

## INDÚSTRIA 4.0: OTIMIZAÇÃO DO CONTROLE DIMENSIONAL DE PEÇAS DE GEOMETRIAS COMPLEXAS, COM O AUXÍLIO DO PROJETOR DE PERFIL.

Henrique Thavares da Silva (Universidade Federal de Goiás Regional Catalão) thavares56@gmail.  
Gustavo Henrique C. R. Leandro (Universidade Federal de Goiás Regional Catalão) gcleandro1@gmail.com

**Resumo:** Nesse artigo, será apresentado um método otimizado de medição em meio industrial. Será agregado informações sobre a indústria 4.0, trazendo uma explicação clara sobre o assunto e mostrando as fases das revoluções industriais. Será apresentado também, falhas que o operador comete ao tentar medir peças de geometria complexa, mostrando que nesse caso, o método de medição convencional comete erros. A pesquisa utilizada no artigo será experimental, para a pesquisa realizada, foram utilizados vários tipos de medições como: comprimento, diâmetro, raio, rosca, chanfro e ângulos. Será qualitativa pois nós buscamos obter resultados mais aprofundados devido a quantidade de estudos e a averiguação feita durante todo processo. Finalizando o artigo, será mostrado de maneira bem explicada, o corpo de prova e o maquinário utilizado mostrando o porquê do artigo ser adaptado nas escolas técnicas e empresas.

**Palavras chave:** Otimização, Industria 4.0, Tolerância.

## INDUSTRY 4.0: OPTIMIZATION OF DIMENSIONAL CONTROL OF COMPLEX GEOMETRY PARTS WITH PROFILE PROJECTOR AID.

### Abstract

In this article, an optimized measurement method will be presented in the industrial environment. Information about industry 4.0 will be aggregated, bringing a clear explanation on the subject and showing the stages of industrial revolutions. It will also be presented, faults that the operator commits when trying to measure pieces of complex geometry, showing that in this case, conventional measurement methods make mistakes. The research used in the article will be experimental, for the research carried out, several types of measurements were used: length, diameter, radius, thread, chamfer and angles. It will be qualitative because we seek to obtain more in-depth results due to the number of studies and the inquiry made throughout the process. At the end of the article, it will be shown in a well explained way, the body of evidence and the machinery used showing why the article is adapted in technical schools and companies.

**Key-words:** Optimization, Industry 4.0, Tolerance.

## Introdução

O contexto da vida industrial que surge a pesquisa foi a teoria de virtualização, que é utilizada em casos onde não é possível realizar as medidas de peças com instrumentos de medição convencionais, como paquímetro e micrômetro. Essa teoria proposta consiste em projetar uma cópia virtual de padrão de excelência, podendo visualizar o contorno da peça ou da superfície. Essa dificuldade em medição de pequenas peças na indústria ocasionou na diminuição da produtividade das empresas acarretando assim prejuízo. O real problema, é a necessidade de métodos de medição de peças pequenas ou de geometria complexas.

Analisando o contexto histórico, das revoluções industriais durante a história, observa-se que cada uma contribuiu para um determinado avanço. A primeira revolução industrial mobilizou a mecanização da produção usando água e energia a vapor. A segunda revolução industrial, então, introduziu a produção em massa com a ajuda da energia elétrica. Em seguida veio a revolução digital e o uso de eletrônicos e tecnologia da informação para automatizar ainda mais a produção.

A quarta revolução industrial ou Indústria 4.0 veio apresentou novos contextos nas revoluções industriais. Com fábricas inteligentes, diversas mudanças ocorrerão na forma manufaturar os produtos, causando impactos em diversos setores do mercado.

Indústria 4.0 é um conceito usado na indústria proposto a pouco tempo, onde engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação aplicadas aos processos de manufatura. Esse termo surgiu no ano de 2011 a partir de um projeto de estratégias do Governo Alemão voltadas a tecnologia mas foi só em 2013 foi publicado o trabalho final da indústria 4.0 na Feira de Hannover.

A virtualização é um dos princípios desse termo. Pois ela simula uma cópia virtual com padrão de excelência. Permitindo assim rastrear as medidas do objeto virtualizado e monitorar remotamente todos processos que o objeto passou até sua virtualização. Um dos exemplos dessas novas tecnologias é a projetor de perfil. Esse equipamento é usado nas indústrias de várias áreas (aeronáutica, médico/hospitalar, odontológica/ortodôntica, farmacêutica, bélica, metalomecânica, siderúrgicas, entre outras), é mais utilizado em casos onde não é possível medir peças com instrumentos de medição convencionais como paquímetro e micrômetro. Disponibiliza dois tipos de projeção, a diascópica, que virtualiza o contorno da peça, e episcópica, que virtualiza a superfície da peça.

A medição em Projetores de Perfil é feita através da projeção ampliada da peça em um anteparo, e por ser um método sem contato qualquer com a peça, a mesma não sofre deformações. Com um exclusivo filtro verde minimiza o brilho na imagem e preserva a integridade física do operador, o que agiliza a medição e aumenta a capacidade produtiva da empresa. Essa ferramenta é mais utilizada no meio industrial devido a necessidade.

A pesquisa que traz o artigo é experimental quantitativa, pois funciona em torno de dados e experimentos técnicos para a coleta de dados em ensaios realizados na máquina no laboratório de metrologia.

Para Martins (2017, p.18) que diz “Na pesquisa quantitativa são utilizadas técnicas estatísticas para transformar em dados em números e, posteriormente, em informações, analisando-as para tirar as devidas conclusões.”

O objetivo foca na otimização nos métodos de medição utilizados na indústria. Procura apresentar um método mais eficiente para a aferição do produto final trabalhado. Com o projetor de perfil é possível verificar maiores erros na peça, ampliando o tamanho da peça 5 ou até 100 vezes o seu tamanho na tela de avaliação. Assim o operador tem as dimensões corretas para

trabalhar na peça com um padrão de qualidade, além de agilizar o ofício e também a produção que aumenta conforme o serviço se otimiza.

O problema acontece quando o operador relata a medição de peças de pequeno porte e de variadas geometrias, pois utiliza métodos de medição manuais como paquímetro e micrometro, não dizendo que esses instrumentos de medição não apontam a medida correta mas nesta ocasião, o equipamento erra devido a medida muito pequena da peça ou devido as difíceis geometrias. Nestes caso a medição da peça necessita de precisão para não ocorrer erro no produto final usinado.

## 1.Referencial Teórico

### 1.1 Otimização

Para Souza (2010, p.3) “Área da Pesquisa Operacional que utiliza o método para apoiar a tomada de decisões, procurando determinar como melhor projetar e operar um sistema, usualmente sob condições que requerem a alocação de recursos escassos.”, ocasiona na otimização de um determinado processo visando a melhoria em eventuais processos, gerando um ganho produtivo.

Já para Bazzo (2006, p.183) “Otimização é o processo de procura por uma solução que forneça o máximo benefício segundo algum critério; ou seja, é uma busca da melhor condição. [...] a melhor solução para um problema ou a condição mais favorável de um parâmetro, que pode aparecer de diferentes formas.”

De acordo com Ribeiro (1996, p.54) que diz:

[...] contempla a otimização propriamente dita, que consiste em identificar o ajuste que melhor atende simultaneamente o conjunto de variáveis de respostas. O ajuste ótimo corresponde ao ajuste que minimiza a função de perda quadrática multivariada. Ou seja, o ajuste ótimo é aquele que incorre na menor perda global.

Partindo do pressuposto apresentado pelos autores acima citados podemos reafirmar, que a otimização de processos produtivos de uma empresa coincide com a nova metodologia adotada pelo Industria 4.0, onde otimiza-se processos com intuito de gerar menor perda, e gerando assim uma maior lucratividade. Logo a otimização de processos se torna uma ferramenta de grande valia, porem em sua implantação deve-se observar as eventuais anomalias que possam prejudicar a perfeita implementação da otimização.

#### 1.1.1Metrologia

A metrologia engloba todos os aspectos práticos e teóricos de medição, se tornando assim essencial na maioria dos aspectos empresariais do ser humano, como por exemplo na utilização de controlo de qualidade de produção, no nosso caso. De acordo com os conhecimentos de Alves (2010, p.2)

“A metrologia, definida como ciência da medição e sua aplicação, é uma das ferramentas básicas para a tecnologia e a inovação e um conteúdo transversal presente nas mais diversas áreas do conhecimento.”

Para Ferreira (2004, p.1323) metrologia é “conhecimento dos pesos e medidas e dos sistemas de unidades de todos os povos, antigos e modernos.”, desde os primórdios das civilizações há necessidade de realizar medidas.

Por muitos institutos a metrologia é considerada uma ciência de medição, segundo o INMETRO (2000, p.23) “Ciência da medição. A metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.”

### 1.1.2 Medição

O ato de realizar medidas, surge desde os primórdios das civilizações, onde arbitrariamente se tinha por objetivo realizar levantamentos, sobre glebas de terra, e eventuais amostras de pesos da produção agrícola primitiva, como criação de ovelhas, plantações. De acordo com os conceitos de Ferreira (2004, p.1299) a medição nada mais é que

“Ato ou efeito de medir; medida. Cálculo das quantidades de serviços executados e dos materiais empregados numa obra, para fins de pagamento e verificação da observância do projeto.”

Com a crescente da industrial mundial, aumenta-se a exigência por parte dos consumidores em busca de produtos de qualidade, sendo assim medição, passa a ter um papel de suma importância nesse novo crescente da indústria.

Para Adval (2005, p.15) “O processo de medição envolve uma série de requisitos que devem se do conhecimento do operador, tais como os termos empregados em metrologia, necessários para interpretação de especificações e resultados.”

Para INMETRO (2000, p.23) medição é “Conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza.”

Logo a medição deixa de ser uma ciência meramente de comparações utilizada nas primeiras civilizações e avança para uma ciência onde não se admite erro, sendo ferramenta essencial em processos produtivos, onde a produção é realizada em grande proporção, mas também exige um alto nível de qualidade, exigido pelo consumidor final.

### 1.1.3 Tolerância Dimensional

Na produção em série é necessário que algumas peças sejam trocadas por outras, essa possibilidade de troca de peças em um conjunto mecânico denomina-se intercambialidade, que por sua vez é garantida por uma adequada seleção de tolerâncias.

De acordo com SILVA (2010, p.225) que fundamenta a fundo o seu significado sobre a tolerância dimensional que diz:

“[...]destina-se os erros dimensionais de fabricação das peças. Quando na contagem se especifica, por exemplo, uma cota de 20mm, isto na prática significa que a peça vai ser fabricada com aproximadamente 20mm e não que a peça vai ser fabricada com 20,0000000...mm.”

Para Ribeiro (2010, p.3) onde se discute em relação à tolerância dimensional ele fala que:

“A indicação da tolerância dimensional nos desenhos pode por vezes ser simplificada quando a classe de tolerância é a mesma para todas as dimensões lineares e angulares. Note-se, todavia, que quando para determinada cota é aplicada uma classe diferente, então esta deve ser indicada diretamente na cota.”

Segundo Umaras (2010, p.21) “O conceito básico de tolerância dimensional pode ser entendido como a variação admitida, em projeto de componente, para uma dimensão. Esta variação é intrínseca e resultante dos processos de fabricação planejados para cada caso.

Percebe-se então que devido à grande demanda de produção e a grande exigência por parte do público consumidor que determinados itens necessitariam e uma tolerância, para tornar o processo produtivo viável para a indústria.

#### 1.1.4 Tolerância Geométrica

Em sua grande maioria os processos de fabricação obedecem uma norma para tolerância de peças, essas normas estabelecem ajuste adequados para cada tipo folga, interferências e insertos. Segundo SILVA (2010, p.254) que diz:

“A tolerância geométrica é uma linguagem internacionalmente, da qual fazem parte símbolos, convenções, definições e princípios, que são apresentados ao longo deste capítulo. Esta linguagem permite indicar de modo rigoroso tolerâncias na forma, orientação e localização dos elementos ou partes de uma peça.”

Para Sousa (2010, p.286)

“As tolerâncias geométricas gerais são aplicáveis a todas as características dos elementos ou das peças, com exceção da cilindridade, do contorno de linhas e de superfícies, da inclinação, da coaxialidade, da tolerância de posição e de batimento total.”

Já para Manfé (2004, p.2)

“As tolerâncias geométricas especificadas no desenho com a condição, porém, de ficar no meio zono de tolerância dimensional estabelecida. Devem ser prescritas somente *quando são realmente indispensáveis* para assegurar a aptidão ao emprego da peça.”

## 2. Metodologia

O objetivo do artigo é elaborar um estudo afim de garantir condições adequadas para a medição de peças usinadas, evitando que a mesma apresente medidas irregulares, fora das tolerâncias.

A equipamento a ser utilizado será o projetor de perfil, este terá a finalidade de detalhar os contornos exatos das peças, que pode conter comprimento, diâmetro, rosca, chanfro, raio e ainda peças com ângulos.

A percepção do problema foi proporcionada pela falha na medição em peças de pequeno porte e de variadas geometrias, tendo em vista a produção de peças com baixas medidas e tolerâncias, para a obtenção destas informações é preciso estudar a fundo a pesquisa quantitativa.

Para Martins (2017, p.18) que diz “Na pesquisa quantitativa são utilizadas técnicas estatísticas para transformar em dados em números e, posteriormente, em informações, analisando-as para tirar as devidas conclusões.”

Na metodologia acrescentou na pesquisa experimental, realizada através de dados e experimentos técnicos, coleta de dados em ensaios realizados na máquina, em um laboratório de metrologia de uma instituição de ensino. Para a realização da pesquisa, foram utilizados os seguintes tipos de medições: comprimento, diâmetro, raio, rosca, chanfro e ângulos. Em cada processo de usinagem será buscada a medição de padrão de qualidade, visando sempre as tolerâncias dimensionais e geométricas.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1 Corpo de Prova

O corpo de prova utilizado será confeccionado em material de bronze, devido as suas inúmeras aplicações como: buchas, barras chatas, anéis de vedação, discos, parafusos, engrenagens, mancais, arruelas e outros. A maior aplicação do bronze é destinado a buchas ou anéis para a vedação em máquinas, com trabalho pesado, isso por conta de suas propriedades mecânicas como o alongamento e sua dureza. O bronze na usinagem é um material de boa usinabilidade, pois é um material maleável, que tem resistência estrutural, resistência à corrosão atmosférica e a capacidade de conter um ótimo acabamento. Conforme anexo 01

A peça usada no projeto foi feita no Solid Works 2010, tendo como finalidade proporcionar para os variados tipos de corpos e medições. O programa tem variadas funções para fazer diversos tipos de corpos em uma peça sendo ela circular ou quadrada.

#### 3.2 Máquinas Utilizadas

Hoje no mercado de trabalho tem-se variados tipos de máquinas com suas tecnologias avançadas. O projetor perfil, se torna um equipamento, que visa inovar e garantir tecnologias que permite medições exatas em peças, permitindo assim o monitoramento de todos os processos que o elemento passou até a sua virtualização, o modelo utilizado da máquina foi da marca Digimes 400.400, com uma lente objetiva com ampliação do tamanho real da peça em até dez vezes. Para a verificação das medições foi utilizado um painel digital da marca Sterling SDS6 de operação manual acoplado na máquina. Esse tipo de aparelho é utilizado em casos onde não é possível medir com equipamentos convencionais. Sua virtualização é capaz em dois planos a diascópica e episcópica. Sua projeção é atribuída através de duas versões qualitativa e quantitativa.

A segunda máquina utilizada foi o torno CNC (comando numérico computadorizado) ROMI CENTUR 30D que sua finalidade principal é a usinagem de peças cilíndricas com um alto nível de excelência com acabamento com alta perfeição como exigido nos padrões de peça, é utilizado em locais onde há uma produção em larga escala. Sua utilização foi para a fabricação da peça por completo onde realiza todos os tipos de operações. Seu funcionamento é através de programações feitas com linguagem MACH 9, como por exemplo um plano cartesiano em uma máquina onde se usa X (diâmetro) e Z (comprimento), sendo assim a máquina recebe as informações e executa a programação feita.

#### 3.3 Procedimentos Utilizados

A usinagem é um dos métodos mais utilizados nas empresas para a fabricação de objetos de metal, está serve como uma alternativa de formas de processos de fabricação. Contudo esse processo se resume na retirada de material, essa porção de material se chama cavaco.

A processo utilizado foi da usinagem em tornos, como finalidade a fabricação de peças cilíndrica com variados tipos de comprimentos, assim a retirada de material tem como finalidade deixar a peça bruta, com o resultado final esperado pelo o programador. Conforme anexo 02

O segundo método utilizado será com o auxílio do projetor de perfil, que consiste na virtualização de peça na tela de experimento com as variadas medições, este é utilizado principalmente em lugares em que a diâmetro seja de pouca escala onde não é possível a utilização de equipamentos convencionais como o paquímetro e micrometro. A sua precisão é tão exata que é usado também no ramo na aeronáutica, odontologia, farmacêutica e outros.

### 3.4 Sistema de Medição

O sistema de medição utilizado será com o próprio projetor de perfil que com a sua precisão é possível medir peças com os variados tipos de corpos que tem como a finalidade de ter um resultado com boa qualidade. Com a medição pode-se ter a avaliação mesmo de peças que alta escala ou até com baixa escala. Neste caso a alta escala vai pelo o tamanho da máquina utilizada no experimento para a obtenção de resultados com boa qualidade de trabalho do operador do torno ou mesmo do especialista em medições do projetor de perfil.

Tem-se variados tipos de medições que podem ser feitas como: diâmetro, comprimento, rosca, raio, ângulo e dentre outros, todos estes tipos de corpos são possíveis de serem medidos no projetor de perfil. Conforme anexo 03

### Considerações Finais

Os objetivos do projeto foram alcançados, pois todas as medidas realizadas, pois as medidas onde se encontrava dificuldade de serem realizadas, no projetor de perfil possibilitou a realização da conferência das mesmas.

O ponto chave do projeto está no projetor de perfil, devido a sua eficiência em medições, e com a sua implantação no processo fabril, o resultado será um produto final que atenda as expectativas do consumidor final.

Assim forma verificados benefícios provenientes do uso do equipamento, pois a aferição com o auxílio do projetor de perfil resultou na medição com padrão de excelência, garantindo as aferições necessárias da peça. Com a implantação deste equipamento em um sistema produtivo, onde se à necessidade de um produto com alto nível de exigência de qualidade, proporciona maior segurança na conferência de mediadas.

### Referências

- ADVAL, Francisco de Iria. **Metrologia na indústria**. 4ª.ed- São Paulo-SP: Editora Érica Ltda. 2005. 245p.
- ALVES, Luciana e Sá; XAVIER, Carolina T. de Araújo; FERREIRA, Ricardo Alves; JUNIOR, Klinger G. Meneses; CARDOSO, Carlos Adriano; BERNARDES, Américo Tristão. **A definição das unidades de base do SI para o aprimoramento do Ensino de Ciências**. – Maresias-SP, p.3, 2010.
- BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz T. do Vale. **Introdução a Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos**, Florianópolis-SC: Editora da UFSC; p.270, 2006.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio de língua Portuguesa/ Aurélio Buarque de Holanda Ferreira**. -3.ed.-Curitiba: Positivo, 2004. 2120p.
- INMETRO. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia**. 2ª.ed.- Brasília:SENAI/DN, 2000. 75p.
- MAFÈ, Giovanni; POZZA, Rino; SCARATO, Giovanni. **Desenho Técnico Mecânica**. -2ª.ed. -Curitiba-PR: Hemus Livraria, Distribuidora e Editora, 2004. 277p.
- RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, Carla S. ten. **Etapas na Otimização Experimental de Produtos e Processos: Discussão e Estudo de Caso**, Belo Horizonte-BH, Vol.6, N°1, p.45-64, 1996.



SILVA, Arlindo; RIBEIRO, Carlos Tavares; DIAS, João; SOUSA, Luís. **Desenho Técnico Moderno**. -4°. ed. Atualizada e Aumentada. - Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2010. 475p.

SOUZA, Marcone J. Freitas. **Introdução à otimização**: Programação Linear. –Ouro Preto- SP, p.329, 2010.

UMARAS, Eduardo. **Tolerâncias Dimensionais em Conjuntos Mecânicos: Estudo e Proposta para Otimização**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, -São Paulo-SP; p.18-150, 2010.

MARTINS, Júlio. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Editora Dowbis, p. 81, 2017.

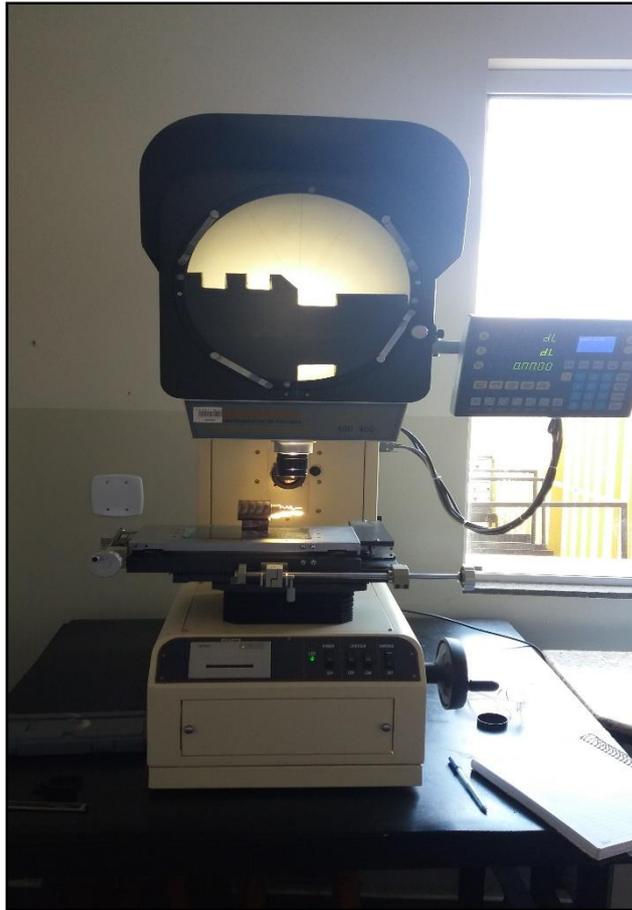
ANEXO



Anexo 01: Fonte Própria



Anexo 02: Fonte Própria



Anexo 03: Fonte Própria