

**ÁREA TEMÁTICA: ESTUDOS ORGANIZACIONAIS**

**A IMPLANTAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA ANÁLISE DOS SISTEMAS DE  
MEDIÇÃO NO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA  
DE AUTOPEÇAS**

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta a implantação da metodologia de Análise dos Sistemas de Medição (MSA) no sistema de gestão da qualidade (SGQ) em uma indústria de autopeças, localizada no interior de Minas Gerais. Neste trabalho serão apresentadas as técnicas abordadas no manual MSA 4ª edição da AIAG, para avaliar a qualidade e adequação de um sistema de medição que será implantado no SGQ. Os estudos do MSA foram realizados em três etapas distintas: a caracterização dos instrumentos de medição, o planejamento, a coleta e a análise dos dados, e, por fim, foram sugeridas ações de aprimoramento. O estudo foi direcionado para a área dimensional e evidenciou que é possível a implantação do MSA no SGQ. As análises dos sistemas de medição não revelaram problemas relacionados à estabilidade, tendência, linearidade, repetitividade e reprodutibilidade. Contudo, foi recomendada a implementação de medidas de aprimoramento para elevar a qualidade desses sistemas de medição, tais como calibrações e limpezas regulares dos instrumentos de medição, além de fornecer treinamentos aos operadores. Por fim, para mapeamento e padronização do processo foi utilizado o ciclo Plan, Do, Check, Act (PDCA).

**PALAVRAS-CHAVES:** *Análise dos Sistemas de Medição; Sistema de Gestão da Qualidade; indústria de autopeças; ciclo PDCA.*

**ABSTRACT:** *This paper presents the implementation of the Measurement Systems Analysis (MSA) methodology in the Quality Management System (QMS) of an auto parts industry located in the interior of Minas Gerais. This work will present the techniques addressed in the AIAG's MSA 4th edition manual to assess the quality and suitability of a measurement system to be implemented in the QMS. The MSA studies were conducted in three distinct stages: the characterization of the measuring instruments, the planning, data collection and analysis, and finally, improvement actions were suggested. The study was focused on the dimensional area and showed that the implementation of MSA in the QMS is possible. The analysis of the measurement systems did not reveal any problems related to stability, bias, linearity, repeatability, and reproducibility. However, the implementation of improvement measures was recommended to enhance the quality of these measurement systems, such as regular calibration and cleaning of the measuring instruments, as well as providing training to operators. Finally, the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle was used for process mapping and standardization.*

**KEYWORDS:** *Measurement Systems Analysis; Quality Management System; automotive parts industry; PDCA cycle.*

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de autopeças é um setor estratégico para a economia de diversos países, incluindo o Brasil. Essa indústria é responsável por produzir peças e componentes que são utilizados na fabricação de veículos, desde carros de passeio até caminhões e ônibus. A qualidade desses produtos é essencial para garantir a segurança dos motoristas e passageiros, bem como a eficiência e durabilidade dos veículos.

Nesse contexto, o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é um sistema importante para garantir a qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela indústria de autopeças. Ele é um conjunto de políticas, processos e procedimentos que visam garantir a qualidade dos produtos e serviços através de ferramentas que ajudam na padronização dos processos como o MSA (definir MSA), por exemplo. A qualidade é garantida por meio da identificação e eliminação de problemas e da melhoria contínua dos processos.

Diante disto, o Measurement System Analysis (MSA) ou análise de sistema de medição é uma ferramenta estatística de extrema importância, utilizada para avaliar a qualidade e adequação de um sistema de medição, ou seja, a capacidade de um sistema de medir com precisão e consistência. Esse sistema é responsável por identificar possíveis problemas e permitir a implementação de ações corretivas para melhorar a qualidade do produto.

A padronização é um processo que visa estabelecer um padrão ou norma para a realização de uma atividade. No caso da análise do sistema de medição, a padronização é importante porque garante que os resultados obtidos sejam precisos e aguardados.

A implantação e padronização da análise do sistema de medição é um processo fundamental para garantir a qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela indústria de autopeças. Por meio do SGQ e da medição da qualidade, é possível identificar problemas e implementar ações corretivas para melhorar a qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

À vista disso, uma indústria de autopeças, localizada no interior de Minas Gerais especializada em sinalização para veículos pesados e comerciais, tem como uma de suas principais dificuldades, a realização dos estudos de MSA em seus produtos e processos.

Logo, este estudo tem por objetivo geral avaliar a implementação do MSA no SGQ desta indústria e assim, ser possível aumentar a confiabilidade e a precisão das medições realizadas em processos relacionados ao controle das dimensões de peças. Como objetivos específicos destacam-se:

- a) Implementar o MSA utilizando sua primeira fase para identificar os fatores e propriedades mais significativos que atuam na qualidade de medição das peças.
- b) Utilizar o ciclo Plan, Do, Check, Act (PDCA) para mapeamento e padronização do processo, a fim de garantir que o processo de medição seja avaliado e controlado.

O referencial teórico, a metodologia utilizada, a análise dos dados e os resultados obtidos são apresentados nas seções a seguir.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A qualidade de um produto ou processo está relacionada à sua capacidade de satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes ou usuários. A garantia de produzir produtos que estejam dentro de especificações bem definidas é primordial nas empresas e indústrias. Assim, a análise de sistemas de medição e uma gestão de qualidade eficientes e bem desenvolvidas é fundamental.

A seguir, é apresentada uma revisão da literatura sobre Análise de Sistemas de Medição aplicada em Sistemas de Gestão da Qualidade.

Segundo Assis e Cancian (2020), MSA é uma ferramenta para se avaliar a confiabilidade de medições. Esta ferramenta foi aplicada para avaliar o processo de vulcanização em uma indústria automotiva que utiliza inspeção visual no controle de qualidade desta etapa. Foi utilizada a Análise de Teste de Hipótese. A aplicação da ferramenta mostrou-se adequada e eficiente nas análises realizadas, como por exemplo, probabilidade de falso alarme, probabilidade de falha de medição, determinação da eficácia da inspeção visual como método de medição, entre outros.

Segundo Araújo Neta e Gonçalves (2022), foi realizado um trabalho com o objetivo de adaptar o sistema de medição dos indicadores de desempenho de uma empresa gráfica, a fim de melhorar processos. Foi realizado o acompanhamento de indicadores da Eficiência Global do Equipamento (OEE) Previsto e Realizado, Velocidade Média e Acerto, de acordo com a metodologia PDCA em 4 etapas: planejamento, execução, verificação e ação. A aplicação do plano de ação resultou em melhorias significativas nos indicadores que mostram a eficácia do sistema de acompanhamento avaliado.

Segundo Pizzolato et al. (2019), é apresentada a aplicação da metodologia de Análise dos sistemas de Medição (MSA) para avaliar o desempenho dos instrumentos de medição em uma empresa metalúrgica de médio porte, na área de usinagem. O estudo abordou a caracterização dos instrumentos, coleta e análise de dados, e a proposição de melhorias. Com os resultados obtidos, foi possível identificar problemas no sistema de medição e também suas causas, sendo possível propor melhorias neste sistema a fim de aumentar sua qualidade.

### **2.1 MSA - Análise de Sistemas de Medição**

#### **2.1.1 Conceitos de MSA**

O manual MSA tem como objetivo fornecer orientações para avaliar a qualidade de um sistema de medição. Embora as diretrizes possam ser aplicadas a sistemas de medição em geral, elas são especialmente direcionadas aos sistemas

utilizados na indústria, conforme a AIAG (2010).

Segundo Felício (2012), o MSA é um método estatístico desenvolvido para estudar e analisar o comportamento dos sistemas de medição, favorecendo confiança e certeza nas leituras dos dispositivos. Um sistema de medição que não fornece certeza ou confiança pode levar a empresa a fazer investimentos substanciais na aquisição de ferramentas e outros meios de medição, sem que haja necessidade ou de forma ineficiente. Por esse ângulo, o MSA é extremamente importante na indústria, pois ele avalia a validade de um sistema de medição e minimiza os fatores que interferem na variação de um processo.

### **2.1.2 Qualidade dos dados de medição**

A qualidade dos dados de medição é determinada pelas propriedades estatísticas de medições múltiplas obtidas de um sistema de medição operando sob condições de estabilidade. Se as medições de uma grandeza ou propriedade estiverem próximas do valor padrão principal, a qualidade dos dados é considerada alta. Da mesma forma que, se as medições estiverem distantes do valor do padrão principal, é considerada baixa a qualidade dos dados. Um dos motivos mais comuns da baixa qualidade dos dados é uma variação excessiva que existe em um conjunto de medições, em função da interação entre o sistema de medição e seu ambiente (WHEELER, 1995).

AIAG (2010) relata que as propriedades estatísticas mais comumente usadas para caracterizar a qualidade dos dados são a tendência e a variância do sistema de medição. A tendência descreve a posição dos dados em relação ao valor de referência “padrão” e a variância descreve a dispersão dos dados.

### **2.1.3 Sistema de medição**

Um sistema de medição é composto por um ou mais instrumentos de medição, que têm como finalidade fornecer dados de valores medidos dentro de uma faixa pré-determinada (INMETRO, 2012). No entanto, de acordo com a AIAG (2010), a definição de sistema de medição abrange não apenas os instrumentos de medição em si, mas também padrões, operações, métodos, pessoal e ambiente envolvidos no processo.

Os instrumentos de medição são utilizados para obter resultados que ajudam a avaliar a qualidade de um processo e, por consequência, do produto, permitindo decidir sobre as ações necessárias para atender às expectativas do cliente. Embora as propriedades estatísticas possam variar entre diferentes sistemas de medição, existem algumas características essenciais que determinam a qualidade de um sistema de medição. Essas características incluem (AIAG, 2010):

1. Selecionar o instrumento de medição: ao selecionar um instrumento de medição, considerar que a resolução deva ser a divisão da tolerância em 10 partes ou mais.
2. Realizar a estabilidade estatística: a variação observada deve ser atribuída apenas a causas comuns, ou seja, à variação natural do processo. Por outro

lado, as causas especiais, são variações que ocorrem de forma anômala, não sendo relacionadas ao processo natural.

3. Controlar o produto: avaliar o sistema de medição com tolerância da característica do produto, ou seja, verificar se a variabilidade do sistema de medição é pequena em relação aos limites de especificação da característica do produto a ser medido.

4. Controlar o processo: as variáveis do processo devem apresentar uma resolução eficaz e uma variabilidade pequena em relação à variação do próprio processo.

### 2.1.4 Tipos de estudo em um sistema de medição replicável

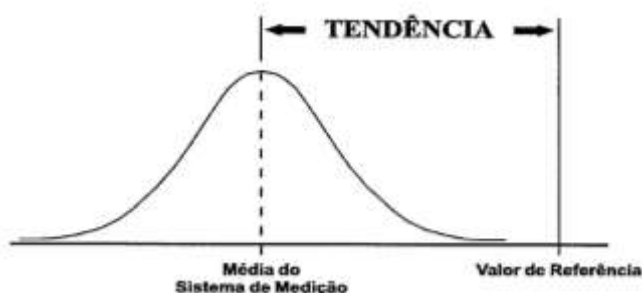
Um sistema de medição replicável é aquele que permite medir a mesma característica de uma peça várias vezes sem danificá-la (MSA, 2010).

Segundo a AIAG (2010), existe 4 tipos de estudos sobre MSA, sendo eles: tendência, estabilidade, linearidade e repetitividade e reprodutibilidade (R&R).

#### 2.1.4.1 Tendência

Tendência é a diferença entre o valor verdadeiro (ou valor de referência) e a média das medições observadas de uma mesma característica em uma peça. É uma medida do erro sistemático do sistema de medição (LEÃO, 2012) e representa a contribuição para o erro total, que é composta pelos efeitos combinados de todas as fontes de variação, conhecidas ou desconhecidas, e cujas contribuições tendem a compensar consistentemente e de forma previsível todos os resultados de aplicações repetidas do processo de medição (AIAG, 2010). A Figura 1 apresenta uma representação gráfica da tendência.

Figura 1 - Representação gráfica da tendência



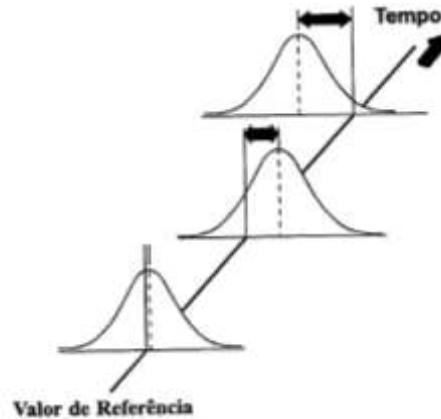
Fonte: Adaptado de AIAG (2010)

#### 2.1.4.2 Estabilidade

A estabilidade também conhecida como desvio, refere-se à variação total nas medições obtidas com um sistema de medição em um mesmo padrão-mestre ou em peças ao longo de um período de tempo prolongado, ao medir uma única característica. Em outras palavras, a estabilidade é a variação da tendência ao longo

do tempo (AIAG, 2010), conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Representação gráfica da estabilidade



Fonte: Adaptado de AIAG (2010)

A avaliação da estabilidade de um sistema de medição ocorre ao longo de um período de tempo específico, por meio do uso de cartas de controle. Essas cartas são utilizadas para avaliar o desempenho do sistema de medição (MONTGOMERY, 2009).

#### 2.1.4.3 Linearidade

A linearidade de um sistema de medição refere-se à variação da tendência ao longo do intervalo de operação do equipamento. Em outras palavras, é a diferença da tendência em relação ao tamanho da característica medida (AIAG, 2010).

Segundo Montgomery (2009), linearidade é uma medida do desempenho do dispositivo de medição ao longo de sua faixa de operação, verificando a variação da tendência em relação ao tamanho da medição, conforme pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Representação gráfica da linearidade



Fonte: Adaptado de AIAG (2010)

#### 2.1.4.4 Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R)

Leão (2012) explica que a repetitividade envolve a análise da variação das medidas obtidas por uma única pessoa que repetirá o processo várias vezes para a

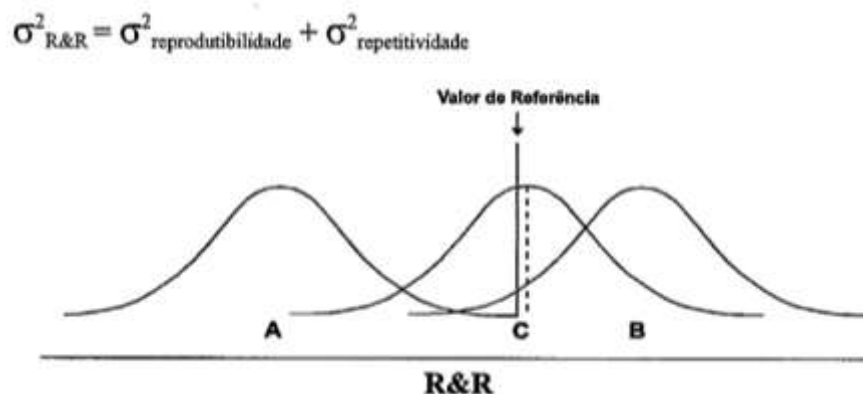
mesma quantidade. Por outro lado, a reprodutibilidade envolve diferentes indivíduos usando o mesmo equipamento para medir a mesma quantidade várias vezes, mas em uma única peça.

A R&R de um dispositivo de medição é uma medida da variação combinada da repetitividade e da reprodutibilidade. Ou seja, o R&R pode ser entendido como a variância resultante da soma das variações internas e externas do sistema. (AIAG, 2010).

Montgomery (2016) enfatizou que garantir o controle estatístico de qualidade em um processo de medição envolve dois fatores cruciais: a capacidade do instrumento de medição e a capacidade do sistema de teste.

A representação gráfica de R&R pode ser vista na Figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica de R&R



Fonte: Adaptado de AIAG (2010)

### 2.2.1 Definição de Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)

A NBR ISO 9000 (2015) afirma que uma organização voltada para a qualidade promove uma cultura que se traduz em comportamentos, atitudes, atividades e processos que agregam valor ao atender às necessidades e expectativas dos clientes e outras partes interessadas relevantes. De acordo com o padrão, um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é um sistema dinâmico que evolui ao longo do tempo através de períodos de melhoria. Seguindo o contexto, Martinelli (2009) afirma que a Qualidade é um conceito universal aplicável a todos os produtos e serviços. Assim, organizações de todos os portes e segmentos diversos têm a Qualidade como essência para entender as necessidades de seus clientes internos e externos.

### 2.2.2 ISO 9001

Os padrões da série ISO 9000 fornecem um guia para a implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade quando uma organização precisa demonstrar sua capacidade de fornecer consistentemente produtos que atendam aos requisitos do cliente. Os requisitos regulamentares são aplicáveis a um Sistema de Gestão da



Qualidade onde a organização deve demonstrar a sua capacidade de fornecer ao mercado produtos de qualidade e também quando visa aumentar a satisfação do cliente, através da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos de melhoria contínua e garantia da conformidade com o cliente (ABNT, 2005).

Seguindo o contexto, a norma ISO 9001(2015) diz que, a Gestão da Qualidade é um conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização em relação à qualidade. Deve incluir o estabelecimento de políticas de qualidade, objetivos de qualidade e processos para atingir esses objetivos.

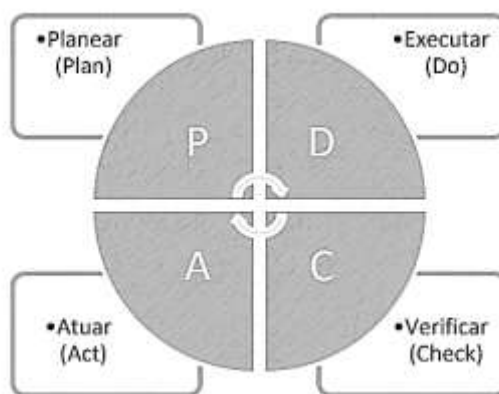
O MSA possui interação com a norma NBR ISO 9001 nos seguintes tópicos: 7.1.5 Recursos de monitoramento e medição e 7.1.5.2 Rastreabilidade de medição.

### 2.3.1 Definição do ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA)

O ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) desenvolvido por Shewhart e popularizado por Deming, é uma metodologia de melhoria contínua que visa dar suporte à tomada de decisão e garantir a sobrevivência de uma organização (De Souza, 2016) (Figura 5). Este ciclo é dividido em 4 etapas: planejar (plan), executar (do), controlar (control) e atuar (act)). De acordo com a norma ISO 9001(2015), as etapas são descritas como:

- Planejar: estabelecer os objetivos, processos e recursos necessários do sistema para entregar resultados de acordo com os requisitos do cliente e as políticas organizacionais.
- Executar: implementar o que foi planejado.
- Controlar: monitorar e, quando aplicável, medir processos, produtos e serviços resultantes em relação a políticas, objetivos e requisitos. Relatar os resultados.
- Atuar: tomar ações para melhorar o desempenho, conforme necessário.

Figura 5 - Representação do ciclo PDCA

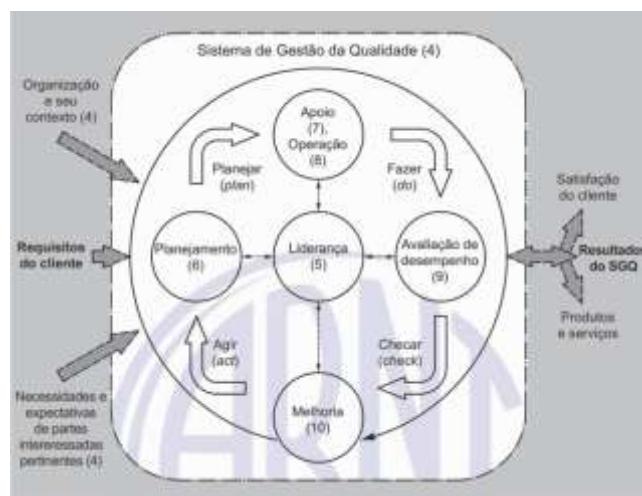


Fonte: Autor (2023)

### 2.3.2 Interação do ciclo PDCA com a ISO 9001 e MSA

A melhoria contínua é um dos pilares do conceito da ISO 9001 e um dos principais objetivos do ciclo PDCA. Nesse contexto, Maekawa, Carvalho & Oliveira (2013) afirmam que a norma ISO 9001 é baseada no ciclo PDCA. A ideia é manter um ciclo de melhoria contínua dos padrões de gestão, elevando constantemente o desempenho a um patamar superior. Além disso, o MSA tem como objetivo aprimorar as análises do sistema de medição. É possível avaliar a interação do PDCA com a ISO 9001 através do fluxograma descrito na Figura 6.

Figura 6 - Representação da estrutura da norma ISO 9001 no ciclo PDCA



Fonte: Adaptado da norma ISO 9001 (2015)

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida seguindo as etapas apresentadas a seguir:

Etapa 1– Descrever o instrumento de medição utilizado: procedeu-se a uma pesquisa aplicada em um dos instrumentos de medição utilizados no SGQ, analisando capacidade de resolução, estado de funcionamento e as tolerâncias que devem ser medidas por ele. Essa etapa engloba os passos 1 a 4 do método proposto por AIAG (2010);

Etapa 2 (PDC)– Planejar e executar a coleta de dados, seguida pela análise dos dados: nesta etapa, foi elaborado um plano para a coleta de dados, que foi realizado conforme o planejado. Em seguida, os dados foram submetidos a uma análise estatística, abrangendo os estudos de estabilidade, tendência, linearidade e R&R, que compõem a primeira parte do passo 5 da metodologia AIAG (2010);

Etapa 3 (A)– Propor melhorias no sistema de medição: com base na análise dos dados, foram obtidas conclusões sobre o sistema de medição, e foram propostas ações de melhoria, correspondendo à parte final do passo 5 da metodologia AIAG (2010).

Este estudo abrange apenas os cinco primeiros passos do AIAG (2010), uma vez que não foi possível realizar a verificação dos efeitos positivos das soluções

propostas para a melhoria do sistema de medição, devido às restrições de tempo impostas pela empresa.

O ciclo PDCA está incluso a partir da etapa 2.

#### **4. ANÁLISE DOS DADOS**

O SGQ realiza o controle dos instrumentos de medição. O instrumento escolhido para a análise dos sistemas de medição foi um paquímetro digital de 200 mm nomeado de DMM-03. A escolha do instrumento foi baseada nas informações de sua ficha técnica onde constava suas características como: o tipo, a resolução, tolerância, precisão, a faixa de medição e pontos de calibração do instrumento.

Para a realização do estudo, três operadores (Operador A, Operador B e Operador C) foram selecionados, sendo que eles utilizam consistentemente os mesmos instrumentos de medição.

Para planejar a coleta de dados, foram considerados os seguintes estudos: estabilidade, tendência, linearidade e R&R (repetibilidade e reprodutibilidade), de acordo com as diretrizes do AIAG (2010). É importante destacar que as análises estatísticas foram feitas com tabelas padronizadas disponíveis no software Excel.

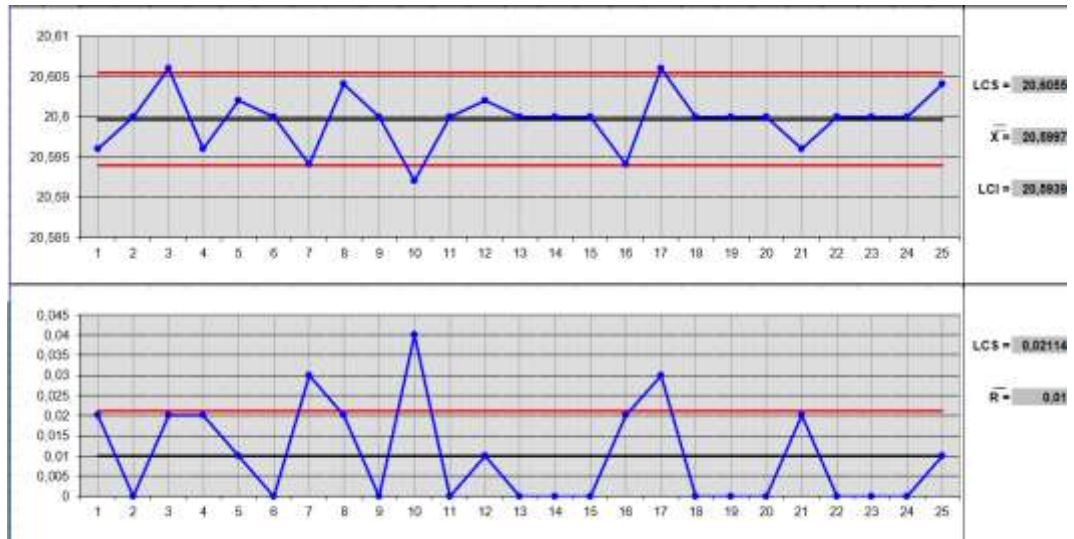
Para análise, foi determinada uma peça padrão nomeada de PEÇA X.

##### **4.1 Estudo de Estabilidade**

Para avaliar a estabilidade dos sistemas de medição, é necessário selecionar uma peça padrão, determinar o seu valor de referência e realizar medições ao longo do tempo utilizando o instrumento de medição em estudo. A coleta dos dados para o estudo de estabilidade foi realizada a cada dois dias de trabalho, em horários diferentes, ao longo de um período de 10 semanas.

A análise da estabilidade pode ser realizada por meio dos gráficos de controle de média ( $\bar{X}$ ) e amplitude (R), ou dos gráficos de  $\bar{X}$  e desvio padrão (s), de acordo com as diretrizes do AIAG (2010). No gráfico 1, são apresentadas as cartas de controle.

Gráfico 1 – Gráfico de controle do paquímetro DMM-03



Fonte – Autor (2023)

Ao analisar as cartas de controle, é evidente que todos os sistemas de medição apresentam problemas de estabilidade, uma vez que há pontos que ultrapassam os limites de controle. Esse resultado sugere que os instrumentos de medição não estão devidamente ajustados, possivelmente devido ao desgaste acumulado ao longo do tempo. Além disso, a falta de manutenção e limpeza adequadas também pode ser responsável pelo problema de ajuste observado.

## 4.2 Estudo de Tendência

Para que a tendência seja considerada válida, é necessário que o valor zero esteja contido dentro da faixa de medição. Em outras palavras, é preciso que ele esteja entre um número positivo e um negativo.

No estudo, foram selecionadas 15 peças e para cada uma dessas peças o valor de referência foi de 20,60 mm. Em seguida, o operador responsável pelo instrumento de medição realizou 15 medições. Os resultados do estudo podem ser analisados na Figura 7.

Figura 7 – Representação do resultado do estudo de tendência do paquímetro DMM-03

Média =	20,5967
Tendência =	-0,0033
Amplitude =	0,03
$\sigma_r =$	0,00899735
$\sigma_b =$	0,00232311
$tendência \pm \left[ \sigma_b \cdot \left( t_{\nu, 1-\frac{\alpha}{2}} \right) \right] =$	
<b>-0,0083</b>	<b>0,0016</b>

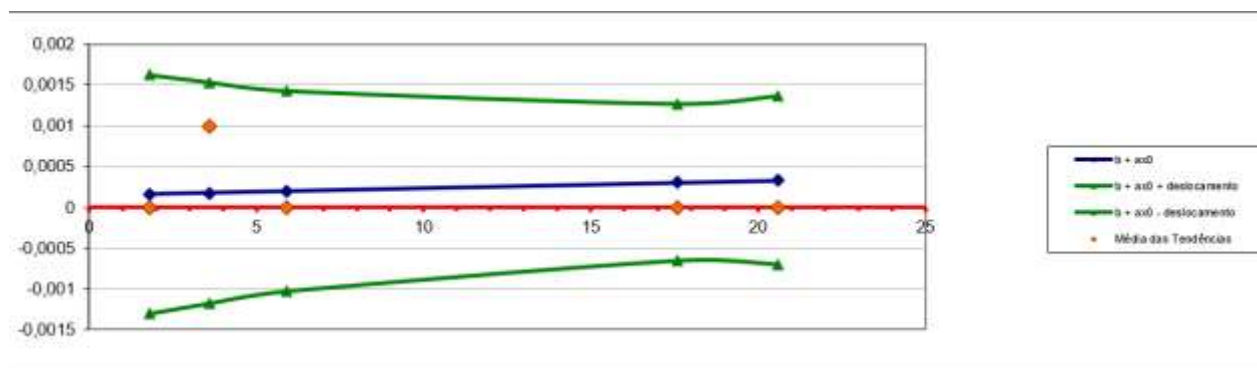
Fonte – Autor (2023)

O sistema de medição apresenta consistência em relação a todos os valores de referência, uma vez que é observado que o zero está incluído dentro da faixa de medição entre -0,0083 a 0,0016.

### 4.3 Estudo de Linearidade

A linearidade, de acordo com o método AIAG (2010), é uma medida da variação da tendência para diferentes valores de referência dentro da faixa de interesse. É uma avaliação pela inclinação da reta formada pelos diferentes valores de referência em relação à tendência correspondente. Quanto menos inclinada for a reta, melhor será a qualidade do sistema de medição. O gráfico 2 mostra os resultados obtidos neste estudo.

Gráfico 2 – Gráfico de análise da linearidade



Fonte – Autor (2023)

O quadro de linearidade indica que a linha tendência 0 (linha em azul) ficou dentro do intervalo de confiança. O sistema possui uma linearidade adequada, indicando que a sua tendência é a mesma ao longo da faixa do sistema de medição.

#### 4.4 Estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R)

Conforme mencionado pelo AIAG (2010), nos estudos de R&R, é recomendado que o produto do número de peças (n) pelo número de operadores (k) seja igual ou superior a 15, ou seja,  $n \times k \geq 15$ . Isso é importante para garantir uma amostra adequada, que possibilite uma avaliação confiável da repetitividade e reprodutibilidade do sistema de medição.

No estudo de R&R, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA). Para determinar a aceitabilidade do sistema de medição, são considerados os percentuais relativos à variação total (VT), que podem surgir da tolerância da peça ou do desvio padrão do processo. O resultado do calculador do R&R é comparado com os critérios definidos pelo AIAG (2010). De acordo com esses critérios, se a %RR for menor que 10%, o sistema de medição é aceitável. Se a %RR estiver entre 10% e 30%, o sistema de medição pode ser aceito, desde que o cliente concorde. No entanto, se a %RR for maior que 30%, o sistema de medição não pode ser aceito, pois sua variabilidade compromete excessivamente a distinção entre peças boas e ruins ao ser utilizado para verificar o atendimento às especificações.

O último passo para determinar a aceitabilidade do sistema de medição é identificar o número de categorias distintas (ndc) em que o processo de medição pode ser dividido. Para que o sistema de medição seja considerado aceitável para verificar o cumprimento das especificações de peças críticas, o valor de ndc deve ser igual ou superior a 5. A Figura 8 mostra os resultados do estudo de R&R realizado.

Figura 8 – Representação do resultado do estudo R&R

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F	F crítico	A interação operador peça é significativa (F>Fcrítico)?	Sim
Operador	0,000148889	2	7,4E-05				
Peça	0,033928889	9	0,00377				
Interações	0,000651111	18	3,6E-05	10,8519	1,77845		
Equipamento	0,0002	60	3,3E-06				
Total	0,034928889	89				ndc	7,3

Estimativa da Variação	Desvio Padrão	% da Variação Total	% da Tolerância	Contribuição %
VE	0,001825742	8,8%	2,7%	0,8%
VO	0,001129479	5,4%	1,7%	0,3%
INT	0,00330855	15,9%	5,0%	2,5%
R&R	0,003944053	19,0%	5,9%	3,6%
VP	0,020368013	98,2%	30,6%	96,4%
VT	0,020746362	100,0%	31,1%	

Fonte – Autor (2023)

Após a análise dos resultados foi possível notar que o sistema está aprovado pois o índice de R&R é de 19,0%, situando-o em uma faixa potencialmente aceitável, desde que o cliente da empresa esteja de acordo e levando em consideração os custos associados às modificações necessárias. Outra análise importante para validação é o ndc que está maior que 5, com um valor de 7,3, o que é necessário para o sistema ser considerado aceitável.

## **4.5 Discussão dos Resultados**

A fim de desenvolver o trabalho proposto, foi realizada uma caracterização dos instrumentos de medição utilizados, identificando a necessidade de realizar o estudo em um sistema de medição específico: um paquímetro digital de 200mm.

Ao aplicar a metodologia de Análise dos Sistemas de Medição (AIAG, 2010), foi constatado que o sistema de medição utilizado demonstra uma adequação e qualidade satisfatórias nos estudos de tendência e linearidade. No entanto, durante o estudo de estabilidade e R&R, observou-se pontos que necessitam de melhorias.

Nos estudos de tendência e linearidade, tanto as análises gráficas quanto as numéricas não revelaram falhas no sistema de medição. Isso ressaltou a importância da análise técnica na tomada de decisão sobre os sistemas de medição, especialmente considerando que eles são utilizados para medições com faixas de tolerâncias mais amplas.

Quanto aos estudos de estabilidade e R&R, foram observados vários pontos fora da faixa de medição no estudo de estabilidade. Com isso, a repetitividade apresentou uma variação maior do que a reprodutibilidade, o que indica que os dispositivos de medição estão com falta de calibração, ajuste, manutenção e limpeza. Além disso, ao analisar os fatores das peças e dos operadores, constatou-se que a maior parte da variabilidade é proveniente das peças utilizadas no processo de medição.

Foram sugeridas medidas de melhoria para sanar as principais causas de problemas e aprimorar todo o sistema de medição. As melhorias propostas são: treinamento sobre o manuseio dos equipamentos para os operadores, padronização da limpeza e manutenção dos equipamentos e padronização no plano de calibração dos equipamentos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade dos sistemas de medição utilizados no sistema de gestão da qualidade em uma indústria de autopeças localizada no interior de Minas Gerais. Para isso, inicialmente realizou-se uma caracterização dos instrumentos de medição utilizados, definindo o paquímetro digital de 200 mm como objeto deste estudo. Foram estudados tendência, linearidade, estabilidade e R&R, de acordo com a metodologia proposta. Com relação à tendência e linearidade, os resultados indicam adequação e qualidade satisfatórias. Porém, a análise de estabilidade e R&R mostrou a necessidade de melhorias, que foram propostas, após análise dos resultados encontrados.

Desse modo, o objetivo geral de avaliar a confiabilidade e a precisão dos sistemas de medição foi alcançado, além de ter sido possível propor melhorias para o processo. Com o estudo e as melhorias propostas, o sistema de medição pode ter sua confiabilidade e precisão aumentadas.

Também foram identificadas como principais desafios deste estudo, a restrição de tempo dos operadores para realizar as medições durante o turno de

trabalho e a necessidade de conscientizá-los sobre a importância de uma coleta de dados adequada para obter resultados confiáveis na análise.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO 9000:2005**. Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. **NBR ISO 9001:2015**. Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ARAÚJO NETA, A.M. de; GONÇALVES, J.M. **Análise do Sistema de Medição de Desempenho da Produção de uma Empresa do Setor Gráfico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2022. 75 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25044>. Acesso em 20 de julho de 2023.

ASSIS, A. B. de; CANCIAN, P.S. **Análise do Sistema de Medição em Inspeção Visual na Fabricação de Componentes para Indústria Automotiva**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, 2020. 49 p. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24561> . Acesso em: 15 de julho de 2023. .

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG). **Análise do Sistema de Medição – MSA**. Tradução Instituto da Qualidade Automotiva. 4ª ed. São Paulo: Estatcamp, 2010.

DE SOUZA, J. M. PDCA e Lean Manufacturing: Estudo de Caso de Aplicação de Processos de Qualidade na Gráfica Alfa. UNOPAR Científica Ciências Jurídicas e Empresariais = Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais, v. 17, n. 1, p. 11, 2016.

FELÍCIO, A. R. **ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM PEÇAS AERONÁUTICAS ATRAVÉS DO ESTUDO DE R&R (REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE)**., Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, , 2012, p. . 1-18.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. Duque de Caxias, Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.



LEÃO, D. **MSA: Análise dos Sistemas de Medição**. 4ª ed. São Paulo: Estatcamp, 2012.

MARTINELLI, Fernando Baracho. **Gestão da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 2009.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

**MSA. Análise dos Sistemas de medição**, 4ª edição, 2010.

PIZZOLATO, M.; STURM, C.H.; ALBANO, F.de M.; LAKUS, D.R. Análise dos Sistemas de Medição no Setor de Usinagem de uma Empresa Metal Mecânica. *Engevista*, v. 21, n. 2, p. 193-209, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/9542> . Acesso em: 01 de agosto de 2023.

WHEELER, D. J. **Advanced Topics in Statical Process Control**. Tennessee: SPC Press, 1995.