Desenvolvimento de Dispositivo Mecânico de Teste de Concentricidade com Jato D'Água em Injetores de Fogões



Luiz Augusto Merka[1] e Leonardo Cavalheiro Martinez[1]
[1] UNIFACEAR – Centro Universitário

RESUMO

A qualidade exigida por um cliente vem sendo requisitada cada vez mais quando se refere à concentricidade do injetor de gás para fogões. Com isso, o desenvolvimento de um dispositivo mecânico de teste jato d'água se torna uma inequívoca contribuição para a solução de possíveis problemas relacionados a este contexto. Dessa forma, tem-se como objetivo deste trabalho (i) o projeto em sistema CAD, (ii) a usinagem dos componentes do dispositivo, (iii) a estampagem de uma caixa para armazenamento de componentes eletrônicos, (iv) a montagem final e, consequentemente, (v) a realização de testes e validações realizadas pela empresa que fornece o injetor. Sendo assim, para a elaboração e produção deste dispositivo, foi necessária a utilização de um sistema CAD, que se tornou a maneira mais fácil para o desenvolvimento do projeto do dispositivo, para a usinagem dos componentes principais, para a montagem da haste de teste e, também, para a estampagem da caixa de armazenamento. A montagem final realizada dentro da empresa x, foi realizada pelo setor de desenvolvimento e engenharia. Os testes e validações realizados de maneira consecutiva a todos os processos de usinagem da peça a ser testada, mostraram que a necessidade deste dispositivo mecânico de teste jato d' água era extremamente importante, pois, com o desenvolvimento do mesmo, a empresa é capaz de verificar que o processo de usinagem não estava de acordo e que as peças a serem testadas não estavam atendendo, assim, a exigência do cliente. Com as melhorias impostas pela empresa no sistema de usinagem da peça a ser testada, o dispositivo mecânico entrou em funcionamento, realizando assim os testes de concentricidade do injetor, a cada injetor testado, o dispositivo demonstrava que poderia diferenciar os injetores fora de concentricidade e os com concentricidade dentro da tolerância estipulada, sendo assim os testes realizados foram satisfatórios.

Palavras-Chave: Teste de Concentricidade, Dispositivo de Teste Jato D'Água, Sistema CAD.

ABSTRACT

The quality demanded by a customer has been increasingly demanded when it comes to the gas injector's concentricity for stoves. With this, the development of a mechanical water jet testing device becomes an unequivocal contribution to the solution of possible problems related to this context. In this way, the objective of this work is (i) the CAD system design, (ii) the machining of the components of the device, (iii) the stamping of a box for the storage of electronic components, (iv) , consequently, (v) performing tests and validations performed by the company that supplies the injector. Therefore, for the development and production of this device, it was necessary to use a CAD system, which has become the easiest way for the development of the device design, for machining the main components, for assembling the test rod and, also, for the stamping of the storage box. The final assembly carried out within the company x, was carried out by the development and engineering sector. The tests and validations carried out in a manner that supports all the machining processes of the part to be tested, showed that the necessity of this mechanical device of waterjet testing was extremely important because, with the development of the same, the company is able to verify that the machining process was not in agreement and that the parts to be tested were not meeting, therefore, the requirement of the customer. With the

improvements imposed by the company in the machining system of the part to be tested, the mechanical device went into operation, performing the concentricity tests of the injector, with each injector tested, the device showed that it could differentiate the injectors out of concentricity and the with concentricity within the stipulated tolerance, thus the tests performed were satisfactory.

Key Words: Concentricity Test, Water Jet Test Device, CAD System.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento do mercado relacionado a fogões de cozinha residencial, a busca por fornecedores de alta qualidade vem crescendo cada vez mais. Muitas vezes, a compra destes produtos está relacionada ao design e também à qualidade. Por este motivo, os fabricantes de fogões apresentam uma grande preocupação para estarem atualizados às demandas do mercado, tanto brasileiro quanto internacional.

Devido à escassez de dispositivos de teste, tais como, a concentricidade do furo do injetor e a vazão do furo em relação ao volume de passagem do gás estipulado pelo cliente para venda no mercado, se faz necessária a elaboração de dispositivos que consigam evitar possíveis falhas de fabricação. Sendo assim, cada vez mais as empresas tendem a se adaptar ao mercado, projetando seus próprios dispositivos de testes, na busca pela melhor maneira de atender as necessidades impostas pelos clientes.

Um dispositivo será desenvolvido para suprir uma necessidade e exigência de um determinado cliente da empresa “x”, para que a validação do injetor seja feita dentro dos parâmetros impostos. Estes parâmetros foram impostos em relação a necessidade que um fogão possui de realizar a queima eficaz do gás dentro do seu ciclo de funcionamento. Através disso, a exigência do cliente se trata de um teste de concentricidade que a empresa “x” deve realizar para garantir que a injeção do gás seja enviada de forma correta para a câmara de queima do gás. O dispositivo deve apresentar um grau de funcionalidade entre 95 e 100%.

Contudo, o Objetivo Geral desse artigo é realizar um estudo sobre um dispositivo teste de jato d’água para avaliar a concentricidade de furos em bicos injetores de fogões. Os diâmetros dos furos a serem testados serão de 0,65 mm, 0,72 mm, 0,90 mm, 2,00 mm e 2,20 mm.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USINAGEM

A usinagem trata-se de um termo que envolve vários processos de manufatura, envolvendo a remoção do material. Kalpajian (2000), expõe que a remoção do material visa simplesmente a obtenção de formas finais, acabamento superficial adequado e, também, o alcance de dimensões previamente definidas. Quase todos os produtos manufaturados têm componentes que sofreram o processo de usinagem.

Conforme explica Peckener (1977) e *Metals Handbook* (1989), os processos de usinagem possuem variáveis independentes conforme destacadas na FIGURA 1, de entrada como, por exemplo, (i) o material a ser usinado, (ii) a geometria obtida através do material, (iii) a seleção do processo de usinagem, (iv) a ferramenta de corte recoberta ou não, (v) os parâmetros de corte, (vi) a geometria da ferramenta e (vii) o fluido de corte. Já as variáveis dependentes podem ser destacas (i) pelas forças de corte, (ii) pela ferramenta, (iii) pelo fluido do material a ser usinado e (iv) pelo acabamento superficial. De acordo com Shaw (1984), a rugosidade está diretamente relacionada com a integridade da peça, sendo assim um dos aspectos mais importantes a serem avaliados.

Conforme Carreas e Fernanda (2008) o processo de torneamento, que é um dos principais processos de usinagem, consiste, basicamente, na utilização de ferramentas com corte em um único ponto, o qual pode ser fixo. A ferramenta remove o material de uma peça que rotaciona em torno de um eixo, conforme ilustrado na FIGURA 1. Os termos fn, v_c e a_p denotam, respectivamente, o avanço da ferramenta, a velocidade de corte e a profundidade de corte. Vale destacar que o processo deve ser analisado para que não ocorra desgaste excessivo na ferramenta, o que abrange as usinagens em um torneamento são designadas, velocidade de corte, avanço e profundidade de corte.

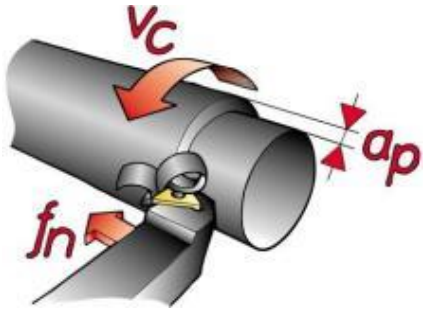


FIGURA 1: TORNEAMENTO
FONTE: SISTEMA FIEB (2016)

A velocidade de corte está diretamente relacionada à velocidade instantânea do movimento de corte; geralmente é expressa em m/min (metros/minutos). Já o avanço consiste, basicamente, na distância percorrida pela ferramenta e, por fim, a profundidade de corte é a espessura de material removido da peça (Carreas e Fernanda 2008).

2.1.1 Usinagem de Polímeros

Seguindo a explicação de Donaldson e Petterson (1984), durante o processo de usinagem de um material metálico é gerado grande quantidade de calor devido ao atrito entre a peça e a ferramenta. Em relação à usinagem de polímeros, devido às suas baixas condutividades térmicas, a maior parte do calor é removida pela própria ferramenta e isso acaba ocasionando um aumento de temperatura na região de corte. Tais características influenciam no processo de usinagem em, basicamente, duas maneiras. São elas: Aumento do desgaste da ferramenta; Redução da qualidade da superfície usinada.

2.1.2 Usinabilidade

Conforme *Metals Handbook* (1989), a usinabilidade do material é um parâmetro extremamente importante, pois está relacionado às propriedades mecânicas como, por exemplo, a resistência do material, a dureza e a ductilidade. Na verdade, a usinabilidade descreve características operacionais da ferramenta de corte. Já de acordo com Peckener (1977), a usinabilidade do material é influenciada por vários fatores como, por exemplo, a composição química, a microestrutura, a resistência do material e o avanço utilizado na usinagem.

2.1.3 Tecnologia CNC

Vonortas e Xue (1997) estudaram a implementação de tecnologia CNC, sendo assim a aplicação de máquinas com ferramenta a controle numérico vem crescendo cada vez mais em países desenvolvidos e países subdesenvolvidos, pois esta implementação ajuda na elaboração de programas para o trabalho de operadores e colaboradores fique mais rápida e eficaz.

A maioria das empresas investem em máquinas de ferramentais CNC para poder aumentar a capacidade competitiva e produtiva através do aumento da flexibilidade, da melhoria da qualidade e, também, da redução dos tempos de ciclos e redução de refugos relacionados à produção (Correr, Junior e Martins, 2005).

2.1.4 Pré-Ajustagem de Ferramentas

Segundo Simon (2001), uma das maiores parcelas de tempo na preparação das máquinas é consumida na pré-ajustagem das ferramentas, ou seja, na determinação e correção de suas medidas. As reduções dos tempos envolvidos nessa etapa são de fundamental importância para se obter o maior tempo produtivo possível disponível na máquina.

Seguindo a explicação de Wick (1995), a operação de pré-ajustagem da ferramenta consome, em média, de 50 a 75% do tempo gasto na substituição de uma ferramenta. Ou seja, ajustar cada ferramenta utilizando esse processo pode ser muito demorado. Durante todo este processo, as máquinas estão produzindo cavaco, o que pode comprometer a sua produtividade.

2.2 ESTAMPAGEM

Conforme explica Chiaverini (1986), existem várias formas de conformação mecânica e, cada uma delas, são caracterizadas pela elevada deformação do material, sendo generalizada ou localizada, entre vários processos que estão dentro desta tecnologia, pode-se destacar os processos de estampagem convencional, as etapas que ocorrem em uma estampagem convencional, são, esmagamento do material, cisalhamento e ruptura.

De acordo com Dieter (1981), a estampagem é um processo de fabricação que, geralmente, é realizado a frio. É utilizado com enfoque em processos de cisalhamento, dobra ou embutimento de um material qualquer, que pode ser metálico ou não metálico. Assim, estampagem por cisalhamento, como o próprio nome sugere, tem como objetivo cisalhar a matéria-prima, visando obter um produto final. O processo possui três etapas que podem ser vistas na FIGURA 2.

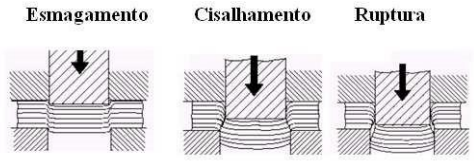


FIGURA 2: ETAPAS DO PROCESSO DE ESTAMPAGEM POR CISALHAMENTO
FONTE: BRITO (2004)

2.3 CORROSÃO

Segundo Pannoni (2004) de forma geral as corrosões de metais, podem envolver uma variedade de mecanismos e fatores, a maioria dos fenômenos ocorrem através do meio ambiente, um dos principais causadores da corrosão em materiais é a água. Outro meio de corrosão é a atmosférica, que tem a maior incidência e ocorre pela condensação da umidade na superfície do metal.

De acordo com Tremarim *et al.* (2007), o fenômeno de corrosão em meios aquosos pode ser caracterizado por processos eletroquímicos. Para uma reação ser

considerara eletroquímica, ela deve ser associada a uma passagem de corrente elétrica através de uma distância finita.

2.4 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE AUXÍLIO AO PROJETO – CAD

Pahl e Beitz (1996) designam que a utilização de tecnologia da informação pode ser utilizada para a melhoria do produto, como a redução do custo em projetos e na produção. Com isso, os autores definem que CAD se trata que este sistema é a técnica do trabalho de projetos automaticamente interligadas com o uso de computadores para o aproveitamento de programas apropriados.

Rehg e Kraebber (2005) afirmam que o CAD é a aplicação de computadores e *softwares* gráficos para o auxílio ou melhoria do projeto desde a conceitualização até a documentação e, consequentemente, sendo assim servindo de base para cada processo do projeto. Os autores ainda complementam que o CAD é uma das principais tecnologias para um processo de elaboração de projeto e, também, para o desenvolvimento em uma manufatura integrada por computador (CIM).

2.5 MÁQUINAS DE FLUXO

Segundo Ricardo Böhn *et al.* (2015), as máquinas de fluxo tendem a ter uma finalidade denominada como máquina motriz, isso significa, transformar a natureza que a energia fornece em trabalho mecânico, ou também, como uma máquina operadora, transportar um fluído, por exemplo, de um local de baixa pressão, para outro local de alta pressão. Quando a máquina trabalha como motriz, é chamada de turbina e, quando trabalho como operadora, é denominada bomba.

2.5.1 Bombas Centrífugas

Segundo Meneghini e Sarmento *et al.* (2017), bombas centrífugas funcionam junto ao movimento do giro do rotor, a bomba succiona o fluído através de um bocal e escoa o mesmo para fora de sua carcaça. A energia está diretamente interligada com o impelidor, que aumenta a pressão e a velocidade absoluta ao longo do escoamento do fluído pela saída.

Pode ser determinado um aumento real de carga do fluído gerado pela bomba, utilizando a equação de energia, considerando hr = he - hl, onde “he” é a carga de trabalho do eixo e “hl” é a perda de carga na bomba.

$$hr = he - hl \tag{1}$$

A eficiência de uma bomba é definida como a soma de três eficiências básicas, são elas:

(ηh) - eficiência hidráulica
(ηm) - eficiência mecânica
(ηv) - eficiência volumétrica

$$\eta b = \eta h + \eta m + \eta v \quad (2)$$

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 PROJETAR E DESENVOLVER UM DISPOSITIVO MECÂNICO DE TESTE JATO D'ÁGUA

Para que ocorra o desenvolvimento do dispositivo, serão utilizados parâmetros de engenharia impostos pela empresa "x". A empresa desenvolverá um componente que represente a exigência do cliente que, no caso, relaciona-se com a especificação de um desvio de 4° em relação do furo da peça que será testada. Para isso, será utilizado o *software SolidWorks*, que se trata de uma ferramenta CAD para a elaboração dos desenhos 3D e 2D. Conforme explica Ferreira (2009), o *SolidWorks*, é um *software* de modelagem sólida, paramétrica e é baseado em recursos ou etapas. Trata-se de um *software* totalmente integrado com o *windows*, podendo assim criar modelos totalmente associativos com ou sem relações a outros componentes ou desenhos.

3.2 USINAGEM E PRÉ MONTAGEM DOS COMPONENTES PROJETADOS

A usinagem dos componentes que serão utilizados na montagem do dispositivo será realizada, principalmente, em duas máquinas de usinagem: (i) o centro de usinagem Romi D100AP e, também, (ii) um torno Clever L2680 de usinagem convencional.

A Romi D1000AP utiliza um painel de controle CNC FANUC ou SIEMENS para seu comando e esta máquina se trata de uma máquina flexível, pois pode ser utilizada em múltiplas aplicações de usinagem. Todas as peças com perfis de geometria complexos deverão ser usinadas no centro de usinagem. Com isso, deverá ser analisado como cada processo será realizado em cada uma das peças e como a máquina irá trabalhar devido às variações de resistência dos materiais que serão usinados.

Para a realização da usinagem de peças cilíndricas, será utilizado um torno Clever L2680 mecânico convencional. O torno mecânico executa qualquer espécie de superfície de revolução, uma vez que a peça que se trabalha tem o movimento de avanço

e de translação. Permite usinar qualquer obra que deva ter seção circular e combinações de tais seções.

3.3 ESTAMPAGEM DA CAIXA DE ARMAZENAMENTO PARA COMPONENTES ELETRÔNICOS

Para a realização da estampagem da caixa de armazenamento, será utilizado o *software SolidWorks* para o desenvolvimento em 3D e, posteriormente, será realizada a estampagem da caixa em uma dobradeira Gasparini DBR 110.

A dobradeira Gasparini conta, também, com um painel de comando CNC, que se trata do painel ESA 540, e trabalha, também, com um *software* para a representação 3D e 2D da peça a ser dobrada. Este *software* é denominado como CAM.

Logo após a caixa ser dobrada, será necessária a realização de um procedimento de solda nos quatro cantos da caixa. Isto servirá para que ela se mantenha estática e que, com isso, possa armazenar com segurança os componentes elétricos e mangueiras de passagem de água.

3.4 MONTAGEM FINAL DO DISPOSITIVO MECÂNICO DE TESTE JATO D' ÁGUA

A montagem começará logo após que todas as peças tenham sido fabricadas e averiguadas pelo setor de qualidade, verificando se todas as peças estarão dentro das medidas descritas pelos projetos desenvolvidos pela engenharia.

Para que sejam realizadas a montagem deste conjunto, será necessária a utilização de parafusos com cabeças do tipo *allen* e com rosca M4 e M5. Após a montagem do conjunto, o mesmo será fixado dentro de um de acrílico, com dimensões de 300x76x76mm que servirá, também, como um reservatório para que a água possa ser armazenada antes de ser enviada à bomba de esguicho.

3.5 TESTE DE CONCENTRICIDADE DO INJETOR E VALIDAÇÕES

Para que sejam realizadas as validações, a peça a ser testada será colocada na base de fixação de teste. Após isso, o interruptor será acionado e a bomba de esguicho entrará em funcionamento. Quando o fluido, no caso, a água, passar pela bomba, ele será lançado até uma altura de 300 mm. A haste de suporte de teste estará posicionada em uma altura de 80 mm e com um diâmetro específico de 6,24 mm que represente o desvio de 4°. Neste caso, se o jato d'água passar pelo centro do diâmetro de 6,24 mm e bater na tampa superior do reservatório, o injetor estará concêntrico e aprovado. Caso o

jato d'água não ultrapasse esse diâmetro, isto significará que o injetor estará não concêntrico.

4. RESULTADOS E VALIDAÇÕES

4.1 PROJETO DO DISPOSITIVO EM FERRAMENTA CAD (*SOLIDWORKS*)

Para o início do desenvolvimento do dispositivo, foi necessária a elaboração de uma metodologia de projeção do dispositivo através da utilização do *software SolidWorks* e, com isso, foi possível o desenvolvimento do dispositivo de teste jato d'água. Partindo do desenvolvimento das primeiras peças a serem utilizadas, foram realizados estudos referentes a materiais que não sofrem um grande dano se acaso entrarem em contato com a água. Neste caso, foram utilizados materiais como alumínio e aço inoxidável, para que todas as peças fossem projetadas, foram utilizadas as ferramentas do *SolidWorks* para a elaboração do dispositivo em 3D, que no caso se trata de um projeto virtualizado.

4.2 USINAGEM E PRÉ MONTAGEM DOS COMPONENTES PROJETADOS

Com o auxílio do *software PowerMill*, o programador simulou cada movimento que a ferramenta deveria realizar. Logo após que todas as coordenadas estavam estipuladas, as mesmas foram enviadas para um *pendrive* e logo após para o painel de comando CNC.

Para as peças de geometria cilíndrica, foi utilizado um torno convencional. As peças foram produzidas dentro dos critérios estipulados pela equipe de engenharia e desenvolvimento da empresa "x", atendendo assim as cotas estipuladas, e, com isso, a montagem do dispositivo foi iniciada logo após o término de todas as usinagens.

4.3 ADEQUAÇÃO DA HASTE – 1° TESTE

Após a elaboração do dispositivo, foram necessárias algumas adaptações referentes ao diâmetro do furo que estava sendo utilizado, pois quando se utiliza um desvio de 4º para cada lado conforme exigência do cliente a uma distância de 80 mm da cabeça do injeto até a haste inferior do diâmetro de teste. No momento da usinagem da bucha de teste ocorreu uma divergência de interpretação de desenho e com isso o diâmetro de teste foi usinado com 18 mm, abrindo assim uma margem imensa para erros e falhas de concentricidade. Logo após que o defeito foi detectado, a usinagem de uma bucha com o diâmetro correto foi iniciada.

4.4 ADEQUAÇÃO DA HASTE – 2° TESTE

A segunda haste de teste foi desenvolvida em *software SolidWorks*. Nesse segundo modelo foram retirados os parafusos e a parte superior da haste de teste, sendo assim, reduzindo a probabilidade da haste se movimentar durante o processo de teste. A segunda haste de teste foi desenvolvida com apenas um material e, com isso, não existe um conjunto que pode gerar falhas durante o processo de teste do injetor. As medidas foram mantidas para garantir a altura de 80 mm e também o diâmetro do furo de 6,24 mm. Na FIGURA 3 pode-se verificar como foi representado o projeto após sua finalização e aprovação.

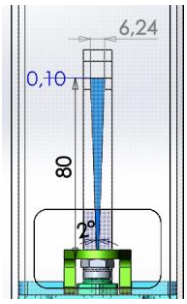


FIGURA 3: MODELO DE HASTE APRESENTADO - NÚMERO 2
FONTE: O AUTOR (2018)

A haste que foi escolhida para o dispositivo foi a de número 2, pois a haste sendo fixa apenas com uma peça, ela garante maior fixação no momento do teste, fazendo com que a chance de funcionalidade do dispositivo torne-se efetivamente satisfatória.

4.5 ESTAMPAGEM DA CAIXA PARA ARMAZENAMENTO DOS ITENS ELETRÔNICOS

Para a estampagem da caixa para armazenamento foi utilizada uma chapa de 3 mm de espessura com quatro cortes nos respectivos quatro cantos. A estampagem foi feita por uma máquina CNC Gasparini DBR 110, como a máquina se trata de uma dobradeira com comando CNC (Comando Numérico Computadorizado), quando as coordenadas de dobras fossem colocadas na máquina, a mesma faria a estampagem da caixa sem nenhuma dificuldade. Na sequência as medidas foram verificadas, e assim foi dado início a requisição e compra dos componentes eletrônicos. A TABELA 1 demonstra quais foram os gastos com a requisição dos componentes eletrônicos.

TABELA 1 – GASTO TOTAL COM OS COMPONENTES ELETRÔNICOS

DESCRIÇÃO	VALOR (R$)	% DE GASTOS
Bomba de Esguicho	9,8	21,88%

Interruptor Liga/Desliga	14,99	33,47%
Fonte Bivolt 110/220V	19,99	44,64%
Gasto total	**44,78**	**100%**

FONTE: O AUTOR (2018)

Todas as peças foram adquiridas em um único fornecedor Metaltex. Com isso, o custo não foi elevado. Os componentes eletrônicos foram designados pelo seu alto desempenho e eficácia, principalmente a bomba de esguicho. Por se tratar de um dispositivo de pequeno porte, a bomba de esguicho atendeu perfeitamente as necessidades que foram impostas que, no caso, se referia ao lançamento de um jato de água pelo canal da peça que foi desenvolvida.

4.6 MONTAGEM FINAL DO DISPOSITIVO MECÂNICO DE TESTE JATO D' ÁGUA

Para a montagem final do dispositivo, a equipe de engenharia da empresa "x" designou que fossem utilizados parafusos de aço inoxidável com o intuito de que os mesmos não sofressem nenhum dano estrutural por estarem diretamente em contato com a água. A montagem final do dispositivo foi designada como crítica a partir do momento que se iniciou a produção da peça que seria testada, pois nesse caso, para que houvesse a liberação pelo setor de qualidade, uma amostragem de 10% de cada lote deveria ser testada. Com isso, a equipe adequou todas as peças que necessitavam de ajustes e, assim, iniciaram a montagem final do dispositivo.

A montagem principal conforme apresentada na FIGURA 4 foi considerada o momento crucial de todo o projeto e desenvolvimento do dispositivo, pois se tratava do momento onde se verificou se todos os componentes usinados e adquiridos iriam se encaixar para que o dispositivo, assim, começasse a funcionar e realizar as verificações dos injetores.



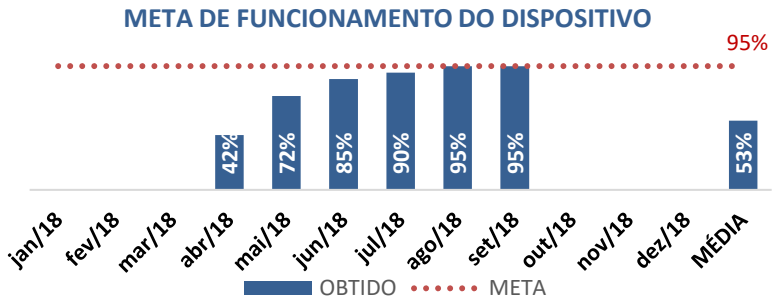
FIGURA 4: MONTAGEM FINAL DO DISPOSITVO MECÂNICO DE TESTE JATO D'ÁGUA
FONTE: O AUTOR (2018)

4.7 TESTE DE CONCENTRICIDADE DO INJETOR E VALIDAÇÕES

Para que ocorressem os testes de concentricidade do injetor, foi designado que, logo após que o jato de água fosse lançado, o mesmo deveria passar pelo furo da haste de teste. Sendo assim, se o jato de água passasse pelo diâmetro especificado de 6,24 mm, o injetor estaria aprovado; caso contrário, estaria reprovado.

Logo após que todos os processos foram finalizados e as peças começaram a ser testadas, o grupo de engenharia iniciou uma análise de como foram apresentadas as metas de funcionamento do dispositivo. No GRÁFICO 1 pode-se analisar quais foram as médias obtidas.

GRÁFICO 1 – GRÁFICO REFERENTE A META DE FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO



FONTE: O AUTOR (2018)

O GRÁFICO 1 apresenta as médias de funcionamento obtidas pelo dispositivo desde sua criação. O mês de abril foi o período que apresentou a mais baixa média dentre todos os meses analisados, pois foi o mês de sua implantação e o mesmo necessitou de alguns ajustes conforme descrito no tópico 4.4. Além da adaptação da haste que foi crucial para o funcionamento do dispositivo, outros problemas foram surgindo conforme eram realizados os testes, tais como: (i) mangueira com mal funcionamento, (ii) bomba com defeito, (iii) interruptor ruim, (iv) haste de teste solta, (v) peça com cavaco, (vi) válvula reguladora de fluxo desregulada, (vii) vazamento de água e, também, (viii) haste de fixação presa.

Após a detecção de todos os problemas citados acima, foi elaborado um diagrama de Pareto para que fosse analisado ponto a ponto quais foram os principais defeitos apresentados dentro do período de validação do dispositivo mecânico de teste jato d'água e que para consecutivamente fossem sanados os principais problemas apresentados. Na TABELA 2 pode-se analisar quais foram as principais causas que designaram a baixa média de funcionamento do dispositivo.

TABELA 2 – TABELA DE ANÁLISE DAS PRINCIPAIS DEFEITOS APRESENTADOS

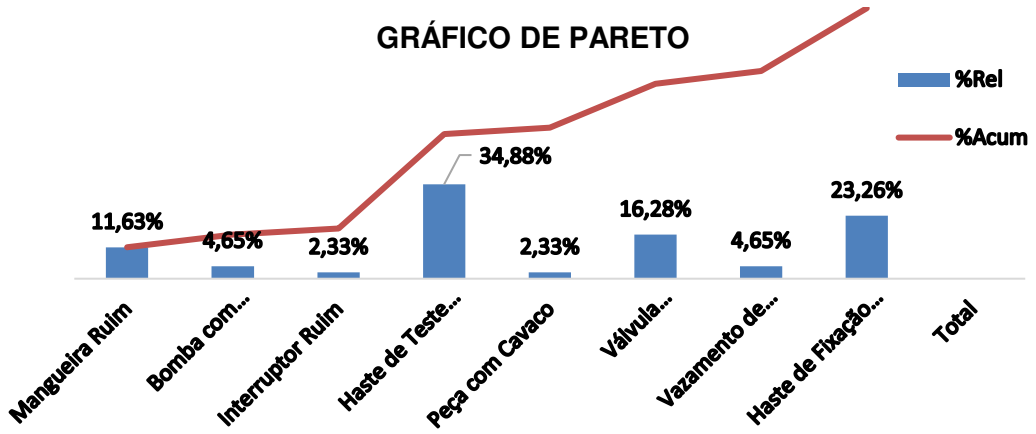
Descrição	Causas	Qtde	%Rel	%Acum

Mangueira Ruim	MR	5	**11,63%**	**11,63%**
Bomba com Defeito	BD	2	**4,65%**	**16,28%**
Interruptor Ruim	IR	1	**2,33%**	**18,60%**
Haste de Teste Solta	HTS	15	**34,88%**	**53,49%**
Peça com Cavaco	PC	1	**2,33%**	**55,81%**
Válvula desregulada	VD	7	**16,28%**	**72,09%**
Vazamento de água	VA	2	**4,65%**	**76,74%**
Haste de fixação presa	HFP	10	**23,26%**	**100,00%**
	Total	**43**		

FONTE: O AUTOR (2018)

Após os levantamentos dos dados, foi gerado o diagrama de Pareto, para que fosse possível analisar cada causa ponto a ponto e assim realizar as ações corretivas necessárias para a validação do dispositivo. No GRAFICO 2 a seguir, é possível verificar os defeitos principais relacionados as falhas no dispositivo.

GRÁFICO 2 – GRÁFICO DE PARETO REFERENTE AOS PRINCIPAIS DEFEITOS APRESENTADOS NO PERÍODO DE VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO



FONTE: O AUTOR (2018)

O gráfico de Pareto permite que as análises sejam feitas a partir dos pontos que mais apresentaram falhas como, por exemplo, a porcentagem de 34,88% relacionada a haste de teste solta. Essa alta porcentagem se deu devido a uma má fixação da haste no dispositivo. Logo após alguns testes foi contatado que havia a necessidade de elaborar uma haste de teste fixa para que a mesma não se soltasse do ponto concêntrico de teste.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do dispositivo foi realizado com perfeito sincronismo em todas as etapas. Em alguns momentos foram necessárias adaptações para que o dispositivo fosse finalizado conforme o projeto como, por exemplo, com relação à questão de usinagem, uma peça apresentou dificuldade para ser usinada e, com isso, ocorreram

algumas falhas no momento da montagem. Porém, logo após o momento em que esses defeitos eram identificados, alguns processos de ajustes também eram inicializados. No primeiro momento de testes e validações, o dispositivo respondeu com clareza que poderia realizar a exigência requerida pelo cliente referente a concentricidade do injetor de gás de fogões. Este trabalho atingiu os seguintes objetivos:

- O trabalho foi desenvolvido em *software SolidWorks.* Com o *software* foi possível realizar a simulação e a montagem do dispositivo antes de serem fabricados os componentes físicos do dispositivo;
- Os componentes foram usinados com perfeito sincronismo. Apenas um componente apresentou defeito em sua usinagem, mas logo em seguida esse defeito foi sanado para que fosse possível dar continuidade no desenvolvimento do dispositivo;
- O processo de estampagem da caixa de armazenamento dos componentes eletrônicos ocorreu de maneira eficaz, não apresentando defeitos após seu processo de fabricação;
- A montagem do dispositivo ocorreu de forma perfeita, não necessitando de nenhum ajuste ou retrabalho no momento da montagem;
- O processo de teste e validação foi o momento mais crítico do processo de desenvolvimento do dispositivo, pois o mesmo apresentou algumas falhas conforme descrito no tópico 4.7. Tais falhas apresentadas pelo dispositivo foram analisadas e, com isso, foi possível realizar um diagrama de Pareto para que pudessem ser sanadas ponto a ponto, logo após todos os problemas sanados, o dispositivo foi finalizado e aprovado pelo setor de engenharia da empresa “x”.

6. REFERÊNCIAS

BRITO, O. **Estampo de Corte: Técnicas e Aplicações** – Ed. Hemus – São Paulo, 193p., 2004.

BÖHM, R. **Projeto de uma turbina hidráulica portátil**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI – Campus Panambi, 2015.

CARREAS, D., FERNANDA I. **Avaliação da usinabilidade em torneamento de aço ABNT 1045, para diferentes velocidades de cortes e ferramentas.** 2008

CHIAVERINI, V. **Tecnologia mecânica**, 2ªed, São Paulo, 255-276p., 1986.

CORRER, I., MARTINS, R. O., JUNIOR, M, V. **Avaliação do índice de máquinas ferramentas CNC em uma empresa de usinagem, por meio da técnica de pré ajustagem de ferramentas**. XII SIMPEP. Bauru, São Paulo, Brasil 7 a 9 de Novembro de 2005.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica**. 2. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 653 p., 1981.

DONALDSON, R. R., PATTERSON, S.R. ***Design and construction of a large, vertical axis Diamond turning machine****., Proceedings of the SPIE,* v.7, 1983.

INMETRO. **Regulamento de avaliação da conformidade para fogões e fornos à gás.** Julho de 2003.

KALPAKJIAN, S. SCHMID, S. R. ***Manufacturing Engineering and Technology***. USA. Prentice Hall. 4ª edição, 2000.

MENEGHINI, C.; SARMENTO, E, V. **Levantamento das curvas características de bombas centrífugas de múltiplos estágios em escoamento bifásico –** UNOESC – Anuário de pesquisa e extensão - Joaçaba – SC, 2017.

Metals Handbook - Machining. USA. ASM, vol 16, 1989.

PAHL, G.; BEITZ, W. ***Engineering design: a systematic approach.*** *London: Springer-Verlag*, 1996.

PANNONI, D. F. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio,** Coletânea do Uso do Aço, Gerdau Aço Minas, 3 ª ed., V2, 2004.

PECKENER, D.; BERNSTEIN, I.M ***Handbook of Stainless Steels****. USA. McGraw Hill*, Cap. 24, 1977.

REHG, J. A.; KRAEBBER, H. W. ***Computer-integrated manufacturing.*** *New Jersey: Prentice Hall*, 2005.

SHAW, M. C. ***Metal Cutting Principles****. Great Britan.Clarendon Press,* 1984.

SIMON, A.T. **Condições de Utilização de Tecnologia CNC: Um Estudo para Máquinas ferramentas de usinagem na Indústria Brasileira**. Dissertação (Mestrado), Unicamp, Campinas, 2001.

TREMARIN, C, R. **Estudo das Propriedades Mecânicas e Resistência à Corrosão do Aço AISI 304 e Variantes Estabilizadas Com Nióbio** – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2007.

VORNOTAS, S.N.; XUE, L. ***Process inovation in small firms: case studies on CNC machine tools.*** *Technovation*, v.17, n.8, 1997.

WICK, C.H. ***Electronic tool gaging increases NC productivity.*** *Manufacturing Engineering & Management,* 1995.