



## 1. INTRODUÇÃO

Com a competitividade inerente ao mercado, a sustentabilidade de uma empresa envolve ações de garantia da qualidade do produto e do processo de fabricação. Por sua vez, a garantia da qualidade deve ser efetiva se as informações por ela analisadas forem confiáveis e consistentes, papel esse que cabe à metrologia. A palavra metrologia pode ser dividida em duas partes “metro + logia”, a definição de metrologia, segundo VIM (2008), é a “ciência da medição e suas aplicações”.

Ao realizar uma medição, o erro e a incerteza estarão sempre presentes e dificilmente poderão ser totalmente eliminados, por isso a utilização da metrologia, cujo objetivo é minimizar o erro e a respectiva incerteza. O conhecimento do erro com uma determinada incerteza do que se está medindo ou monitorando é crucial para uma empresa, uma vez que pode fazer a diferença entre um produto de alta qualidade e um produto de baixa qualidade (BUNDAY et al., 2007).

O presente trabalho envolve soluções para a avaliação metrológica e operacional desses sistemas de medição, propondo uma solução segura e prática, utilizando-se parte do conceito de fotogrametria.

O termo fotogrametria, de acordo com suas origens, significa “medir graficamente usando luz”, dessa forma, concentra-se fundamentalmente em processar imagens, sejam em forma digital ou analógica, para obter imagens retificadas, modelagem 3D para animação ou visualização, além da interpretação de feições naturais e artificiais para aplicações espaciais ou temáticas (TOMMASELLI, 1994).

No atual cenário de uma indústria metalúrgica que tem como principal produto uma bucha para motor de arranque automotivo, encontra-se a necessidade de automatização dos processos de medições de parâmetros para controle de qualidade.

A busca pela qualidade é extremamente importante especialmente quando o produto final é fruto de uma série de processos, cada um com suas peculiaridades. Isso é particularmente crítico numa indústria metalúrgica, onde o produto final serve a aplicações onde não é permitido desempenho ruim, ou qualquer falha.

O processo de produção da bucha em questão passa por uma prensa e, por este motivo, a peça com medidas erradas se torna descartável onerando assim o custo final, pois será necessário refazer toda programação de produção. Tendo em vista que a precisão de medidas na peça em questão tem fundamental importância, pois cada lote produzido fora de padrão acarreta em sucateamento do produto, trazendo assim, prejuízo aos setores da empresa

O controle da qualidade da empresa analisada compreende na retirada, em média, de uma a cada 10 peças produzidas, assim sendo é realizada a medição da peça manualmente através de instrumentos de medição como paquímetro e micrômetro, seguindo princípios da metrologia. Este processo é um tanto lento.

Nota-se que variados processos executados na indústria metalúrgica para controle da qualidade da produção apresentam problemas operacionais e também pouca eficiência nos procedimentos de medições de peças. Nesse cenário, muitas vezes, encontram-se organizações que ainda utilizam ferramentas e métodos manuais, para realizações de tais procedimentos acarretando possíveis atrasos na continuidade da produção.

Por meio de técnicas de engenharia de software, é possível propor soluções de tecnologia da informação que permitam realizar um levantamento e uma análise de requisitos dentro desses processos críticos. Este processo é iterativo e de contínua validação de atividades, dessa forma pode permite a interação mais eficiente entre todos os *stakeholders* da empresa (SOMMERVILLE, 2011).

Aliado a técnicas de engenharia de software, metodologias podem ser aplicadas para facilitar a informatização e a interpretação dos processos e assim facilitar o controle da qualidade desses processos de medições. Através da captura de uma imagem, a qual, normalmente, corresponde à iluminação que é refletida na superfície dos objetos, realizada através e um sistema de aquisição. Estas informações são coletadas e armazenadas em uma base de dados e assim posteriormente serem realizadas comparações para o controle da qualidade.

Para realização deste trabalho, tendo em vista a produção de um protótipo, foi utilizada uma câmera para captura da imagem e comparação entre o modelo com as medidas ideais com peça produzida, esta câmera fica dentro de um gabarito onde a peça será inserida para poder ser fotografada.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta de tecnologia da informação para melhoria de processos de controle de qualidade de uma empresa metalúrgica do interior do estado de São Paulo. E buscando formas de demonstrar a eficácia do processo foi desenvolvido um protótipo que prevê a simulação da situação real em um gabarito físico, onde é realizada a captura da imagem e a ferramenta desenvolvida realiza o processamento e a comparação da imagem indicando se a peça está em conformidade aos padrões de qualidade desejáveis da empresa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada tendo como base uma empresa metalúrgica localizada no interior do estado de São Paulo. Inicialmente, foram analisadas experiência do dia a dia de funcionários que estão diretamente ligados ao processo de qualidade e PCP (Planejamento e Controle de Produção) da indústria e metodologias adotadas pela organização para a realização do controle da qualidade. Dessa forma, foram criadas hipóteses de implantação de melhoria visto que o mesmo apresentava problemas operacionais.

### 2.1 Descrições dos Recursos Utilizados

O gabarito foi construído em MDF (*Medium Density Fiberboard*) que é um tipo de placa de fibra com média densidade, em forma de retalhos que foram conseguidos em uma marcenaria da região, esse tipo de material possui alguns benefícios como: boa estabilidade; grande capacidade de absorção de tintas; e resistência.

Para a simulação do protótipo foram utilizadas algumas buchas de motor de arranque automotivo, produzida pela empresa metalúrgica analisada, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Bucha para motor de arranque automotivo produzida pela empresa analisada



Fonte: Próprio Autor, 2019

Foram utilizados recursos financeiros disponibilizados em aula, que estão listados na Tabela 1, descrevendo materiais e custos.

Tabela 1: Descrição dos recursos financeiros utilizados

Item	Valor (R\$)	Descrição
WEBCAM	40,00	Captura de imagem
Tinta Látex ¼ galão	7,20	Pintura do gabarito
Prego 10mm	5,50	Montagem gabarito
Pincel nº2	3,50	Pintura gabarito
Bastão cola quente	2,00	Montagem gabarito
<b>Total</b>	<b>58,20</b>	

Fonte: Próprio Autor, 2019

## 2.2 Tecnologias Envolvidas

A diversidade de aplicações do processamento de imagens está associada diretamente a análise da informação (ALBUQUERQUE, 2000). O Processamento Digital de Imagens – PDI não é uma tarefa simples, na realidade envolve um conjunto de tarefas interconectadas.

Após a captura por um processo de digitalização, uma imagem precisa ser representada de forma apropriada para tratamento computacional. Imagens podem ser representadas em duas ou mais dimensões (DE QUEIROZ, 2016)

Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz de pontos elementares, em que cada ponto recebe o nome de *pixel*. Quanto maior a quantidade de *pixels* melhor a resolução da imagem e conseqüentemente maior o seu tamanho (SOUZA, 2007).

As disciplinas que serviram de base no curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas – ADS, para o desenvolvimento deste trabalho foram: Engenharia de Software – devido aos conceitos adotados como “Desenvolvimento Ágil” abordado nas aulas desta disciplina. A utilização desta metodologia prevê a intercalação de fases de desenvolvimento e teste; Interação Humano Computador –IHC, em que os conceitos e práticas oriundos desta disciplina serviram de base para a interface gráfica do software em questão, pois é necessário que a mesma seja de fácil acesso e simples manuseio; Linguagem de Programação – LP, devido à utilização dos conceitos adquiridos nesta disciplina para o desenvolvimento do código fonte do software.

## 2.4 Metodologias de Desenvolvimento do Software

Durante o período de desenvolvimento, utilizou-se técnicas de engenharia de software para o levantamento de requisitos junto aos funcionários utilizando como base o modelo de prototipação. Sua construção é definida a partir da discussão entre a equipe responsável pelo processo e equipe de desenvolvimento. Pelo fato do estudo basear-se em um ambiente da área fabril, especificamente do setor metalúrgico, entendeu-se que as técnicas de engenharia de software escolhidas se adequariam melhor para um bom processo de desenvolvimento do produto.

Com base nos requisitos levantados, foi inicializada a fase de implementação e desenvolvimento do software em *web*, para poder rodar em qualquer máquina que tenha navegador (*Browser*), pois a linguagem escolhida prevê uma independência deste, sem precisar instalar absolutamente nada e futuramente poderá ser transportado para dispositivos móveis.

A linguagem escolhida foi *Java Web* especialmente para facilitar a geração e manipulação de conteúdo. Para o desenvolvimento, foram realizadas pesquisas sobre formas de implementação e bibliotecas de códigos, voltadas para imagens, em auxílio a seu desenvolvimento.

O software foi desenvolvido com o intuito automatizar o processo de medições das buchas fabricadas, dessa forma software realiza a comparação das imagens. Para programar as páginas de visualização, foi utilizada a plataforma IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) *NetBeans* Versão 8.2, um ambiente de desenvolvimento multiplataforma que auxilia programar, escrever, compilar, *debugar* e instalar aplicações. Seu objetivo é simplificar o desenvolvimento e aumentar a produtividade, pois reúnem em uma única aplicação todas estas funcionalidades. É totalmente escrita em JAVA, mas pode suportar outra linguagem de programação (SUN MICROSYSTEMS, 2017).

Na modelagem dos dados, foi utilizada a ferramenta oficial do *MySQL* unificada para desenvolvedores e Administradores de Banco de Dados (DBA – *Data Base Administrator*), *MySQL Workbench* Versão 6.3, um sistema de *design* visual de banco de dados que permite a integração, modelagem, desenvolvimento, criação e manutenção dos dados em um ambiente único. Combina características em uma interface clara e simples para oferecer a forma mais eficiente de lidar com seus bancos de dados. Utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language* – Linguagem de Consulta Estruturada) e ferramentas de administração do servidor de configuração do usuário (ORACLE, 2017).

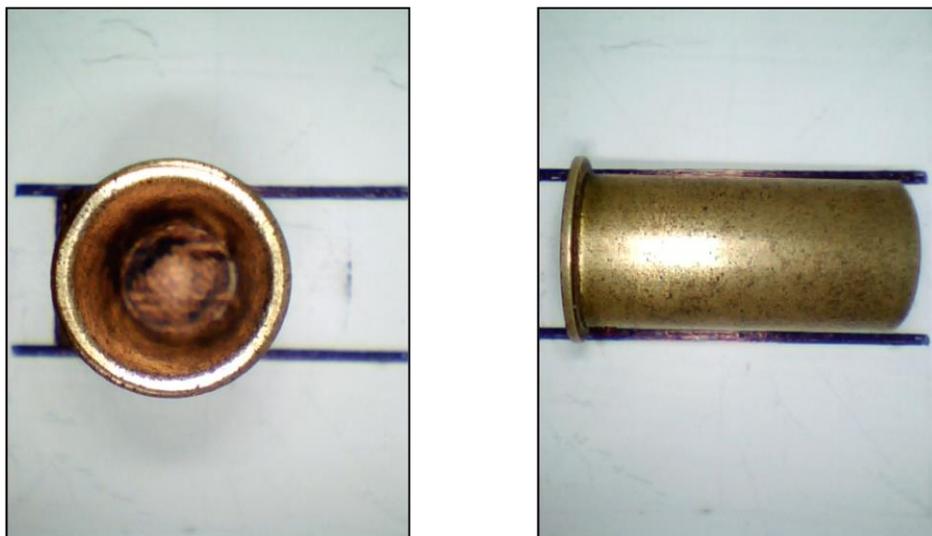
Para o gerenciamento da base de dados foi utilizado o *MySQL* que é um banco de dados *open source*. O *MySQL* foi escolhido em razão de sua velocidade, confiabilidade, facilidade de uso, e por utilizar a linguagem SQL. Suporta controle transacional, *Triggers*, *Stored Procedures* e *Functions*. Exige pouco dos recursos de hardware. É de fácil manuseio e replicação facilmente configurável (MYSQ, 2017).

O modelo de desenvolvimento adotado foi o FDD (*FeatureDrivenDevelopment*) - Desenvolvimento Orientado a Funcionalidades, pelo fato de ser um modelo ágil e adaptativo, com foco nas fases de desenho e construção. O modelo permite ainda a interação com outras metodologias, além de apresentar um desenvolvimento iterativo que enfatiza os aspectos de qualidade durante o processo e suporta rápidas adaptações às mudanças de requisitos e necessidades.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo para a simulação contou com a construção do gabarito que levou em torno de 5 horas para ser produzido e mais 3 horas para o alinhamento e demarcação da escala, a qual também é de suma importância para a comparação das imagens em si. A Figura 2 mostra as demarcações e o posicionamento correto da peça, em duas posições vertical e horizontal.

Figura 2: Posicionamento da peça nas demarcações do gabarito

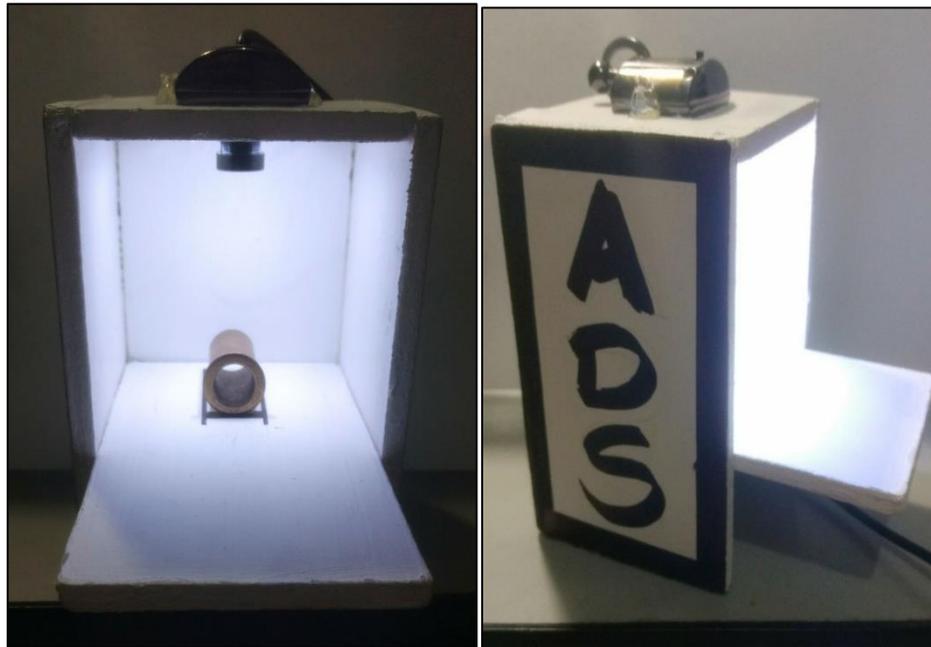


Fonte: Próprio Autor, 2019

No protótipo desenvolvido, também foi corretamente fixada uma câmera WEBCAM, possuindo luz que permite a eliminação de possíveis sombras que possam atrapalhar a captura da imagem. Assim basicamente, deve se posicionar a peça no local indicado no gabarito.

A Figura 3 mostra o gabarito criado, cuja função é o posicionamento correto da bucha para a captura da imagem e possíveis comparações posteriormente.

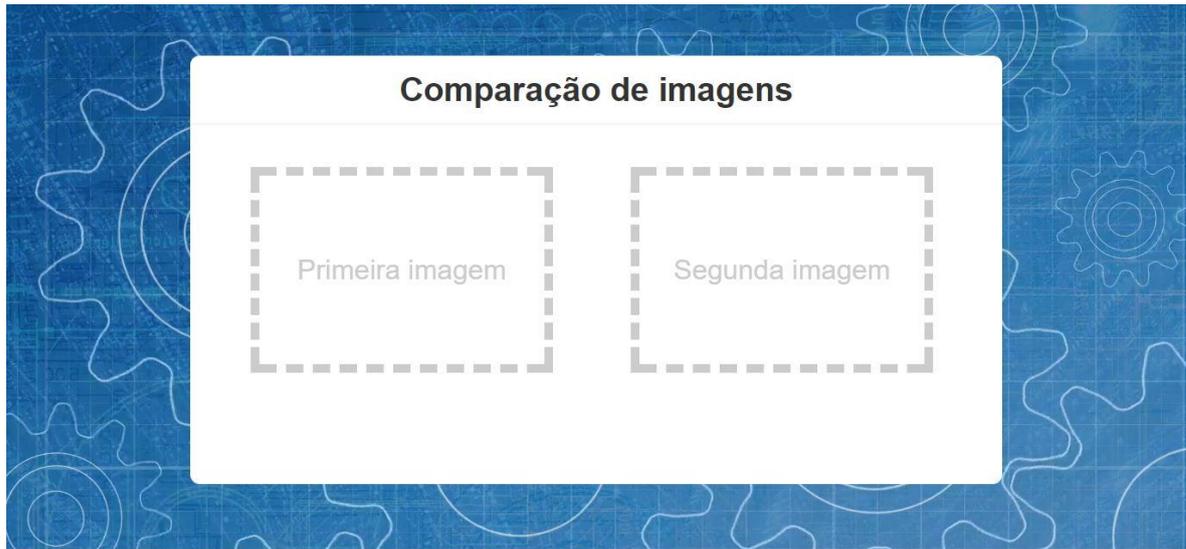
Figura 3: Gabarito para captura de imagens



Fonte: Próprio Autor, 2019

A versão final do software para comparação de imagem, como mostra a Figura 4, possui dois quadrados pontilhados indicando o local onde se deve posicionar a imagem a ser comparada. No local destinado “Primeira imagem”, deve-se arrastar a imagem modelo que segue os padrões de qualidade desejáveis pela empresa em questão. Esta servirá de base para dizer se a imagem que será arrastada no local destinado como “Segunda imagem” está “conforme” ou “não conforme”.

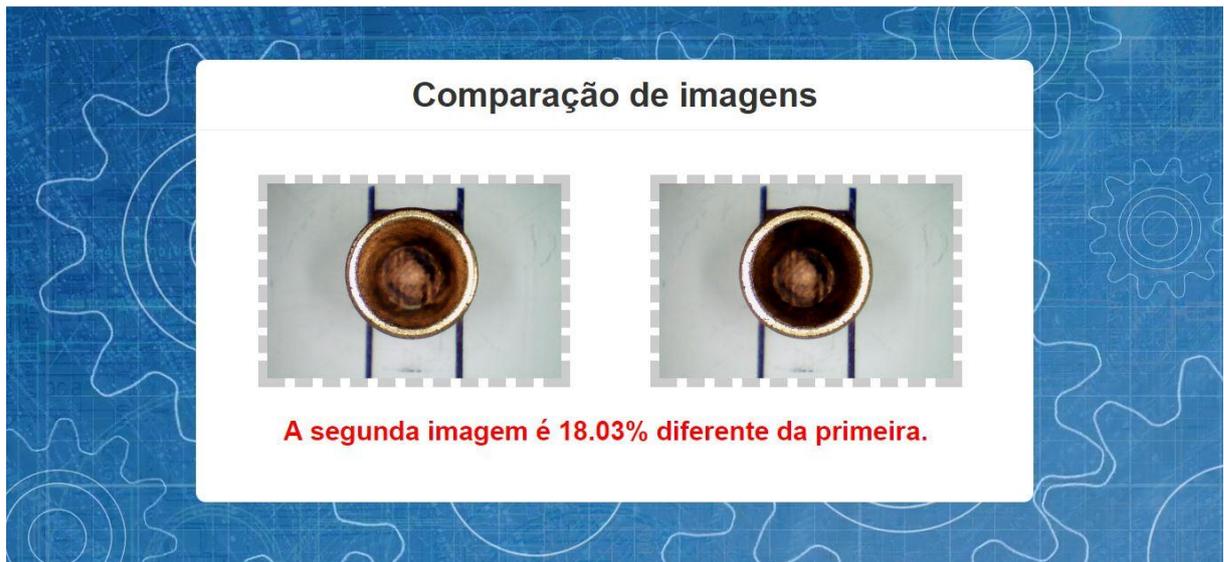
Figura 4: Versão final do software



Fonte: Próprio Autor, 2019

A Figura 5 mostra a comparação de imagem sendo não conforme aos padrões de qualidade da empresa.

Figura 5: Comparação de imagem sendo não conforme



Fonte: Próprio Autor, 2019

A Figura 6 mostra a comparação de imagem sendo conforme aos padrões de qualidade da empresa.

Figura 6: Comparação de imagem sendo conforme



Fonte: Próprio Autor, 2019

Com a implantação da ferramenta, foi possível otimizar o processo de controle da qualidade, que antes era feito de forma manual, medindo cada peça através de equipamentos específicos, coletando informações e as armazenando em planilhas.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e perante a análise realizada, é possível afirmar que, como protótipo, o projeto se demonstrou válido, pois pode otimizar o processo de controle da qualidade em que permite com a captura e comparação das imagens. Porém, para uma aplicação real, seria necessária e recomendada a aquisição de uma câmera de qualidade profissional, para que a captura das imagens pudesse ser em alta resolução.

#### REFERÊNCIAS

BUNDAY, B. D. et al. "Value-Added Metrology". *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Volume 20, Nº 3, pp 266-277. 2007.

DE ALBUQUERQUE, M. P. **Processamento de imagens: métodos e análises**. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas MCT, 2000.

DE QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. RITA, v. 13, n. 2, p. 11-42, 2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E), 2012.

MYSQL, **MySQL**, 2017. Disponível em < <http://www.mysql.com/about/> > Acesso em: 30 nov. 2017.

ORACLE. **MySQL Workbench 6.3**. 2017. Disponível em:

<<https://www.mysql.com/products/workbench/>>. Acesso em: 02 set. 2017.

ORACLE. **NetBeans IDE 8.2**. 2012. Disponível em: <<https://netbeans.org/>>. Acesso em: 02 set. 2017.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Education, p. 57-81, 2011.

SOUZA, T.; CORREIA, S. Estudo de técnicas de realce de imagens digitais e suas aplicações. **In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. 2007. p. 3-10.

SUN MICROSYSTEMS, **IDE Netbeans 8.2**, 2017 Disponível em:

<<https://netbeans.org/features/index.html>> Acesso em: 01 dez. 2017.

TOMMASELLI, A.M.G. **Implementação de um sistema fotogramétrico digital para reconstrução de superfícies a curta distância**. Projeto de pesquisa apresentado ao CNPq, 1994.

VIM. Vocabulário Internacional de Metrologia. Instituto Português da Qualidade, Lisboa, Portugal. 2008.