



MELHORIA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO E CONTROLE DIMENSIONAL DE INTERCONEXÕES

IMPROVEMENT IN THE PROCESS OF MANUFACTURING AND DIMENSIONAL CONTROL OF INTERCONNECTIONS

Filipe ALVES¹, Sebastiam Johann Batista PERINI¹, Roberli Leopoldino CANTIDIO¹, Elson MARTINS¹.

¹Faculdade de Tecnologia Assessoritec, Matriz – Rua Marquês de Pombal, 287 – Iririu, Joinville – SC, 89227-110.

Recebido: 20/05/2018 – Aprovado: 05/11/2018.

RESUMO

Produtos da linha odontológica são produzidos por meio de processos de microusinagem, no qual a precisão dimensional é um dos aspectos fundamentais para se produzir com qualidade. Nesse contexto, o problema em questão está relacionado à ocorrência de conicidade nos canais internos da peça denominada “interconexão” a qual é a principal peça do produto denominado capa. Além da conicidade, a elevada rugosidade provoca o desgaste das vedações internas devido ao atrito, o que gera vazamento durante os testes e o sucateamento da peça na linha de montagem. Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é realizar uma melhoria no processo de microusinagem da peça interconexão, visando garantir a eficiência do controle dimensional e melhorar a precisão dimensional do processo. Para atingir o objetivo proposto foi realizado um estudo de caso na linha de fabricação da peça interconexão de uma empresa do ramo odontológico, no qual utilizou-se a ferramenta da qualidade denominada diagrama de Ishikawa para levantamento dos problemas e identificação da causa-raiz. Com isso, constatou-se que um dos problemas estava relacionado à utilização de um meio de controle ineficiente para o processo que não permitia a identificação da existência de conicidade na peça. Outro aspecto verificado estava relacionado à utilização de uma ferramenta de corte inadequada para o processo, a qual gerava perda de precisão dimensional, alta rugosidade superficial e elevado tempo de setup.

Palavras-Chave: qualidade, microusinagem, interconexão, conicidade.

ABSTRACT

Products of the dental line are produced by means of micro-machining processes, in which dimensional accuracy is one of the fundamental aspects to produce with quality. In this context, the problem in question is related to the occurrence of taper in the internal channels of the piece called "interconnection" which is the main part of the product called the cover. In addition to the conicity, high roughness causes the internal seals to wear due to friction, which leads to leakage during testing and scraping of the part on the assembly line. In view of the above, the general objective of this work is to perform an improvement in the interconnect part micro-process, in order to guarantee the dimensional control efficiency and improve the dimensional accuracy of the process. In order to reach the proposed objective, a case study was carried out in the manufacturing line of the interconnection part of a dental company, in which the quality tool called the Ishikawa diagram was used to survey the problems and identify the root cause. With this, it was verified that one of the problems was related to the use of an inefficient control means for the process that did not allow the identification of the existence of taper in the piece. Another aspect verified was related to the use of an improper cutting tool for the process, which caused loss of dimensional accuracy, high surface roughness and high setup time.

Keywords: quality; Microusination; Interconnection; Conicity.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a qualidade é indiscutivelmente um fator de sobrevivência para as organizações em geral, pois as exigências do mercado consumidor estão a cada dia maiores, especialmente quando se trata do mercado europeu, em países como a Alemanha por exemplo. Nesse contexto, uma empresa fabricante de produtos para a linha odontológica da cidade de Joinville deve produzir com alto nível de precisão para atender aos rígidos padrões de qualidade do mercado alemão.

Nesse contexto, o problema em questão está relacionado à peça denominada “interconexão” a qual é componente mais importante do produto denominado capa, no qual são inseridas brocas e demais ferramentas utilizadas pelo dentista. Na produção desta peça, o controle dimensional realizado por meio de calibradores tampão mostrou-se ineficiente, uma vez que ocorria um erro de conicidade na parte interna da peça, o qual não era detectado por este meio de medição. No entanto, devido à reclamação da matriz da empresa localizada na Alemanha, após a ocorrência de desvios de conicidade em um lote de 5.000 peças, a empresa iniciou a realização de um plano de ação para solucionar o problema. Para isso, a empresa realizou vários estudos, nos quais foram verificados tanto os aspectos de controle dimensional da peça, como os ferramentais utilizados no processo de microusinagem do produto, visando melhorar a precisão dimensional do processo, reduzir o tempo de setup e aprimorar os métodos de inspeção e controle dimensional.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma melhoria no processo de microusinagem da peça interconexão, visando garantir a eficiência do controle dimensional e melhorar a precisão dimensional do processo. Visando atingir este objetivo, têm-se os seguintes objetivos específicos: diagnosticar o problema do processo atual; estudar a utilização de um novo meio de controle dimensional, selecionar uma nova ferramenta para usinagem do canal interno da interconexão, levantar custos de implantação e analisar os resultados obtidos.

Desta forma, esse estudo apresenta uma justificativa econômica pelo fato de atuar diretamente no aumento da produtividade do processo, por meio da redução do tempo de setup do processo, o que impacta diretamente na produtividade. Este trabalho também possui uma justificativa técnica, uma vez que consiste em uma melhoria na precisão dimensional do processo de microusinagem e no processo de controle dimensional da peça, visando à redução da quantidade de refugos no processo e o aumento da confiabilidade das medições realizadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução da gestão da qualidade

Segundo Carvalho (2005), para se entender o conceito de Gestão da Qualidade, precisa-se passear um pouco pela história, buscando interpretar esse conceito e sua evolução à luz do ambiente produtivo vigente na época. Se

fizesse uma viagem no tempo e perguntasse a um artesão o que significa qualidade e confrontar com trabalhadores de diversas épocas posteriores, recebe-se respostas bastante diversas.

Conforme Garvin (1992), até metade do século XIX, não havia o rigoroso controle de qualidade que atualmente é difundido nas organizações. Os produtos eram fabricados pelos artesãos que efetuavam os trabalhos detalhadamente aplicando suas habilidades, realizando a inspeção visual de cada produto fabricado.

2.2 Gestão Estratégica da Qualidade

A gestão estratégica da qualidade busca atender as necessidades de seus clientes escutando as sugestões e reclamações dos clientes, para obter informações valiosas, buscando solucionar os problemas para que venha ter um ponto positivo na empresa.

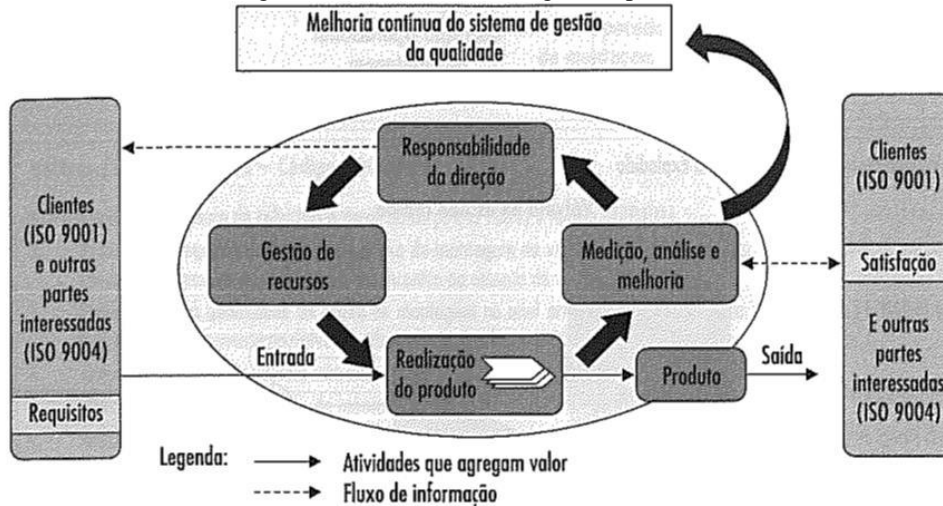
Conforme Oliveira (2004) as empresas buscam utilizar várias ferramentas da qualidade para elaborar suas ideias, coletando informações de profissionais de marketing para conhecer os produtos no mercado, buscando assim informação para melhorias e saber realmente as informações valiosas e reclamações dos clientes para buscar atender as necessidades dos clientes.

2.3 Sistemas de gestão da qualidade

Conforme Oliveira (2004), a qualidade é feita por pessoas e, trata essencialmente da satisfação do cliente. A implantação de sistemas de qualidade nas empresas se apóia integralmente na colaboração e participação de todos. Por isso, é enfatizado os quanto todos são importantes dentro de uma empresa empenhada em garantir qualidade de seus produtos ou serviços. Essa é a base para todos os programas implantados por qualquer empresa, atingindo todos os setores, desde a portaria até a alta administração. Tendo em vista todos estes benefícios, é fácil entender a importância que a gestão da qualidade tem dentro de uma empresa, e porque é necessário iniciar a sua implantação. A empresa só tende a ampliar seus horizontes, conquistando novos mercados, e otimizando seus processos. É importante dispor, neste ponto, os conceitos que comprometem como um todo o sistema de gestão, abrangendo a excelência na entrada e saída no processo, satisfazendo clientes internos e externos, conforme apresentado na Figura 1.

Ao observar a figura 1, verifica-se que uma das maiores referências para a implementação dos sistemas de gestão da qualidade é norma NBR ISO 9001. Essa norma tem como objetivo orientar a organização para um trabalho focado na satisfação dos clientes, visando à melhoria contínua e gestão por processos.

Figura 1 - Modelo de abordagem de processos



Fonte: Mello et al (2009)

2.4 Microusinagem

Conforme Baldo (2013), os processos de usinagem terão sempre um lugar de destaque dentre os processos de fabricação de peças e a precisão dimensional será sempre aperfeiçoada. A constante evolução dos vários processos de usinagem é alimentada principalmente pela necessidade de fabricação de produtos com maior nível de complexidade e com dimensões menores, produzidos com a utilização de vários tipos de materiais. O conceito de microusinagem poderá sofrer variações conforme a época, usuário, processos de fabricação e tipos de materiais utilizados. Dentre os maiores segmentos nos quais são aplicados os micro-componentes pode-se destacar o aeroespacial, automobilístico, telecomunicações e na medicina em geral, especialmente na produção de aparelhos ortopédicos e ortodônticos, por meio da fabricação de pinos e parafusos que são utilizados em próteses ósseas e dentárias, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Pino utilizado em implantes odontológicos



Fonte: Baldo (2013)

Segundo Baldo (2013) os processos de microusinagem podem ser classificados em três grandes grupos dentre os quais cita-se:

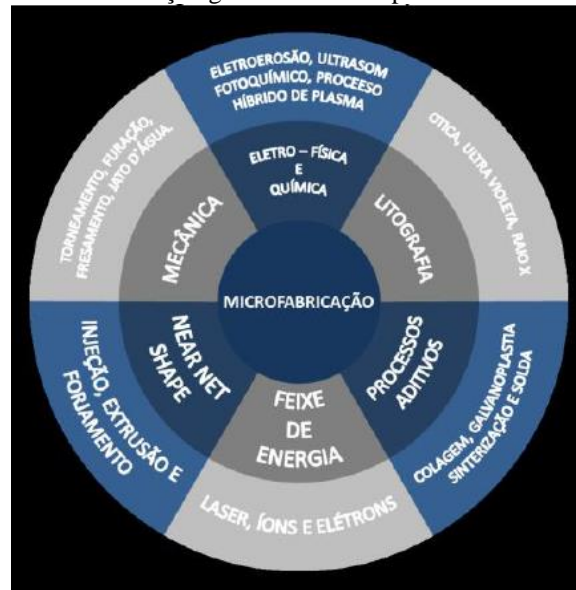
a) Aditivos: utilização na fabricação de micro-componentes por meio da adição de materiais em escalas

micrométricas, sendo um processo parecido com a prototipagem rápida.

b) Near-net-shape: utilizado na fabricação de peças com grande proximidade das dimensões finais. Neste conjunto pode-se citar os processos de micro-forjamento, micro-estampagem e injeção com a utilização de micro-moldes.

c) Subtrativos: Utilizado na fabricação de micro-componentes por meio da remoção de material, sendo caracterizado como microusinagem, a qual pode ser sub-dividida, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Classificação geral dos micros processos de fabricação.



Fonte: Baldo (2013)

Dentre os processos empregados na microusinagem pode-se destacar o torneamento, fresamento e furação. O processo de fresamento exige atenção especial, uma vez que possibilita tanto a usinagem em escala macro e escala micro, de peças com diversos tipos de materiais, possuindo baixo ou elevado nível de complexidade geométrica, sendo relacionado com ótimos resultados de acabamento superficial e precisão dimensional. Assim, o microfresamento pode ser considerado uma alternativa para substituir diversos processos (BALDO, 2013).

2.5 Máquinas e ferramentas para microusinagem

Conforme Bodziak (2011) existem ainda muitos desafios associados aos processos de microusinagem, especialmente na parte mecânica, dentre os quais cita-se o desenvolvimento de máquinas com capacidade capazes de reprodução de peças, com alta confiabilidade tratando-se de peças de dimensões micrométricas com tolerâncias dimensionais sub-micrométricas. Para isso, as máquinas e equipamentos precisam ter alta precisão no posicionamento e movimentação, bem como estabilidade térmica e elevada resolução tanto linear como rotacional. A Figura 4 mostra um comparativo de uma ferramenta convencional e uma ferramenta para micro

usinagem.

Figura 4 - Diferenças entre uma fresa convencional com 6mm de diâmetro e uma microfresa com 0,2mm de diâmetro



Fonte: Baldo (2013)

Portanto, observa-se que as microferramentas possuem geralmente diâmetros inferiores a 1 mm, isso se tratando de brocas e fresas. Verifica-se que no ano de 2010 havia mais de 25 fabricantes de micro-ferramentas, sendo que grande parte destas empresas produz tanto as micro-brocas quanto as microfresas, sendo que algumas possuem diâmetros de até 0,2mm. Na operação de torneamento externo quanto interno, há no mercado algumas linhas otimizadas de pastilhas para os processos de fabricação em microescala, onde pode-se encontrar pastilhas com raios de ponta menores que 0,05 mm (BALDO, 2013).

2.6 Controle Dimensional

Conforme Lira (2001), o controle dimensional é uma ferramenta fundamental para o controle de qualidade de peças usinadas. Pode-se dizer que o controle dimensional é realizado para aferir se as dimensões da peça estão de acordo com o desenho. A análise dimensional tem como principal objetivo detectar possíveis defeitos ou irregularidades decorrentes durante a fabricação das peças. Durante a realização das atividades o controlador deve analisar as dimensões da peça para verificar se estão conforme o desenho. Em caso de irregularidade o controlador deve fazer o um relatório, constatando os erros que foram encontrados. Através deste relatório corrigi-se o erro encontrado no processo.

2.7 Tolerâncias dimensionais

Conforme Alves (1996), o controle dimensional de uma peça consiste em uma análise realizada para detectar se as dimensões da mesma estão de acordo com o desenho. Depois que uma peça sai do processo de usinagem é encaminhada diretamente para o setor de controle dimensional. A tolerância é a variação entre a dimensão máxima

e a dimensão mínima. Para obtê-la, calcula-se a diferença entre uma e outra dimensão. Assim, tanto a dimensão máxima como a dimensão mínima são menores que a dimensão nominal e devem ser encontradas por subtração. As tolerâncias de peças que funcionam em conjunto dependem da função que estas peças vão exercer.

2.8 Setup

Conforme Black (1998, p.131) “o tempo de setup é tempo existente desde a saída da última peça boa do setup anterior até a primeira peça boa do próximo setup”. Nesse contexto, verifica-se que é possível dividir o setup em duas etapas distintas que são o setup interno e o setup externo. Observa-se ainda que o setup externo é realizado enquanto a máquina está em operação, onde não há necessidade de interação do operador do equipamento com a ferramenta. Como exemplos do *setup* externo pode-se citar as solitações de materiais, retirada das ferramentas para troca, lubrificação, limpeza, entre outros.

2.9 Produtividade

Conforme Silva (2007) para se determinar os índices de produtividade de um processo deve-se levar em consideração todos os recursos envolvidos que seria a produtividade parcial, além de um conjunto de fatores empregados na organização ou todos os fatores envolvidos que seria a produtividade total destes fatores. Segundo Ramos (2003), os profissionais que possuem influência taylorista enxergam a produtividade como uma relação entre a quantidade produzida em função do tempo para que os produtos sejam fabricados. Assim, observa-se que grande parte dos gestores com influência neoclássica visualiza a produtividade como uma relação existente entre a quantidade de itens produzidos com a quantidade de insumos de produção empregados no processo.

2.10 Brainstorming

A tradução do termo Brainstorming quer dizer "tempestade de idéias", a qual consiste em uma ferramenta utilizada para realizar a coleta da maior quantidade possível de idéias e informações sobre algum processo ou problema em um determinado intervalo de tempo. O funcionamento desta ferramenta caracteriza-se através de uma reunião de pessoas que discutem sobre algum determinado tema, na qual todos têm a liberdade para expor seus pensamentos, os quais são descritos em um quadro a medida que são apresentados (PEINADO; GRAEML, 2007).

2.11 Diagrama de causa e efeito

Conforme os autores Peinado e Graeml (2007) esta ferramenta possui outras denominações tais como diagrama espinha de peixe, 6M ou diagrama de Ishikawa, consistindo em uma representação visual a qual auxilia na identificação, na

busca e no entendimento das várias causas de um problema.

3. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo apresenta-se a empresa em estudo, a peça em questão, bem como, máquinas e equipamentos utilizados, o problema existente, a proposta de melhoria para resolução do problema encontrado, além dos custos e os resultados obtidos.

3.1 Apresentação da empresa

A Empresa de produtos Odontológicos foi fundada em 1909 por Alois Kaltenbach em Berlin-Steglitz. A sede da empresa permanece lá até hoje. Já em 1959, a Empresa de produtos Odontológicos tem 750 funcionários e funda sua primeira filial, a fábrica para tecnologia odontológica em Leut-Kirch. A fase seguinte de crescimento ocorre nos anos 60, quando inicia o processo de criação das empresas associadas em todo o mundo, para aumentar as vendas e abrir os mercados internacionais. Para atender o mercado sul-americano, em 1960 foi implantada uma filial no Brasil, a primeira unidade fabril fora da Europa.

3.2 Máquinas e Equipamentos

No processo de fabricação e controle da peça denominada “interconexão” são utilizados diversos equipamentos, máquinas e instrumentos. A Figura 5 mostra a peça interconexão.

Figura 5 - Interconexão



Trata-se de uma peça confeccionada em latão, amplamente utilizada no segmento odontológico, sendo destinada ao mercado Alemão para a montagem do produto denominado “capa”. A Figura 6 mostra a máquina utilizada no processo de microusinagem da peça interconexão.

Figura 6 - Centro de usinagem Traub

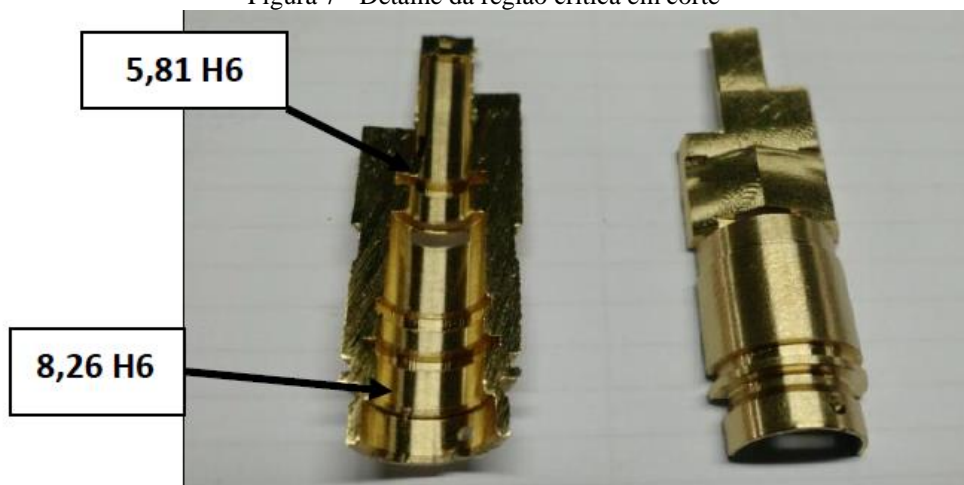


Trata-se de um centro de usinagem de última geração, fabricado pela empresa Traub especialmente para trabalhos de microusinagem que necessitam de elevada precisão dimensional. No processo de microusinagem da peça interconexão são utilizadas diversas ferramentas de corte, dentre as quais pode-se citar: brocas de centro, brocas helicoidais, ferramentas de desbaste interno e de desbaste externo, entre outras.

4. DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema em questão está relacionado à ocorrência de conicidade no canal interno da peça, o que gerou o sucateamento de um lote de 5.000 peças enviadas para a Alemanha, gerando prejuízos financeiros para a empresa. A Figura 7 mostra o detalhe das regiões críticas da peça em corte.

Figura 7 - Detalhe da região crítica em corte

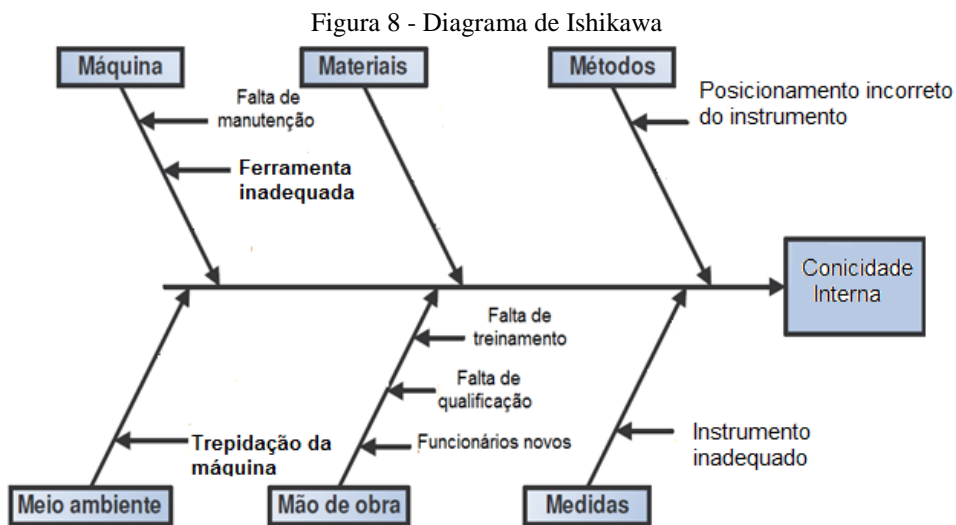


O problema está relacionado especificamente à ocorrência de conicidade nas cotas 5,81 H6 e 8,26 H6 que são cotas críticas da peça e possuem uma tolerância de 2 microns. No entanto, o problema foi identificado somente no cliente,

o qual informou a empresa e realizou a devolução de um lote de 5.000 peças, o que representou um prejuízo na ordem de R\$ 550.000,00. A partir desta ocorrência passou-se a analisar a causa raiz do problema por meio de uma equipe de profissional para o estudo aprofundado do problema.

4.1 Estudo do problema

Ao iniciar o estudo do problema, a empresa mobilizou uma equipe de profissionais multidisciplinar formada por um controle de qualidade, um supervisor, um preparador de máquinas, um programador e um afiador de ferramentas e, com isso, iniciou-se o processo de estudo do problema, por meio da aplicação da ferramenta da qualidade denominada Diagrama de Ishikawa, conforme apresentado na Figura 8.



Após o levantamento das possíveis causas foi feita a discussão de cada item levantado pela equipe de melhoria:

- Falta de manutenção: esta hipótese foi descartada, uma vez que a empresa utiliza em seus processos máquinas de última geração, com pouco tempo de utilização, as quais passam por manutenção regular, conforme programação da empresa.
- Ferramenta inadequada: verificou-se que no processo encontrado, a usinagem dos canais internos da interconexão era realizada com a utilização de um alargador para normalização das dimensões do furo, o qual gerava alta vibração durante o processo, elevando a rugosidade superficial da região e provocando danos nas vedações internas, gerando vazamentos no produto, conforme será visto a seguir. Desta forma constatou-se que uma causa-raiz do problema estava relacionada à ferramenta utilizada no processo.
- Posicionamento incorreto do instrumento: Inicialmente, cogitou-se a hipótese de que os calibradores estavam sendo posicionados de forma incorreta pelos inspetores de qualidade e por isso, não estavam identificando o problema de conicidade no canal interno da peça. No entanto, após uma análise criteriosa do problema

constatou-se que essa não era a causa raiz.

- d) Instrumento inadequado: Por meio do estudo aprofundado do problema constatou-se que os calibradores do tipo tampão não eram capazes de identificar na prática a ocorrência da conicidade na região interna da peça, uma vez que este tipo de instrumento utiliza o conceito passa – não passa somente na entrada do furo e não sobre toda a sua extensão. Portanto, verificou-se que a causa raiz para a falta de eficiência na inspeção dimensional da peça era a utilização de um meio de medição inadequada para a peça.
- e) Falta de treinamento: Essa hipótese foi descartada, uma vez que todos os colaboradores que atuam na área de produção, como na inspeção de qualidade são periodicamente treinados para a realização de suas funções.
- f) Falta de qualificação: Esta hipótese também foi descartada, pois todos os colaboradores que atuam nas áreas de produção e de controle de qualidade possuem formação de nível técnico ou superior.
- g) Funcionários novos: Essa hipótese também foi descartada, pois todos os funcionários que trabalham atualmente na fabricação da interconexão possuem no mínimo um ano na função.
- h) Trepidação da máquina: Esta hipótese também foi descartada, pois todas as máquinas da empresa, antes de iniciarem a produção são devidamente alinhadas e fixadas em bases apropriadas para evitar qualquer tipo de vibração durante o processo.

Após a conclusão da análise do problema foi constatada a existência de duas causas para a ocorrência do problema, sendo: o meio de medição inadequado para o controle dimensional da peça e a ferramenta inadequada para a usinagem do canal interno da peça, gerando alta rugosidade, vibração e ocorrência de conicidade. Na sequência realizou-se a análise detalhada de cada causa-raiz do problema, onde verificou-se que os calibradores utilizados no processo eram capazes somente de controlar somente as dimensões na parte inicial do canal, no entanto, não possibilitavam a verificação do grau de conicidade existente na parte interna.

Os calibradores utilizados no processo de inspeção dimensional da interconexão eram do tipo tampão (passa-não-passa) os quais não eram capazes de identificar a conicidade na parte interna do canal, pois utilizam o conceito de passa ou não-passa apenas na parte inicial (entrada do furo) e não verificam as dimensões internas da peça, principalmente por se tratar de uma conicidade interna crescente onde a parte “passa” do calibrador tampão não consegue identificar o aumento do diâmetro interno. Outra causa raiz do problema identificada durante o estudo foi a ferramenta inadequada para o processo de normalização do furo interno da interconexão. No processo encontrado, a ferramenta utilizada era um alargador de metal duro, conforme verificado na Figura 9.

Figura 9 - Alargador de metal duro



Entre os inconvenientes do processo com a utilização do alargador de metal duro pode-se citar: o elevado tempo de *setup* de troca de ferramenta que era em média de 14 horas em toda a preparação da peça. O elevado tempo de *setup* da ferramenta se dava principalmente a alta vibração gerada no processo o que necessitava de um grande número de ajustes para reduzi-la e liberar a máquina para produzir. Outro aspecto negativo da utilização desta ferramenta era a alta rugosidade gerada na superfície interna do canal, tendo em vista que a rugosidade exigida neste processo é de $2,5\mu\text{m}$ na escala Rz.

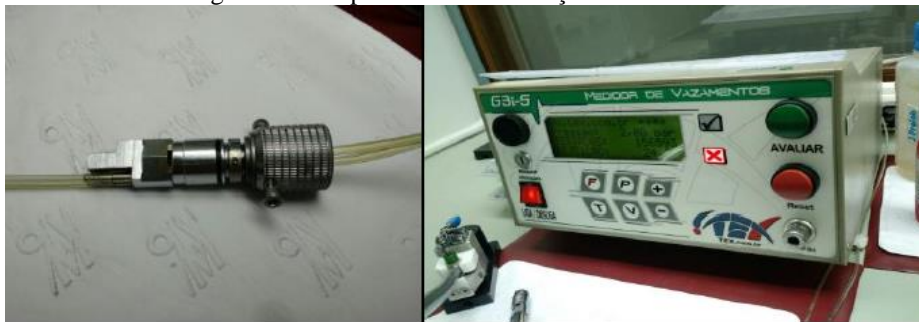
Atingir padrão de rugosidade Rz de $2,5\mu\text{m}$ é extremamente difícil, pois diferentemente da escala de rugosidade Ra, que utiliza a média aritmética das dimensões de rugosidade, a escala Rz consiste no valor médio da rugosidade unitária “Z” obtida em cinco comprimentos de medição unitários “Le” dentro do perfil de rugosidade, ou seja, a peça não pode ter nenhum pico de rugosidade superior a $2,5\mu\text{m}$. Essa alta rugosidade acabava gerando o desgaste das vedações do produto, o que acarretava em vazamentos nos testes de do produto, após o processo de montagem da capa. A figura 10 mostra as vedações utilizadas (esquerda) e a capa montada (direita).

Figura 10 - Vedações utilizadas (esquerda) e a capa montada (direita)



Conforme verificado na Figura 10, após a montagem da capa as vedações sofriam desgaste por atrito na parte interna da interconexão, devido à alta rugosidade. A Figura 11 mostra os dispositivos utilizados para a realização da inspeção de vazamento da capa.

Figura 11 - Dispositivo de verificação de vazamento



Diante dos problemas encontrados, iniciou-se um estudo para utilização de um novo meio de medição que possibilitasse a identificação da conicidade na parte interna da interconexão e também de uma nova ferramenta de

corde que reduzisse a vibração existente no processo, reduzindo a rugosidade e também o elevado tempo de processo.

4.2 Proposta de melhoria

Após o estudo do problema, a equipe de melhoria iniciou os estudos para utilização de um novo meio de medição visando garantir a identificação da conicidade da peça interconexão. Primeiramente, estudou-se a utilização de um instrumento de medição chamado “súbito”. Ao realizar a medição de um conjunto de 100 peças com o súbito, constatou-se que este instrumento não era capaz de garantir com 100% de eficácia o controle da conicidade da parte interna da interconexão, pois trata-se de um instrumento de “balanço”, no qual há a necessidade do operador buscar o exato ponto de inversão do relógio através do movimento de balanço do instrumento. Desta forma, verificou-se uma grande dificuldade em todos os operadores encontrarem as mesmas dimensões nas mesmas medidas, tornando assim, a utilização deste instrumento inviável.

Na continuidade do estudo, propôs-se a utilização de uma Ogiva que consiste em um instrumento que foi criado para aliar o poder de centralização de um calibrador tampão tipo PNP com a possibilidade da medição por variável conseguida com os micrômetros internos (micros) ou comparadores internos (súbitos), com maior facilidade e confiabilidade. A Figura 12 mostra a ogiva utilizada no controle dimensional da peça interconexão.

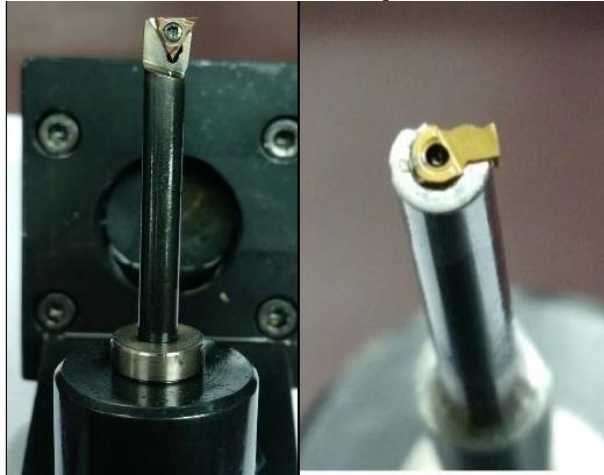
Figura 12 - Dispositivo de verificação de vazamento



Com a utilização da ogiva, obteve-se uma uniformidade das dimensões obtidas nas medições dos operadores, além de garantir com eficácia a identificação da conicidade nos canais internos das interconexões. Ao comparar a ogiva com o súbito, verifica-se que a ogiva não existe o ponto de inversão do relógio, nem a preocupação em manter o instrumento exatamente perpendicular ao furo a ser medido, porque o corpo em forma de cilindro como nos tampões PNP neutraliza a possibilidade de uma medição errônea. Portanto, com a utilização da ogiva no processo de controle dimensional dos canais internos da peça interconexão, conseguiu-se eliminar o problema relacionado à falta de eficiência no processo de inspeção e controle dimensional. O outro aspecto observado para a resolução do problema consistiu em estudar uma nova ferramenta de corte a ser utilizada no processo, uma vez que o alargador apresentava problemas como elevada

vibração, alta rugosidade e elevado tempo de *setup* de troca. Desta forma, a equipe de melhoria, estudou a substituição do alargador por uma barra de mandrilar de desbaste (esquerda) e de acabamento (direita) conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Barra de mandrilar de desbaste (esquerda) e de acabamento (direita)



Conforme verificado na Figura 13, trata-se de uma barra de mandrilar com um inserto de metal duro código UMGR – IC 508 fabricado em Israel. Esta barra de mandrilar substituiu a operação realizada pelo alargador, aumentando a precisão dimensional, reduzindo a rugosidade e o tempo de *setup* do processo.

Após a implantação das melhorias no processo de usinagem e controle dimensional da peça interconexão, realizou-se a análise dos resultados obtidos, comparando os critérios de qualidade, tempo de *setup*, custos de ferramentas utilizadas no processo e produtividade, conforme apresentado a seguir.

4.3 Análise dos resultados

A análise dos resultados foi dividida em três critérios: qualidade, por meio da análise da quantidade de refugos gerada no processo encontrado e após a melhoria, tempo de *setup*, comparando os tempos de *setup* no processo utilizando o alargador e no processo com a barra de mandrilar e os custos de ferramenta de corte, comparando os custos do alargador e custos da barra de mandrilar e a produtividade (vida útil) de cada ferramenta.

4.4 Análise da qualidade do processo

A análise da qualidade do processo leva em consideração a quantidade de peças refugadas em um lote padrão de 250 peças, comparando o processo com a utilização do alargador e com a barra de mandrilar, conforme verificado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo de qualidade do processo

| FERRAMENTA | PEÇAS PRODUZIDAS | QUANTIDADE DE REFUGOS | % DE REFUGOS |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|
| Alargador | 250 | 150 | 60,0 |
| Barra de mandrilar | 250 | 8 | 3,20 |

Conforme verificado na Tabela 1, com o uso do alargador obteve-se um percentual de 60% de peças refugadas em um lote de 250 peças. Já com a utilização da barra de mandrilar obteve-se um total de 3,2% de refugos em um lote de 250 peças. Desta forma, verifica-se que houve uma redução de 56,8% dos refugos gerados no processo com a utilização da barra de mandrilar.

4.5 Análise do tempo de *setup*

Outro aspecto importante observado na melhoria é o tempo de *setup*, uma vez que possui influência direta sobre a produtividade da empresa. Desta forma, a Tabela 2 apresenta um comparativo dos tempos de *setup* médios obtidos no processo utilizando o alargador e a barra de mandrilar.

Tabela 2 - Comparativo dos tempos de *setup*

| FERRAMENTA | TEMPO DE <i>SETUP</i> (min) | % DE DIFERENÇA |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Alargador | 840 | 100% |
| Barra de mandrilar | 420 | |

Conforme verificado na tabela 2, o processo com a utilização da barra de mandrilar obteve uma redução de 100% no tempo total de *setup*, principalmente devido à redução dos ajustes necessários para estabilização do processo e redução da vibração excessiva, impactando diretamente na produtividade do processo.

4.6 Análise de custos de ferramenta

A análise de custos das ferramentas leva em consideração o custo total do alargador e o custo total da barra de mandrilar com um inserto de corte, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparativo de custos de ferramenta

| FERRAMENTA | CUSTO UNITÁRIO (R\$) |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Alargador | 354,00 |
| Barra de mandrilar + inserto de corte | 410,00 |
| Ogiva 5,81 H6 | 9.000,00 |
| Ogiva 8,26 H6 | 9.000,00 |
| INVESTIMENTO TOTAL | 18.056,00 |

Conforme verificado na Tabela 3, a barra de mandrilar mais o inserto de corte apresentou um custo 13,65% superior ao custo do alargador. No entanto, levando-se em consideração os resultados obtidos com relação à qualidade do processo e aos tempos de *setup*, verifica-se que a diferença de custos apresentada com relação ao ferramental é baixa quando comparada ao custo x benefício proporcionado pela utilização da barra de mandrilar.

4.7 Comparativo de produtividade

O comparativo de produtividade de cada ferramenta, leva em consideração a vida útil da ferramenta, ou seja, a quantidade máxima que pode ser produzida, antes do sucateamento da ferramenta, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Comparativo de produtividade

| FERRAMENTA | VIDA ÚTIL (peças) | % DE DIFERENÇA |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| Alargador | 4.000 | 0,00 |
| Barra de mandrilar | 4.000 | |

Conforme verificado na tabela 4, ambas as ferramentas utilizadas no processo possuem uma vida útil máxima de 4.000 peças. No entanto, é preciso ressaltar que o alargador apresenta uma precisão dimensional inferior quando comparado à barra de mandrilar, pois mantém o processo estável durante toda a sua vida útil, ocasionando desvios dimensionais de conicidade e elevada rugosidade devido ao aumento da vibração gerada pelo desgaste gradual da ferramenta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme verificado no caso da peça denominada interconexão, um dos problemas encontrados estava relacionado à utilização de um meio de controle ineficiente para a peça em questão, o qual não era capaz de identificar a conicidade existente nos canais internos da peça, o que acarretou em um grande prejuízo financeiro para a empresa. Por meio da ocorrência deste problema, a empresa passou a estudar a implantação de melhorias para eliminação do problema no processo de microusinagem da peça, bem como, para possibilitar a rápida identificação do problema de conicidade em

sua ocorrência.

Desta forma, analisou-se primeiramente a utilização do instrumento denominado súbito, o qual não supriu as necessidades do processo, devido à baixa reprodutividade das medições. Em seguida, efetuou-se os testes de medição utilizando um instrumento denominado ogiva, o qual possibilitou grande reprodutividade das medições por todos os operadores, bem como, uma medição mais precisa das cotas críticas da peça, possibilitando a rápida identificação do problema. No entanto, a causa geradora do problema de conicidade e elevada rugosidade superficial da peça, estava relacionada à ferramenta utilizada no processo, o alargador, o qual gerava elevada vibração durante o processo de microssinagem. Para substituir esta ferramenta, utilizou-se uma barra de mandrilar com um inserto de metal duro, onde obteve-se melhorias na precisão dimensional, qualidade superficial e tempo de setup.

Dentre os principais resultados obtidos neste projeto de melhoria pode-se destacar uma redução de 56,8% da quantidade de refugos gerada no processo e uma redução de 100% no tempo de setup o que impacta diretamente sobre a produtividade do processo. Com relação aos custos de ferramental, a barra de mandrilar + inserto de metal duro, apresentou um custo 13,65% maior que o alargador, com relação à produtividade, ambas as ferramentas apresentaram uma vida útil de 4.000 peças, no entanto, ressalta-se que o alargador não é capaz de manter a precisão dimensional e a qualidade superficial durante toda a sua vida útil.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Artur Soares. **Metrologia Geométrica**. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- BALDO, D. **Estudo do microfresamento da liga de Titânio Ti-6Al-4V utilizando análise de sinais de Força e Emissão Acústica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2013.
- BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.
- BODZIAK, S. **Estudo do microfresamento aplicado à indústria de moldes e matrizes como alternativa à usinagem por eletroerosão**. Dissertação (mestrado) Sociedade Educacional de Santa Catarina – Instituto Superior Tupy. Joinville, 2011.
- CARVALHO Marly Monteiro de. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: ABM, 2006.
- GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- LIRA, Francisco Adval de. **Metrologia na Indústria**, 2. ed. São Paulo: Érica, 2001.
- MELLO, Carlos H.P. et al. **Sistema de Gestão da Qualidade para Operação de Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2009.
- OLIVEIRA J. Otávio. **Gestão da Qualidade: tópico avançado**. São Paulo: Pioneiro Thomson Learning, 2004.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão estratégica da qualidade: princípios, métodos e processos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007. 750p.

RAMOS, Nogueira Antonio, **Manual Pedagógico PRONACI Produtividade**. 2003. Disponível: <http://pme.aeportugal.pt/Aplicacoes/Documentos/Uploads/2005-03-08_15-34-53_Produtividade.pdf> Acesso em: 22 mar. 2017.

SHINGO, Shingeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, Gomes Sulamita, **Motivação e Produtividade no trabalho (o caso Estivadores do Porto da Praia)**, Cabo Verde, 2007.