



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



Clayton Luís Gonsalves  
Valdinei Sandro de Souza

## **DIGITALIZAÇÃO DE MEDIÇÕES DIMENSIONAIS**

**CURITIBA**  
**2021**

Clayton Luís Gonsalves  
Valdinei Sandro de Souza

## **DIGITALIZAÇÃO DE MEDIÇÕES DIMENSIONAIS**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA  
2021**

## RESUMO

Para atender aos requisitos dos nossos clientes, as indústrias automotivas, é necessário que todas as etapas da produção sejam monitoradas para que se atinja o especificado. Em produtos que são considerados de segurança, (que podem causar acidentes com o usuário final) nas indústrias de peças automotivas, estes controles de processo são ainda mais rígidos, com pena em caso de falha comprovada na esfera cível.

O controle dimensional off-line, são equipamentos de medição e controle fora de máquina que são utilizados por operadores de produção, manualmente.

A nossa proposta é realizar a coleta dos dados dimensionais de forma automática e digitalizar para utilização em software de dados estatísticos. A metodologia que usaremos é utilizar nos equipamentos manuais de medição e controle o uso de placas com conexão via usb até o equipamento de medição e wi-fi para coleta dos dados no computador da máquina. Através de uma placa Arduino fazer a coleta dos dados e enviar para a rede, via conexão wi-fi.

Com o controle 100% digitalizado, os principais resultados são dados confiáveis e estudos de variação das características controladas com mais eficiência, fazendo com que a intervenção nas máquinas seja efetiva e mais acertada, antes de características saírem fora do especificado, reduzindo refugos e retrabalhos.

Com esta proposta é possível concluir que teremos um processo mais controlado e eficaz

Palavras-chave: Controle. Dimensional. Dados. Digitalização.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1 – DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO COMPOSTO POR UM RELÓGIO COMPARADOR DIGITAL ACOPLADO A UM INSTRUMENTO QUE FAZ AS MEDIÇÕES NA COLUNA DE DIREÇÃO.....	9
FIGURA 2 – OUTRA PERSPECTIVA DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO.....	9
FIGURA 3 – OS DOIS RELÓGIOS COMPARADORES UTILIZADOS.....	10
FIGURA 4. – PLACA ARDUINO MEGA 2560 PARA A DIGITALIZAÇÃO DOS DADOS.	10

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – MEDIÇÃO DO DIÂMETRO EXTERNO DOS EIXOS DE DIREÇÃO, DE ACORDO COM O PERÍODO DE MEDIÇÃO .....	11
---	----

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. JUSTIFICATIVA.....	7
1.4. HIPÓTESE.....	8
1.5. OBJETIVO.....	8
1.5.1. OBJETIVO GERAL.....	8
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	9
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	<b>12</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>16</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Resultados de medições incorretos ou inexatos podem conduzir a decisões erradas que podem ter consequências sérias no processo produtivo, como alteração de parâmetros indevidos, desperdício de recursos materiais, financeiros e, de mão-de-obra. As consequências humanas e econômicas de decisões erradas baseadas em resultados de medições inexatos podem ser incalculáveis. A análise dos dados de processos, decidindo se uma característica de medição está apta ou não para ser avaliada, desempenham função de suma importância nas relações de análise e liberações de um produto face aos vários efeitos negativos que resultados de menor confiabilidade podem provocar à produção de colunas de direção. Esta decisão só pode ser tomada com base em dados confiáveis. A credibilidade da medição é, portanto, especialmente necessária onde quer que exista conflito de interesse, ou onde quer que medições incorretas levem a riscos indesejáveis aos indivíduos ou à sociedade. Para garantir a confiabilidade das medições realizadas, além do pessoal técnico envolvido treinado e comprometido com a atividade, métodos, procedimentos atualizados e avaliação dos resultados obtidos, os instrumentos utilizados devem atender a todos os requisitos estabelecidos. Como o objetivo de melhorar a capacidade de se produzir resultados tecnicamente válidos, atendendo à confiabilidade requerida e assim garantir a credibilidade dos resultados, este trabalho apresenta uma proposta de sistema de informação automatizado, focado na obtenção de resultados de medição de forma automática, digital e em tempo real, sem a interferência do operador de produção na coleta dos dados, para garantir a confiabilidade metrológica. Tendo em vista que os estes resultados vão diretamente para um software de avaliação de capacidade de medição e todos os dados de controle da característica estão prontos para serem analisados, conforme procedimentos e normas estabelecidas pela IATF 16949.

### **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Sistema de medição (SM) é um conjunto formado por instrumentos de medição, padrões, operações, métodos, dispositivos de fixação, software, pessoal, ambiente e premissas utilizadas para quantificar a unidade de medição ou corrigir a avaliação da característica que está sendo inspecionada. Trata-se do processo completo usado para obter as medições (AIAG, 2010).

A qualidade de um SM é verificada por propriedades estatísticas associadas a esse sistema. Outras características desejáveis em um SM são a facilidade de utilização e o seu custo de operação, ou seja, um correto SM também deve ser de operação ágil e fácil, além de ter baixo custo operacional. Por exemplo: instrumentos mais precisos e com resoluções melhores são mais caros, mas não necessariamente são os mais adequados a um SM. Assim como nos demais processos, o SM está sujeito a vários tipos de variações que são relacionadas às causas comuns e causas especiais. A análise de um SM visa compreender as fontes de variação que influenciam nos resultados de medição. Hoje em dia, os dados de medição são usados para analisar e ajustar os processos, ou ainda como ferramenta para identificar se existe relação ou não entre duas ou mais variáveis. (ROTONDARO et al., 2002).

Processo de fabricação consiste em um conjunto de máquinas, células ou somente uma máquina que desenvolve este processo, que transforma a matéria-prima em um produto previamente determinado, utilizando de um conjunto de controles, tarefas e etapas, até a saída do processo como o produto final.

## **1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

No processo de fabricação existem vários tipos de controles, sistemas de medição, especificamente neste processo que se trata de conformação de tubos, em cada etapa do processo é feita a conformação do tubo para transformá-lo em um eixo, que será o eixo principal da coluna de direção, e fará a conexão entre o volante e a caixa de direção.

Em cada etapa do processo é verificado a característica através de um SM localizado in-line, na própria máquina e os resultados obtidos nas medições são gerados e gravados automaticamente e apresentados em um software na própria máquina, garantindo assim o controle efetivo do processo, porém algumas características não são possíveis de serem controladas dentro da máquina, nos SM in-line, desta forma serão controlados nos equipamentos off-line, que são controlados pelos operadores antes de colocar as peças dentro da embalagem.

## **1.3. JUSTIFICATIVA**

Estes equipamentos off-line não estão interligados a nenhum sistema da máquina, desta forma seus valores não são gravados cem por cento no software, e

sim em uma periodicidade, sendo mais difícil avaliar em tempo real, ou seja, verificar no software como o processo se comporta durante toda a produção, a ideia é tornar este equipamento capaz de realizar o controle online de todas as peças, tirando a variante de controle especificamente do operador e coletando dados mais confiáveis.

Desta forma poderemos acompanhar os dados simultaneamente e ter dados fidedignos, melhorando a atuação do técnico de processos, que pode acompanhar o comportamento da característica e realizar os ajustes necessários na máquina antes de gerarmos refugos em peças que estão conformadas e prontas, reduzindo tempo e custo de refugos, garantindo que as peças estão com a característica dentro do especificado pelo processo.

A importância deste trabalho é fundamental para que sejam evitadas reclamações em clientes, dificuldade de montagem do componente em outras máquinas e a apresentação de dados confiáveis durante toda a fabricação do produto.

#### **1.4. HIPÓTESE**

Para a resolução deste problema temos alternativas, que implicam em custos altos e aumento do tempo de ciclo da máquina e custo do produto. Uma das hipóteses é colocar um sistema de medição in-line, que controle esta e outras características, o que atrapalha é o custo do equipamento e o aumento do tempo de ciclo, ou seja, o tempo de ciclo de produção praticamente dobra, sendo impossível ter um cálculo de pagamento do dispositivo sem aumentar o custo do produto.

Outra hipótese seria colocar outro operador na máquina para medir e coletar todos os resultados obtidos, além de aumentar o custo do produto com a colocação de mais mão-de-obra, os resultados seriam abastecidos manualmente e não seriam compilados em tempo real, gerando também a possibilidade de erro de digitação e captação dos resultados.

#### **1.5. OBJETIVO**

##### **1.5.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma metodologia para a medição off-line de colunas de direção de automóveis, bem como processar e analisar os resultados das medições, além de estudar a eficácia da metodologia desenvolvida.

### 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Desenvolver o aparato de medição de colunas de direção de automóveis;
- Analisar os dados por meio de uma placa Arduino;
- Expressar as medições em um software computacional.
- Realizar uma análise da eficácia da metodologia apresentada.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na indústria automobilística, a preocupação com a qualidade é um fator imprescindível no desenvolvimento e fabricação dos veículos. Devido a isso, foi desenvolvida a norma IATF 16949, que cuida da qualidade no setor.

A indústria automotiva global exige altos níveis de qualidade de produto, produtividade e competitividade, bem como melhoria contínua. Para atingir esse objetivo, muitas montadoras insistem em exigir que seus fornecedores sejam aprovados na certificação do padrão de gerenciamento de qualidade de fornecedores automotivos IATF 16949.

IATF 16949 é uma especificação técnica ISO que é consistente com os padrões existentes do sistema de qualidade automotivo da América do Norte, Alemanha, França e Itália na indústria automotiva global. Ele especifica os requisitos do sistema de qualidade para o design / desenvolvimento, produção, instalação e manutenção de produtos automotivos. A IATF 16949 foi desenvolvida pela International Automotive Task Force (IATF) para promover a melhoria da cadeia de suprimentos e do processo de certificação. Na verdade, para a maioria dos principais fabricantes de automóveis, a certificação por meio dessa especificação é um requisito obrigatório para os negócios.

Esta especificação cumpre e substitui os padrões existentes do sistema de qualidade automotivo da América do Norte, Alemanha, França e Itália, incluindo QS-9000, VDA 6.1, EAQF e ASQ. Ele especifica os requisitos do sistema de qualidade para o design / desenvolvimento, produção, instalação e manutenção de todos os produtos automotivos. Foi lançado pela primeira vez em março de 1999 e revisado em 2002 e 2009. Agora, ele tem mais de 47.500 certificados emitidos pelas três principais áreas de negócios da América, Europa e Ásia. A IATF 16949 se aplica a todos os tipos de empresas de suprimentos automotivos, desde pequenos fabricantes até organizações multinacionais e com várias localizações localizadas em qualquer lugar do mundo. No entanto, só se aplica a locais onde as peças de produção ou de serviço são fabricadas para o mercado de equipamento original.

As organizações que desejam entrar no mercado automotivo devem esperar até entrar na lista de fornecedores potenciais de clientes automotivos antes de prosseguir com a certificação desta especificação.

Quais são os benefícios?

- Obtenção de uma licença de comércio internacional e expandir os negócios.
- Melhoria do processo para reduzir o desperdício e evitar defeitos.
- Cancela a exigência de vários certificados na fabricação de veículos  
Integração da IATF 16949 com outros sistemas de gestão.
- Prove a conformidade para obter novos negócios e perspectivas de investimento.

### 3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Aqui foi desenvolvida a metodologia para o sistema de medição off-line interconectado de colunas de direção, utilizando dois relógios comparadores – um Mitutoyo e um Insize – para fazer a medição das medidas externas do eixo de direção, em especial do diâmetro externo desta, além de um instrumento que serve de interface entre o relógio comparador e o eixo de direção. Tal dispositivo é mostrado nas figuras 1 a 3.

Figura 1. Dispositivo de medição composto por relógio comparador digital acoplado a um instrumento que faz as medições no eixo de direção.



Autoria própria.

Figura 2. Outra perspectiva do dispositivo de medição.



Autoria Própria.

Figura 3. Os dois relógios comparadores utilizados.



Autoria própria.

Os dados da medição obtidos pelo dispositivo composto descrito acima são coletados por um sistema de digitalização de dados, que os coletam por intermédio de uma placa Arduino Mega 2560, que faz o processamento destes dados, e os enviam ao software, no computador, em tempo real. A placa em questão está ilustrada na figura 4.

Figura 4. Placa Arduino Mega 2560 para a digitalização dos dados.

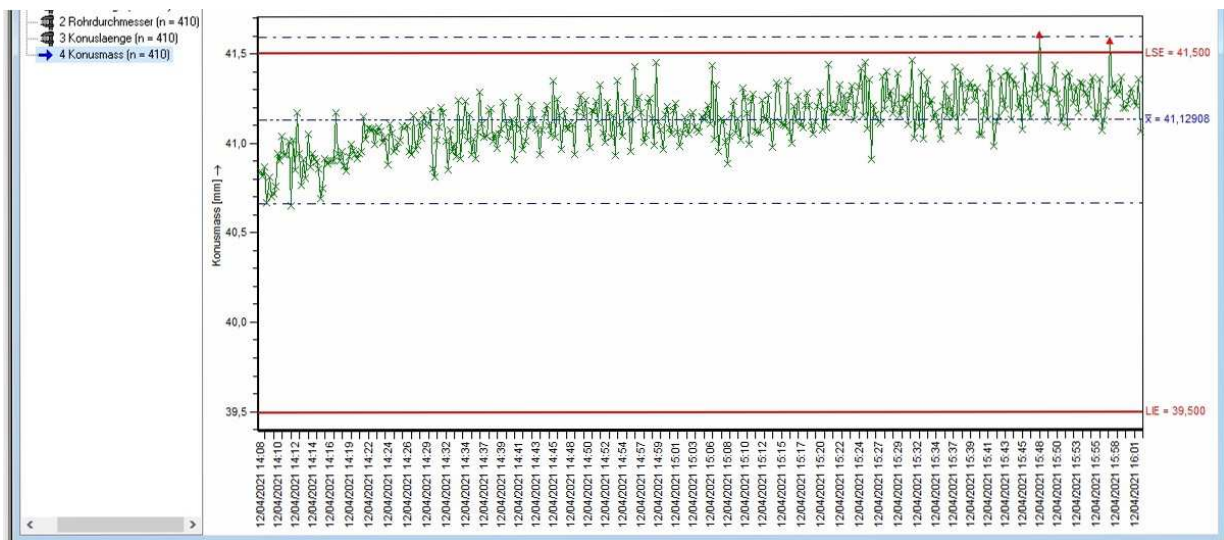


Autoria própria.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram expressos no software de dados no computador, que organiza os dados processados pela placa Arduino, e obtidos pelo dispositivo de medição, mostrando a medição do diâmetro externo dos eixos de direção ao longo do período de tempo, apresentando esses dados em tempo real, conforme expresso na tabela 1.

Tabela 1. Medição do diâmetro externo dos eixos de direção, de acordo com o período de medição.



Autoria própria.

Pode-se perceber pela tabela 1 que a medida dos diâmetros externos fica dentro dos valores limites, superior e inferior, estipulados, com poucos componentes fora das especificações, e que o valor médio fica em torno de 41,13 mm.

## 5. CONCLUSÕES

Analisando a metodologia apresentada e os resultados obtidos, pode-se chegar à conclusão de que não só os resultados obtidos estão dentro dos limites desejados, o que possibilita perceber que a metodologia apresentada é eficaz e apropriada para obtê-los.

A indústria automotiva global exige um alto nível de qualidade do produto, produtividade e competitividade, bem como melhoria contínua. Certamente, a metodologia explicitada neste trabalho atende às exigências da indústria automobilística com relação à qualidade, expressas na norma IATF 16949.

Isso é de fundamental importância para os fornecedores de peças e de insumos, bem como eventuais novos fabricantes, pois a metodologia apresentada certamente será de ajuda vital para estes atores da indústria em sua meta de produzir com qualidade conforme a certificação da norma IATF 16949.

Com os resultados obtidos em tempo real, a correção da característica do produto é feita muito mais rapidamente, com a aquisição de cem por cento dos dados é possível analisar a capacidade do processo, monitorando e prevendo o que está acontecendo, reduzindo drasticamente a possibilidade de se encontrar um refugo após toda a conformação do eixo.

Ficou claro neste estudo, que um investimento maior é possível fazer a abrangência para outros controles no processo produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BSI BRASIL. **IATF 16949 – Indústria Automotiva**. Disponível em: <<https://www.bsigroup.com/pt-BR/IATF-16949-Industria-Automotiva/>>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

**IATF. 16949: 2016**: 1ª edição, 2016.

ROTONDARO, R. G. (Org.) **Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002