

PROJETO MECÂNICO NA AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE E TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA E DIMENSIONAL DAS BUCHAS AUTOMOTIVAS REVESTIDAS QUE OPERAM SOB PRESSÃO.

DOI 10.37619/issn2447-5378.v7i1.298.116-125

D. J. R. Marques^{1*}; A. M. J. Souza¹; M. L. S. Moura¹; R. A. Moura²;

1 Universidade de Taubaté – UNITAU. Rua Daniel Danelli, s/n – Vila Nossa Senhora das Graças, Taubaté/SP, CEP: 12060-440, Brasil.

Telefone: (12) 3622-4005

2. Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Professor Jessen Vidal

Av. Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1350 - Eugênio de Melo, São José dos Campos/SP, CEP.: 12247-014, Brasil.

Telefone: (12) 3905-2423

*dmarquesprojetos@gmail.com

RESUMO: Soluções com alta qualidade, desempenho e baixo custo operacional são primordiais para o sucesso de um projeto, haja vista que a filosofia fabril atual é produzir mais com menos. O objetivo desse trabalho é atender as necessidades de uma indústria automobilística criando um projeto no quesito qualidade na medição das buchas que integram os motores a combustão principalmente os da indústria de veículos. O método conta com uma vasta pesquisa literária sobre componentes eletromecânico-pneumáticos. O resultado foi uma redução do *lead time* permitindo simular colisões e posicionamentos com aumento da produtividade de 12 para 20 peças qualificadas por minuto. Conclui-se pela essencialidade do projeto para manter a competitividade da empresa e manutenção de empregos.

PALAVRAS-CHAVE: Buchas; empregabilidade; produtividade; projetos.

ABSTRACT: Solutions with high quality, performance and low operating cost are paramount for the success of a project, since the current factory philosophy is to produce more with less. The objective of this work is to meet the needs of an automobile industry in terms of quality in the measurement activity of bushings that integrate combustion engines, especially those of the vehicle industry. The method relies on extensive literary research on electromechanical-pneumatic components that if well explored can yield a successful project. The result was a reduction in lead time, the ability to simulate collisions and poor positioning and increase productivity from 12 to 20 qualified parts per minute. Conclude that machine design is essential to maintain the company's competitiveness and job maintenance.

KEYWORDS: Bushes; employability; productivity; projects.

1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário altamente competitivo nos dias de hoje, o mercado vem buscando a cada dia, mais soluções com alta qualidade, desempenho e baixo custo operacional e para atender tal demanda, as empresas vêm trabalhando na aplicação de novas tecnologias em diversos setores produtivos.

A indústria automobilística nos últimos anos impulsionou um significativo desenvolvimento na qualidade de medição dos elementos que compõem todos os motores a combustão principalmente os da indústria de veículos. O crescimento exige a necessidade de equipamentos, dispositivos e leitores precisos e de fácil acesso, ou seja, há um avanço nos sistemas de medições, principalmente na metrologia de componentes, como por exemplo, o controle das buchas que trabalham sobre pressão (MOURA *et. al.*, 2019).

Nesse contexto, a medição diametral da bucha sob pressão é uma característica significativa e de qualidade para motores à combustão. Infelizmente devido à diversidade de materiais e processos de embutimento, muitos dos problemas de qualidade metrologia e funcionalidade têm a ver com o descontrole de parâmetros os quais as buchas são submetidas durante o processo de montagem.

Devido ao material das buchas, aço carbono, e liga de cobre, durante o processo de união metálica é inerente ao processo à primeira ocorrência de deformação e onde é essencial o controle diametral. Aliado ao controle diametral está também à baixa produtividade e dificuldades comparativas dos instrumentos de medição (BRASIL, 2019).

A proposta é desenvolver um dispositivo de medição de diâmetro sob pressão que garanta a interferência de montagem entre o diâmetro externo da bucha e o diâmetro interno do alojamento do motor, e dessa forma dispensando qualquer dispositivo para comparação exceto quando a norma assim o exigir (ISO 17025, 2005).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme Niemann (2002), equívocos de projetos mecânicos ou de máquinas, origina-se por uma análise incompleta de todo o problema. Dessa forma, Norton (2014) recomenda elaborar estudos prévios como croqui, modelo matemático e verificação de ensaios virtuais.

2.1. Aços ABNT 1008 para projetos mecânicos

O aço 1008 é um aço carbono com aproximadamente 0,08% de carbono, ou seja, pertence a família dos aços de baixo carbono e tem propriedades mecânica quando solicitados, relativamente baixa quanto a resistência mecânica, porém tem ótimo desempenho no que tange a conformação e soldabilidade, ou seja, permite uma coalescência ideal para junção de elementos de máquinas e alojamentos de pinos e buchas.

Mundialmente e fabrilmente, o aço ABNT 1008 é reconhecido com a nomenclatura industrial SAE 1008 ou AISI 1008, que segundo as normas da SAE (*Society of Automotive Engineers* - EUA), utilizada globalmente para aços sem adição de elementos de liga além dos que residuais que permanecem em sua composição durante seu processo de fabricação. A classificação SAE baseia-se na composição química do aço, pois a cada composição normalizada pela SAE, o tipo do aço e sua nomenclatura corresponderão a uma numeração com quatro ou cinco dígitos. A mesma classificação também é adotada pela *American Iron and Steel Institute* (AISI). Pode-se reconhecer que não há distinção no uso das nomenclaturas ABNT, SAE ou AISI, pois é um material utilizado para obtenção e peças por extrusão, ou para se conformar a temperatura ambiente na forma de chapas (SAE, 2019).

2.2. Coeficientes de tensão e segurança para projetos mecânicos

O aço pode conter imperfeições ou particularidades oriundas de seu processo de fabricação que interfiram em suas propriedades mecânicas e sanidade estrutural, como a presença de inclusões ou tensões internas, e para verificar, são necessários ensaios em corpo de prova buscando a compensação pelo profissional com sua devida análise de responsabilidade técnica (ART) no sentido de dar limite a tensão do material a um nível seguro, isto é, trabalhar com uma tensão

admissível definida dentro de índices de segurança que é obtido por uso do Fator de Segurança ou ainda coeficiente de segurança (SHIGLEY, 2011).

O coeficiente de segurança é usado no dimensionamento dos elementos de construção para equilibrar a qualidade de construção, segurança, e o orçamento, pode ser definida pela escolha do coeficiente de segurança que é feita com base no memorial de cálculos por que projeta. O fator de segurança é aplicado conforme analisado o material, frequência de carregamento e exigência da máquina, que a sujeita a falha por fadiga, local de uso, posto de trabalho, tipo da operação e intercâmbios entre operadores, deterioração, tipo de controle e manutenções, substituição das peças avariadas ou não conforme e interação dos operadores com a máquina e redundâncias de segurança em bom estado de funcionamento e operabilidade (IIDA e BUARQUE, 2016).

2.3. ABNT 17025 para projetos mecânicos

A ABNT 17025 pode dispensar de suas exigências quando um dispositivo de medição ou metrologia, conforme o projeto em questão, garantir a interferência de montagem entre o diâmetro externo e o diâmetro interno, dando especificações máximas e mínimas que garantam a repetibilidade e intercambialidade entre os elementos de máquinas. Um dispositivo para comparação sob as regras da ISO 17025 será exigido em calibrações oficiais e quando houver a mínima dúvida do perfeito funcionamento de máquina ou dispositivo de medição, sendo uma forma de demonstrar um nível de confiança dos resultados por meio da acreditação e dos ensaios realizados (ABNT 17025, 2005).

2.4. Buchas automotivas bi metálicas

Buchas é um elemento de máquina que representa um mancal de deslizamento com formato cilíndrico. A produção de buchas bi metálicas, consiste em uma base de aço com uma ou mais camadas de liga antifricção no seu diâmetro interno conforme ilustrado na Figura 1 e ainda, possuir uma partição ao longo da largura, fazendo com que o elemento deslizante consiga atingir seu objetivo sem falhar (SHIGLEY, 2011).



Figura 1. Buchas bi metálicas com aço e revestimento de cobre.

As buchas são fabricadas com materiais antifricção. Normalmente não apresentam a camada de revestimento, porém recebem uma camada de estanho ou outra liga protetora contra oxidação

como, por exemplo, buchas bi metálicas com aço e bronze (NIEMANN, 2002).

A Figura 2 ilustra os tipos mais comuns de buchas bi metálicas utilizadas na indústria (SHIGLEY, 2011).

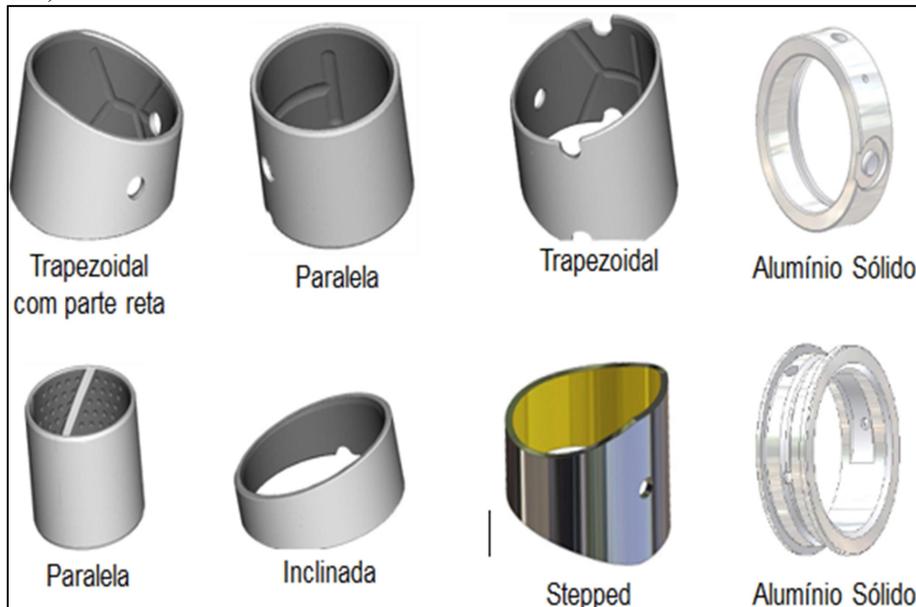


Figura 2. Tipos de buchas bi metálicas.

2.5. Aplicação da bucha no motor

Existem diversos tipos de buchas em diferentes posições em um motor, conforme ilustrado na Figura 3 e a três principais aplicações estão alojadas na região do eixo de comando, nos balancins e no olhal menor da biela (NIEMANN, 2002).

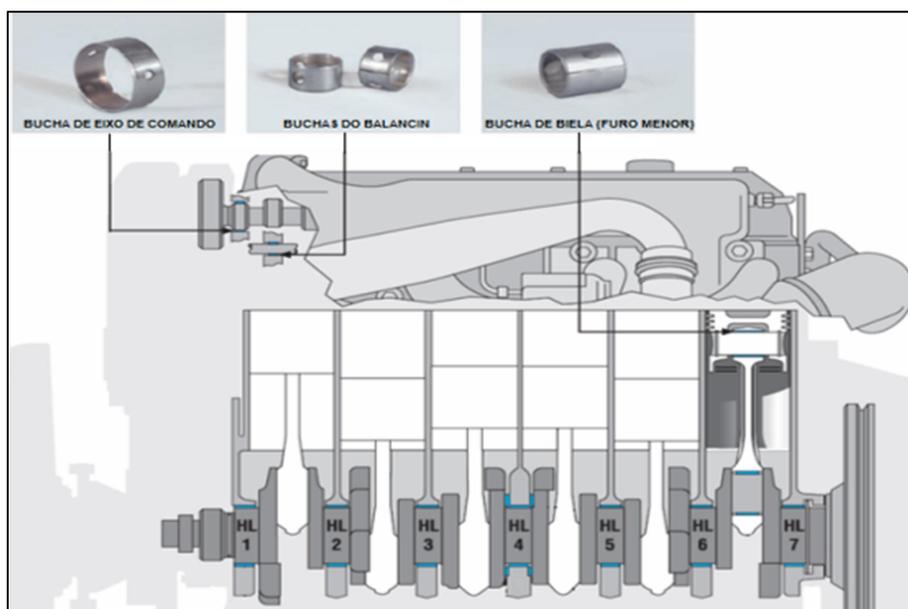


Figura 3. Localização das buchas no motor a combustão.

A função principal do revestimento da bucha automotiva bi metálica é oferecer uma superfície de sacrifício que ofereça uma menor resistência e conseqüentemente garanta um nível de ruído de

todo conjunto menor. Também deve resistir a cargas altas, particularmente á de alto impacto causado pelo funcionamento do motor e principalmente na fase da combustão. Há vários tipos de buchas automotivas bi metálicas, que atende diversas aplicações e a Figura 4 ilustra uma montagem da bucha no furo menor da biela, destacando a localização das buchas em diversas áreas do motor, nesse caso de seis cilindros.

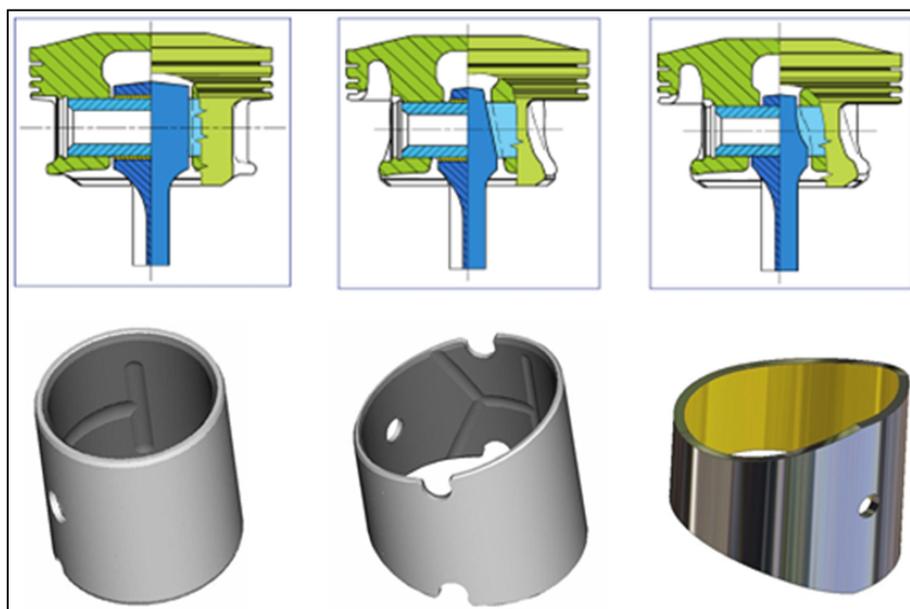


Figura 4. Localização das buchas na biela do motor a combustão.

2.6. Características de montagem da bucha bi metálica no motor

Segundo Shigley (2011), na montagem da bucha no alojamento de um motor, observa-se duas características principais que são a interferência no diâmetro exterior e interno da bucha, conforme ilustra a Figura 5 sobre a montagem da bucha bi metálica no furo menor da biela.

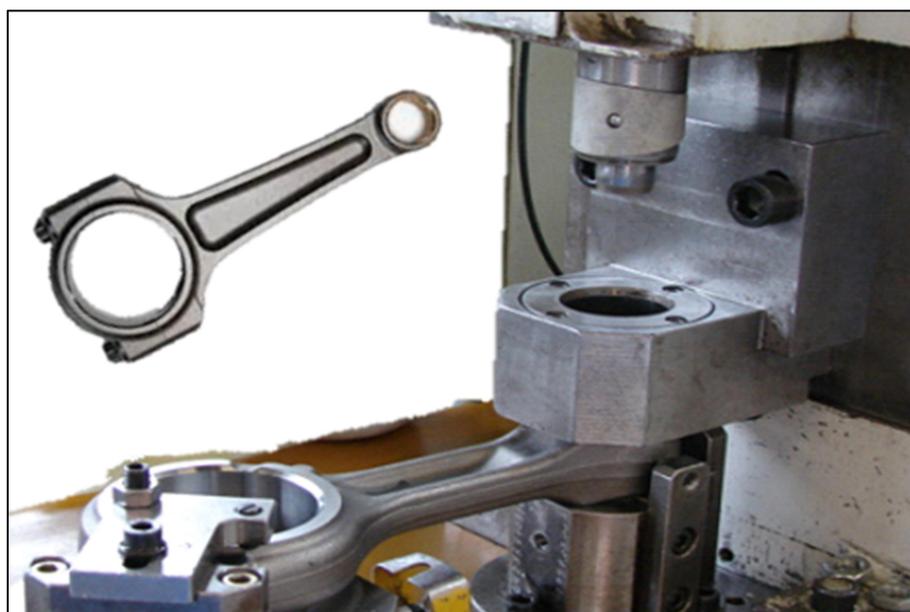


Figura 5. Montagem da bucha no furo menor da biela.

O ajuste e o perfeito encaixe fixa de forma firme a bucha no furo eliminando movimentos do eixo indesejáveis quando em operação no conjunto (STONE, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada conta com desenvolvimento e execução do trabalho, utilizando a experimentação para a validação da hipótese proposta. Conforme o sentido dicionarizado, um dispositivo de confiança e repetibilidade requer um ensaio científico destinado à verificação dos fenômenos físicos e mecânico que podem afetar o resultado (FERREIRA, 2009).

Os materiais utilizados no desenvolvimento do projeto do dispositivo foram o programa *Autodesk Inventor* para modelagem e detalhamento dos desenhos e análise de elementos finitos para o estudo das tensões e deformações no dispositivo, seguindo a formulação e cálculo do problema conforme é ilustrado na Figura 6.



Figura 6. Formulação e cálculo do problema.

Após serem realizadas as delimitações gerais do projeto, foram definidas, como resultado a qualidade na medição, conforme croqui da concepção inicial do projeto e o conceito de funcionalidade ilustrado na Figura 7.

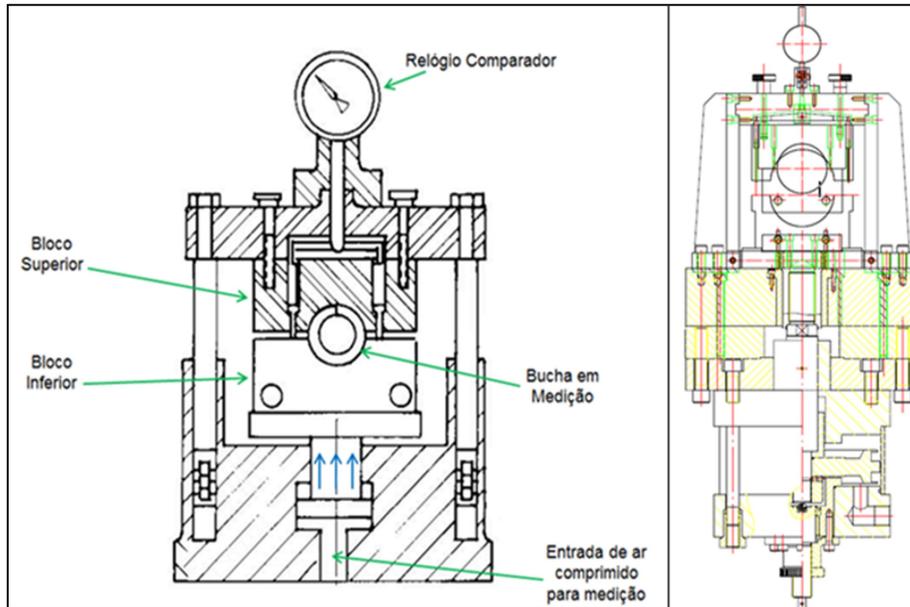


Figura 7. Conceito e croqui do dispositivo.

3.1. Cálculo de forças resultantes

Após ser desenvolvido o cálculo de resistência no ponto mais crítico do dispositivo, é possível identificar nas forças da superfície conforme indicado na Figura 8.

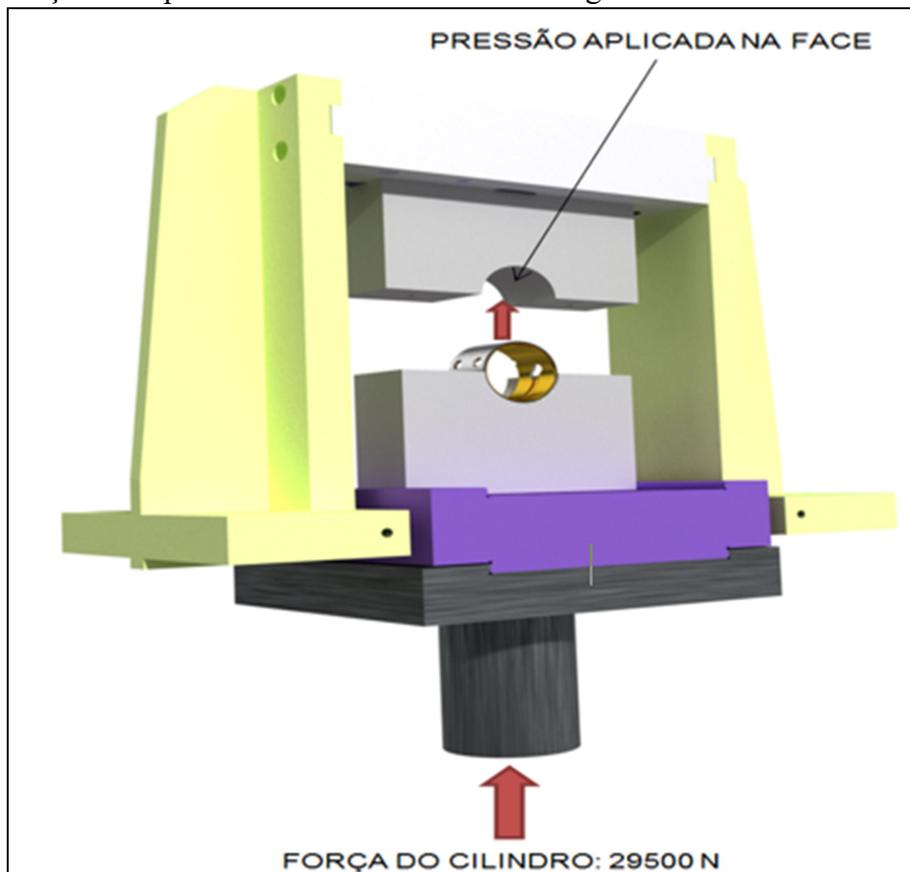


Figura 8. Bucha usada no processo de medição e metrologia.

3.2. Análise estrutural por elementos finitos

Foi utilizado no software *Inventor*, módulo de elementos finitos e suas forças, sendo estudados os esforços e as cargas atuantes no dispositivo, que está na escala de Von-Mises e as tensões mínimas e máximas admissíveis para o conjunto montado, identificadas em vermelho como os pontos que requerem cuidados ou práticas controladas para a execução do projeto mecânico do dispositivo para controle e metrologia de precisão diametral das buchas automotivas alojadas sob pressão, conforme é ilustrado no ensaio matemático da Figura 9.

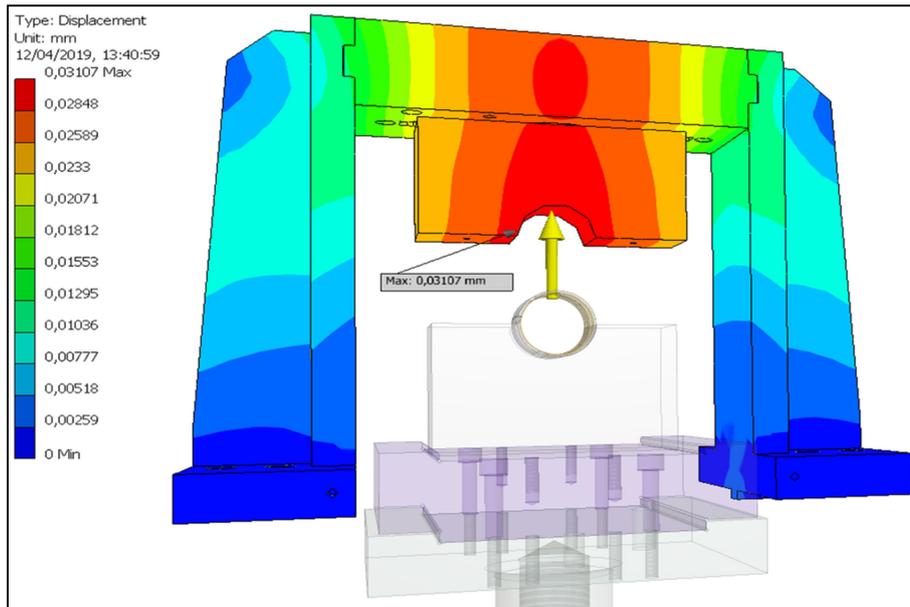


Figura 9. Análise de tensões pela escala de von-Mises no conjunto

3.3. Fabricação do dispositivo

Com base nos ensaios virtuais foi fabricado o dispositivo, sendo validado conforme ilustra a Figura 10.

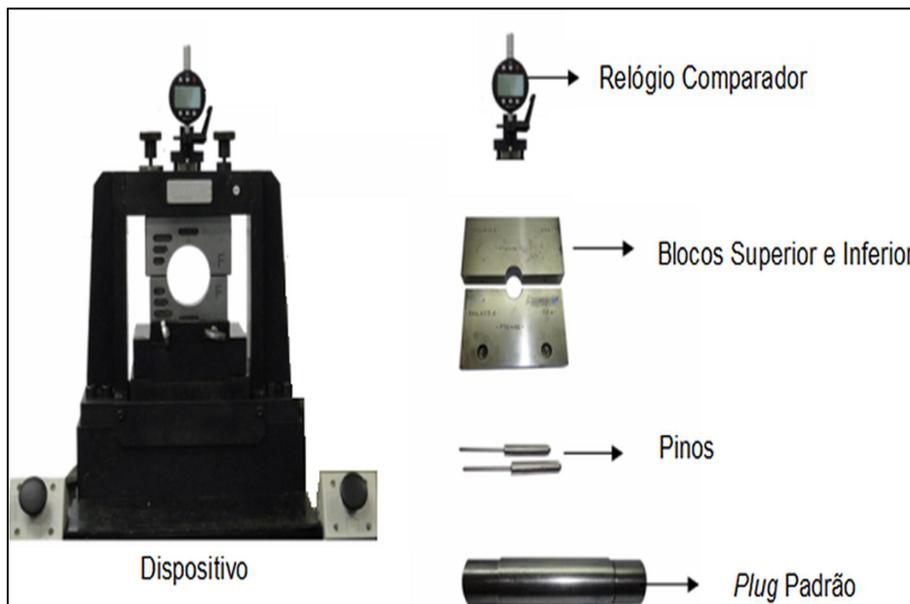


Figura 10. Imagem do dispositivo fabricado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do projeto adotado demonstra ganhos expressivos e importantes para um bom desempenho dos trabalhos, maior confiabilidade na garantia da qualidade e conseqüente satisfação do cliente, devido a repetibilidade e confiança nas dimensões controladas das buchas. A Tabela 1 demonstra os principais resultados.

Tabela 1. Comparação com os principais resultados

Produtividade	Antes do projeto	Após o projeto	Melhoria
Peças qualificadas por hora	12	20	40%
Confiabilidade do ensaio (%)	30	93	67%
Setups para auditoria (min)	8	4	50%

O ponto forte do dispositivo é a robustez do equipamento, com alto fator de segurança para seus componentes, e principalmente a qualidade da medição, garantindo a especificação de montagem com repetibilidade e confiabilidade aliado ao aumento da produtividade horária que evitará que o cliente receba peças não conforme.

5. CONCLUSÃO

O objetivo inicial do projeto foi atingido, visto que o desenvolvimento e construção do protótipo virtual proposto foi concluído com a confecção e validação do protótipo físico, que cumpre fielmente os requisitos esperados durante os testes e simulações aplicados.

O resultado foi um aumento de 40% na produtividade no controle da tolerância dimensional e geométrica horária das buchas, assim como, a confiabilidade passou de 30% para 67% por hora com redução nos *setups por hora* de 50%. A confiabilidade com o aumento da qualificação horária permitiu auditar um maior número de buchas e dessa forma evitar que peças fora das dimensões desejadas cheguem ao cliente.

Conclui-se que este artigo traz uma contribuição para a disseminação da aplicação de técnicas na solução de problemas nas áreas correlatas aos eixos tecnológicos e de qualidade, através de um correto e validado projeto mecânico de um dispositivo para controlar o dimensional e qualidade das peças quanto a sua precisão diametral, sua interferência e folgas durante a montagem e dessa forma, as buchas bi metálicas automotivas podem ser alojadas nos elementos de máquina dos motores sem afetar a confiabilidade de todo o conjunto.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. Normalização dos Requisitos para ensaios sob competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. ABNT. Rio de Janeiro. 2005.

BRASIL. Associação Brasileira de normas técnicas. ABNT 1008. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/09/aco-sae-1008-propriedades-mecanicas.html>. Acesso em 12 mai.2019.

FERREIRA, A. B. H. Dicionário da língua portuguesa. 4ed, Curitiba: Positivo, p. 2120. 2009.

IIDA I.; BUARQUE L. Ergonomia Projeto e Produção. São Paulo: Blucher, 2016.

LUZ, G. Manual operacional da fabricante e siderúrgica Arselor Mital. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/12/tensao-admissivel.html>. Acesso em 12 mai.2019.

MOURA, R. A.; JESUS, N. M. R.; SOUZA, R. S. **Antropometria e ergonomia como ferramentas de vanguarda produtivas nas indústrias do futuro.** Revista SODEBRÁS. Volume nº 14. Edição nº 157. Janeiro/2019, p.109-112. ISSN. 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2019.157>.

NIEMANN, G. Elementos Máquinas, Volume I e 2. Ed. Edgar Blusher, 2002.

NORTON, Robert L. Projeto de máquinas. Bookman Editora, 2013.

SAE. *Society of Automotive Engineers*. Aço baixo carbono. Disponível em: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_SAE. Acesso em 12 mai.2019.

SHIGLEY, M. **Projeto de Engenharia Mecânica.** 7ª Edição. Reimpressão 2011.

STONE, R.; BALL, J. K. **Automotive engineering fundamentals.** Michigan - USA. SAE Technical Paper. 2004.