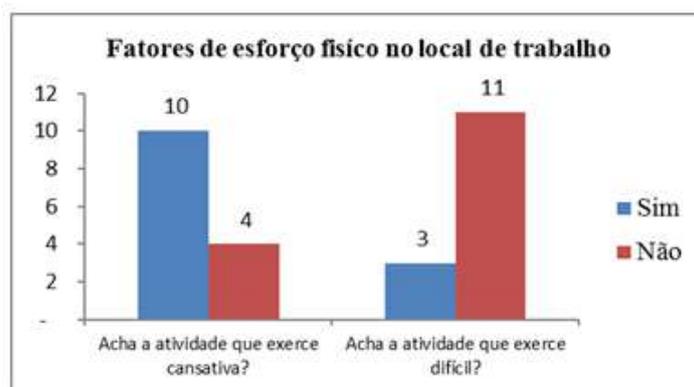


Gráfico 7 – Percepção do esforço físico no local de trabalho.  
 Fonte: Elaboração própria (2017).

Pode-se observar no Gráfico 7 que 10 motoristas consideram a atividade que exerce cansativa e 3 motoristas acham essa atividade difícil de ser exercida, percepções essas que vão ao encontro do que Killesse (2005) descreve como algumas exigências da atividade do motorista: manter a atenção contínua, analisar e interpretar as informações fornecidas pelo veículo, e eles devem ter uma audição e uma visão acuradas, movimentos coordenados e raciocínio rápido para executar a tarefa de condução de um veículo. Dessa forma, o autor afirma que a profissão de motorista é desgastante e estressante, pois além da exigência mental requerida em conjunto ao esforço dos órgãos sensoriais, fundamentais para essa profissão, esses profissionais devem manter-se, continuamente, em estado de alerta e atenção.

O Gráfico 8 mostra a correlação existente entre as variáveis do estudo como satisfação em exercer a atividade de motorista e sugestões de melhoria.

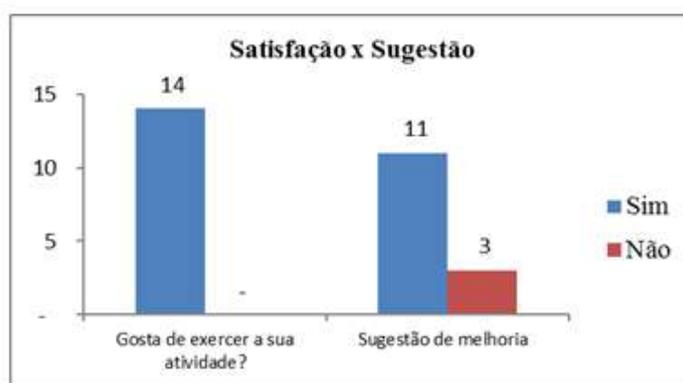


Gráfico 8 – Satisfação X Sugestão.  
 Fonte: Elaboração própria (2017).

Observa-se no Gráfico 8 que todos os motoristas gostam da atividade que exercem e quando questionados sobre a sugestão de melhoria, 11 motoristas quiseram opinar sobre

possíveis sugestões, conforme apresentado no Gráfico 9.

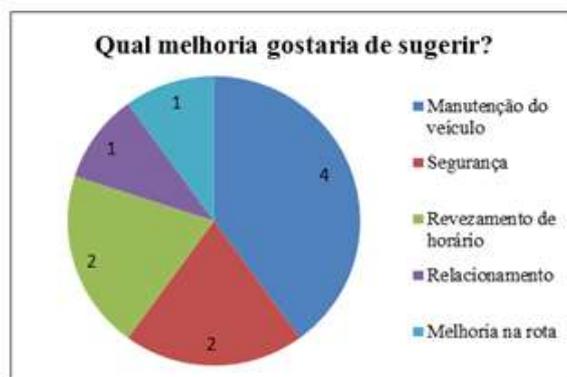


Gráfico 9 – Sugestões de melhoria.  
Fonte: Elaboração própria (2017).

Por fim, por meio do Gráfico 9 observa-se que melhorar a manutenção do veículo, seja ela corretiva ou preventiva, foi a sugestão mais indicada pelos motoristas que quiseram opinar sobre sugestões de melhoria. Em seguida, dois motoristas sugeriram maior segurança, relacionada à segurança pública pois esses sofreram tentativas de assalto e suborno recentemente durante sua jornada de trabalho; outros dois motoristas sugeriram revezamento de horário. Foi também sugerida melhoria na rota e no revezamento de horário; e apenas um motorista sugeriu melhoria na rota, mas não soube indicar qual melhoria poderia ser realizada.

Gouveia et al.( 2012) afirma que a preocupação com a Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) por parte das organizações vem crescendo, inclusive no Brasil, sendo portanto um diferencial estratégico cujo objetivo é melhorar a satisfação dos trabalhadores e conseqüentemente a produtividade da empresa. Esses autores explicam que os trabalhadores motivados, bem remunerados e competentes apresentam um maior desempenho nas suas atividades. Rossi et al. (2010) descreve que trabalhadores com baixo desempenho e baixa qualidade de produção, ao invés de mostrar seu melhor desempenho, passam a praticar mais erros e tornam-se menos precisos.

## 4 CONCLUSÃO

O transporte modal rodoviário é de extrema importância, justificando estudos recentes com os profissionais que exercem a atividade de motorista de caminhão, atuando no transporte de cargas. Os riscos ergonômicos atribuídos a essa profissão requer uma análise ergonômica para avaliar o posto de trabalho e as condições de trabalho de maneira criteriosa.

Conclui-se assim que o posto de trabalho do motorista de caminhão analisado possui assentos confortáveis e todos esses dispõem das regulagens necessárias; o projeto (design) da cabine dos veículos promove boa visibilidade, são de fáceis acessos e com tamanho adequado; as informações contidas no painel e displays foram consideradas organizadas e de fácil leitura.

Pode-se concluir que a atividade de motorista é realizada com combinações dos

movimentos dos membros superiores e inferiores, associados a constantes rotações do pescoço e inclinações no tronco superior, ocasionando sobrecarga na coluna vertebral. Os movimentos repetitivos no membro superior, juntamente com o ambiente insatisfatório causa sobrecarga muscular levando a dor e fadiga muscular. A dor foi uma característica presente em 11 entrevistados, classificando-a como moderada e com tempo acima de seis meses, levando à cronicidade do quadro.

Portanto, em resposta ao terceiro objetivo desse estudo em relação à percepção dos motoristas quanto aos riscos ergonômicos inerentes a sua atividade, pode-se dizer que essa foi unânime e bem identificada. Quanto aos fatores ambientais os motoristas assinalaram o calor excessivo dentro da cabine do caminhão e a ausência de ar condicionado, visto que, a elevada temperatura prejudica o desempenho do motorista, ficando sonolento ou até mesmo irritado e apresentando baixa produtividade. Outro item verificado foi presença do ruído intenso, que também pode levar a queda da produtividade e até mesmo a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR).

Por fim, foi observada a satisfação dos motoristas em relação a exercer sua profissão e a adequação da iluminação. Nesse aspecto, como proposta para futuras pesquisas, sugere-se a realização de um novo estudo para avaliar os riscos ergonômicos da função de motorista de caminhão quantitativamente; acrescentando a pesquisa o levantamento antropométrico dos motoristas e fazendo a medição da intensidade do ruído e da vibração ocupacional e da temperatura interna da cabine.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTISTON, M.; CRUZ, R. M.; HOFFMANN, M. H. **Condições de trabalho e saúde de motoristas de transporte coletivo urbano**. Revista Estudos de Psicologia. P. 333-343. 2006.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho manual: manual técnico da máquina humana, V. I**. Belo Horizonte: Ergo Editora Ltda, 1995.

COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho: conteúdo básico: guia prático**. Belo Horizonte: Ergo Editora Ltda, 2007.

FARIA, A. C. M. **Aspectos ergonômicos a serem analisados em motoristas de ônibus urbanos**. Faculdade Ávila: Centro de estudos avançados e formação integrada. Goiânia, 2013.

GOUVEIA, A.; FAGUNDES, C. R.; MACÊDO, S. S.; CASA JÚNIOR, A. J.; CASA, N. I. L.; CRUZ, R. S. **Análise da qualidade de vida no trabalho em caminhoneiros de uma indústria petrolífera**. Revista eletrônica Saúde e Ciência, V.II, n. 02, ISSN 2238-4111, 2012.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2005.

INSTITUTO DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES. Disponível em: <[www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Paginas/IMTHome.aspx](http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Paginas/IMTHome.aspx)>. Acesso em: 02 abr. 2016.

KILESSE, RENAN. **Fatores ergonômicos em posto de trabalho de motorista de**

**caminhão**. Viçosa, MG: UFV, 2005.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

QUEIRÓGA, M. R. **Incidência e localização de sintomas de dor em motoristas de ônibus na cidade de Londrina**. *Revista Brasileira Saúde Ocupacional*. V.27: 121-32, 2002.

ROSSI, A. M.; PERREWE, P. L.; SAUTER, S. L. **Stress e qualidade de vida no trabalho: perspectivas atuais da saúde ocupacional**. Editora: Atlas, 2007.

SANTOS, C. M. C.; OLIVEIRA, S. K. R.; GONÇALVES, J. S.; OLIVEIRA, L. P.; SALDANHA, M. C. W. **Levantamento das demandas ergonômicas dos motoristas dos circulares de uma universidade federal: um estudo de caso**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2009.

SEBASTIÃO, B.A.; MARZIELE, M.H.P.; ROBAZZI, M.L.C.C. **Uma revisão sobre efeitos adversos ocasionados na saúde de trabalhadores expostos à vibração**. *Revista Bahiana de Saúde Pública*. Salvador, 2007.

SILVA, L.R., MENDES, R. **Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores**. *Revista de Saúde Pública*; 39(1):9-17; 2005. Disponível em: [www.fsp.usp.br/rsp](http://www.fsp.usp.br/rsp) Acesso em: 12 abr. 2016.

SUTER, A. H. Naturaleza y efectos del ruído. **Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo**. Disponível em: <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/47.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

VUORI, I. **Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities**. *Research Quarterly for Exercise and Sport*; v. 66, n. 4, p. 276-285, 1995.