UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUSTAVO ROLA MOL

PROCESSO DE ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENSAIOS DO LABORATÓRIO FÍSICO DE PRODUTOS LAMINADOS

JUIZ DE FORA
2018

GUSTAVO ROLA MOL

PROCESSO DE ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENSAIOS DO LABORATÓRIO FÍSICO DE PRODUTOS LAMINADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: D.Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho

JUIZ DE FORA

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mol, Gustavo Rola.
Processo de análise da qualidade de ensaios do laboratório físico de produtos laminados / Gustavo Rola Mol. -- 2018.
53 f. : il.

Orientador: Roberto Malheiros Moreira Filho
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2018.

1. Qualidade metrológica. 2. Laboratório físico. 3. Confiabilidade das informações. I. Moreira Filho, Roberto Malheiros, orient. II. Título.

GUSTAVO ROLA MOL

PROCESSO DE ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENSAIOS DO LABORATÓRIO FÍSICO DE PRODUTOS LAMINADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada 22 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Roberto Malheiros Moreira Filho, D.Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Clarice Bleviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre junto de mim, abençoando-me e guiando meu caminho.

Agradeço a minha família, por sempre me apoiar e incentivar nas escolhas que faço, em especial minhas tias Marta e Vanda, que sempre me ajudaram a alcançar meus objetivos de formação acadêmica.

Agradeço aos meus colegas de empresa, em especial o Ismael, meu supervisor de estágio, por sempre acreditar em meu potencial de trabalho e proporcionar todo apoio para realização do projeto.

Agradeço ao professor Roberto Malheiros, por auxiliar na criação deste trabalho com seu conhecimento e atenção.

RESUMO

O laboratório físico de produtos laminados da empresa ArcelorMittal Juiz de Fora é responsável por realizar a análise final das características dos produtos laminados, com a finalidade de enviar produtos dentro das especificações ao mercado. O objetivo do trabalho é realizar a análise da qualidade metrológico do laboratório. A metodologia aplicada é a utilização do ciclo PDCA, levantando as principais causas que influenciam nos resultados das medições realizadas, para posterior definição de atividades que busquem verificar como estas causas estão influenciando na qualidade metrológica. Após realização das atividades, foram propostas ações de otimização dos processos do local, buscando sempre a qualidade e a confiabilidade das informações geradas pelo laboratório.

Palavras chave: qualidade metrológica, laboratório, confiabilidade das informações.

ABSTRACT

The ArcelorMittal Juiz de Fora physical laminates laboratory is responsible for carrying out the final analysis of the characteristics of the lamineted products, in order to send products within the specifications to the market. The objective of the work is to carry out the analysis of the metrological quality of the laboratory. The methodology applied is the use of the PDCA cycle, raising the main causes that influence the results of the measurements performed in the laboratory, and definition of activities that seek to verify how these causes are influencing in the metrological quality. After carrying out the activities, actions were proposed to optimize the local processes, always seeking the quality and reliability of the information generated by the laboratory.

Key words: metrological quality, laboratory, reliability of information.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de garantia da qualidade metrológica.....24
Figura 2 - Dificuldades na implantação de um sistema de qualidade metrológica.....30
Figura 3 - Laboratório Autocontrole.....33
Figura 4 - Ciclo PDCA do projeto desenvolvido.....34
Figura 5 - Diagrama de Ishikawa.....35
Figura 6 - Relatório R&R - altura de nervura transversal.....42
Figura 7 - Relatório R&R - espaçamento entre nervuras.....44
Figura 8 - Relatório R&R - gap.....45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de um sistema de medição através de análise R&R.....27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação R&R - altura de nervura transversal.....41
Tabela 2 - Avaliação R&R - espaçamento entre nervuras.....43
Tabela 3 - Tabela 3 - Avaliação R&R - gap.....44
Tabela 4 - Medidas LR e LE.....47
Tabela 5 - Análise p-valor LR e LE.....47
Tabela 6 - Comparação interlaboratorial.....48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIAG	Automotive Industry Action Group
ANOVA	Análise de Variância
CBM	Conselho Brasileiro de Metrologia
H0	Hipótese nula
HA	Hipótese alternativa
IEC	Internacional Electrotechnical Commission
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IQPL	Índice de Qualidade de Produtos Laminados
ISO	International Organization for Standardization
ISO GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
LE	Limite de escoamento
LR	Limite de resistência
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
PIB	Produto Interno Bruto
R&R	Repetitibilidade e a Reprodutibilidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....14
1.2 JUSTIFICATIVA.....15
1.3 ESCOPO DO TRABALHO.....16
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS.....17
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA..... 17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....18

2. ANÁLISE DA QUALIDADE METROLÓGICA 19

2.1 IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA INDUSTRIAL.....19
2.2 GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA.....21
2.3 ANÁLISE DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO.....24
2.3.1 Repetitividade e Reprodutibilidade.....26
2.3.2 Teste T.....28
2.4 PRINCIPAIS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA METROLÓGICO DE QUALIDADE..... 29

3. DESENVOLVIMENTO 32

3.1 A EMPRESA.....32
3.2 ESTRUTURA DO ESTUDO DE CASO.....33
3.3 PLANEJAMENTO.....35
3.4 EXECUÇÃO.....37
3.4.1 Repetitividade e Reprodutibilidade.....38
3.4.2 Validação do Software da Máquina de Ensaio de Tração.....38
3.4.3 Comparação Interlaboratorial.....39
3.4.4 Cálculo de Incerteza de Medição.....40

4. RESULTADOS 41

4.1 REPETITIVIDADE E REPRODUTIBILIDADE.....41

4.2 VALIDAÇÃO DO SOFTWARE.....46
4.3 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL.....48
4.4 CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO.....49
4.5 IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS.....49

5. CONCLUSÃO 51

REFERÊNCIAS 52

ANEXO A - TERMO DE AUTENTICIDADE 54

ANEXO B - DECLARAÇÃO DA EMPRESA 55

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O processo produtivo nos dias atuais, trata-se de um dos principais fatores de competitividade entre as empresas de bens. A metrologia atua como um sensor de monitoramento e controle sobre variáveis e atributos dos produtos. A qualidade e a metrologia atuam de forma conjunta nas empresas, melhorando os processos e consequentemente impactando na competitividade (FERNANDO; NETO; SILVA, 2009).

Ferramentas metrológicas são importantes para a geração de medições corretas nos produtos acabados, controlando e monitorando o processo produtivo em todas as fases. Se as variáveis monitoradas estiverem fora dos parâmetros e especificações, a metrologia interage com o processo produtivo para tentativa de correção e proporção de melhoria contínua, reduzindo por exemplo, o envio de produtos fora de especificações ao mercado (FERNANDO; NETO; SILVA, 2009).

De acordo com Fernandes, Neto e Silva (2009), a qualidade é diretamente associada à metrologia, pois as especificações dos produtos de acordo com as normas, são controladas por sistemas de medições com capacidade de medição atestada. De acordo com Alves (2003), a certificação segundo a ISO 9001 (2003) envolve a avaliação da empresa em um dos critérios relacionado à equipamento de inspeção, medição e teste. A norma exige que sejam escolhidos os equipamentos apropriados para efetuar as medições, além da necessidade destes equipamentos serem calibrados em intervalos regulares, segundo padrões reconhecidos. A norma ainda indica que os equipamentos devem indicar o estado de calibração, além da utilização de procedimentos documentados por parte dos operários.

A implementação de um sistema de qualidade em um laboratório de metrologia exige um esforço coletivo para garantir que a meta de todos os funcionários seja a garantia da qualidade final do processo de medição (MAGALHÃES ; NORONHA, 2006). De acordo com Magalhães e Noronha (2006) , para garantir a qualidade metrológica, todos os funcionários devem possuir responsabilidades e objetivos bem definidos, sendo os procedimentos revisados de maneira periódica para adequação com as constantes inovações do setor metrológico. Magalhães e Noronha (2006) ainda

destacam que é importante os funcionários realizarem treinamentos periódicos para atualização e verificação de performance.

O presente trabalho analisou a qualidade metrológica de ensaios em um laboratório físico de produtos laminados da empresa ArcelorMittal Juiz de Fora. Além da análise, foram propostas sugestões de melhoria e adequação à boas práticas realizadas na indústria, visando a confiabilidade das informações geradas.

1.2 JUSTIFICATIVA

O tema do trabalho foi escolhido devido à grande relevância da relação entre metrologia e qualidade para as grandes empresas globais. A empresa ArcelorMittal foi fundada em 2006, a partir da fusão da Mittal Steel Company e da Arcelor, dando origem a maior produtora de aço do mundo. A ArcelorMittal Juiz de Fora é uma das siderúrgicas pioneiras em certificações internacionais, sendo certificada na ISO 9001 em 1994, na ISO 14001 em 1997, na OHSAS 18001 em 1998.

O trabalho possui uma relevância científica devido ao fato de ser uma análise da qualidade metrológica de um laboratório em uma empresa multinacional, com foco em melhoria da qualidade do mesmo, sendo um estudo aplicado de uma discussão abrangente.

O estudo ainda trouxe benefício à empresa, indicando a necessidade de maior padronização das atividades praticadas no laboratório ou revisão de alguma práticas para treinamentos futuros, além da verificação e discussão da periodicidade de estudos qualitativos em relação às práticas metrológicas.

O trabalho despertou interesse devido ao fato do estudante ter realizado um estágio na área de assistência técnica da empresa, com um maior contato com o sistema de gestão da qualidade também aplicado ao laboratório. O estudo teve apoio dos funcionários do laboratório, além do supervisor do estagiário que é responsável pela gestão das atividades desenvolvidas no local.

Espera-se que a qualidade metrológica traga as seguintes consequências para a empresa:

- Evitar reclamações de clientes devido ao envio de produtos fora de especificação ao mercado.

- Atender meta do item de controle IQPL (Índice de Qualidade de Produtos Laminados), do mapa estratégico da empresa.
- Evitar gastos indevidos devido ao descarte de produtos dentro de especificações, devido à erros de medição.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é verificar a qualidade metrológica de um laboratório de ensaios físicos de uma empresa siderúrgica da cidade de Juiz de Fora. Este estudo buscou apontar se as medições e resultados obtidos pelo laboratório tratam-se de informações confiáveis.

O trabalho foi desenvolvido na subárea engenharia da qualidade, presente na área da engenharia de produção. Foi analisada a organização metrológica da qualidade para assegurar a confiabilidade do processo de medição realizado no laboratório da empresa.

O laboratório objeto de estudo trata-se do laboratório de ensaios físicos dos produtos laminados acabados da empresa. Analisou-se as práticas metrológicas através de alguns ensaios e medições solicitadas pelo supervisor do laboratório para verificação da qualidade metrológica. Foram levantadas as principais causas que influenciam a qualidade da metrologia no laboratório para realização da análise. A base de dados coletados para realização do trabalho foi adquirida através de atividades desenvolvidas durante o ano de 2017, entre os meses de julho e dezembro.

Após identificadas as principais causas que influenciam nos resultados de medição do laboratório, desenvolveu-se as seguintes atividades, a fim de analisar e verificar como as causas identificadas estão influenciando a confiabilidade metrológica do laboratório. O trabalho está dividido em quatro atividades que visam verificar a qualidade e consequentemente a confiabilidade das informações gerados no laboratório.

- Análise de Repetibilidade e Reprodutibilidade: nesta parte é analisada a influência dos operadores no processo de medição. Foi escolhido um número de amostras de um determinado material para serem medidas por quatro laboratoristas de diferentes turmas. Cada avaliador realizou a medição de três aspectos relativos à configuração geométrica das amostras. Após duas rodadas de realização das medições foi analisada a repetibilidade e a reprodutibilidade.

- Validação do software da máquina do ensaio de tração: nesta parte foram analisados os dados fornecidos pela máquina de tração, afim de verificar e validar a confiabilidade deste dados. Para avaliação foi realizado um teste de hipótese. Nove amostras foram ensaiadas com o uso de extensômetro (instrumento capaz de medir deformações com grande acurácia) e nove foram ensaiadas com uso da máquina para comparação dos resultados e validação do software.
- Comparação interlaboratorial: a ArcelorMittal Juiz de Fora faz parte de um programa de iniciativa do laboratório Concremat, no qual amostras mais homogêneas possíveis são enviadas para um grupo de mais de dez laboratórios para análise metrológica. Após divulgação dos resultados pela Concremat foi feita uma análise destes resultados para comparação entre os laboratórios.
- Cálculo de incerteza de medição: nesta etapa foram separados amostras de vergalhões para cálculo de incerteza de medição da variável de tensão de escoamento e ruptura. Foi tomado como base o método proposto no guia para expressão da incerteza de medição (ISO GUM).

Após análise dos resultados das atividades acima, foram propostas possíveis ações de otimização das atividades no laboratório e realizada definição de padronização para garantia da qualidade.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade de ensaios do laboratório físico de produtos laminados da empresa ArcelorMittal Juiz de Fora.

Para guia do estudo e considerando o objetivo principal, foi definido o seguinte objetivo secundário, considerando a comprovação da qualidade dos ensaios no laboratório:

- Garantir a confiabilidade das informações geradas no laboratório para transmissão precisa à laminação e tomada de decisões eficazes.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

De acordo com tipologia preposta por Miguel (2010) que objetiva guiar a construção de metodologia de trabalhos acadêmicos, o presente trabalho tem a natureza aplicada, considerando a realização da análise da qualidade de ensaios em um

laboratório de uma empresa brasileira, a fim de verificar a confiabilidade metrológica do mesmo.

Considerando os objetivos, o trabalho pode ser classificado como descritivo e normativo. Descritivo, pois para se realizar a análise da qualidade do laboratório, é necessário uma descrição e caracterização do mesmo, através do detalhamento das atividades a serem avaliadas. O trabalho também pode ser considerado normativo, pois propôs ações normativas a serem tomadas pela empresa para otimizar a qualidade de ensaios no laboratório.

Com relação à abordagem, o trabalho pode ser classificado como qualitativo e quantitativo. Além de se tratar de um estudo de caso, a meta do estudo é garantir que fatores considerados críticos para a qualidade dos ensaios no laboratório sejam analisados de forma qualitativa para garantia da proposta realizada. A abordagem quantitativa é feita na análise da repetibilidade e da reprodutibilidade, e também na validação do software utilizado em uma das máquinas do laboratório.

O trabalho utilizou o ciclo PDCA como método de desenvolvimento. Na etapa de planejamento (P) foi identificado o problema, definidos os objetivos, plano de ação e escopo. Na etapa de desenvolvimento (D) foram analisadas as principais causas que influenciam a qualidade dos ensaios, através de um conjunto de quatro atividades. Na etapa de verificação (C) foram analisados os resultados obtidos na fase anterior para identificação de melhorias. Na etapa de ação (A) foram propostas possíveis ações corretivas e realizada definição de padronização.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco partes. A primeira parte trata-se da introdução, onde são apresentados as considerações iniciais sobre o tema, assim como a justificativa para desenvolvimento do estudo. Ainda no primeiro capítulo, são descritos o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia empregada.

A segunda parte trata-se da revisão de literatura sobre o tema, com desdobramento sobre definições, conceitos e ferramentas. O objetivo é criar um referencial teórico para desenvolvimento do trabalho. Analisou-se na literatura como o mercado está em relação à qualidade metrológica de laboratórios nas empresas.

A terceira parte é o desenvolvimento do trabalho. Foi realizada a descrição das atividades desenvolvidas no estudo de caso, assim como o método empregado em cada uma.

A quarta parte apresenta os resultados obtidos através das atividades desenvolvidas, assim como uma discussão sobre as possíveis ações a serem tomadas para garantir que os objetivos sejam alcançados.

A quinta pare é a conclusão do trabalho, com uma reflexão sobre o estudo desenvolvido. A quinta parte também apresenta as referências bibliográficas utilizadas.

2 - ANÁLISE DA QUALIDADE METROLÓGICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA INDUSTRIAL

De acordo com o CBM (Conselho Brasileiro de Metrologia), (2017), a metrologia, definida como ciência da medição e suas aplicações, além de ser muito importante na articulação das relações de consumo, é considerada um dos pilares da inovação e da competitividade. Campos e Silva (2014) destacam que as empresas que pretendem participar do mercado globalizado precisam enfrentar muitos desafios, entre eles, qualidade dos produtos, agilidade, flexibilidade e capacidade de inovação. Para que estes requisitos sejam atendidos é necessário investir em qualidade, normalização e estabelecer uma base metrológica que transforme amostras, calibrações, e ensaios em informações confiáveis para o processo de tomada de decisão.

A metrologia tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medições. Como as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão, a abrangência da metrologia é muito grande. Estima-se que de 4 a 6% do produto interno bruto (PIB) nacional dos países industrializados sejam dedicados aos processos de medição. (CBM, 2017). De acordo com Irmão (2013), o processo produtivo e o processo de medição estão relacionados, à medida que o processo produtivo depende dos processos de medição que garantem o controle da qualidade produtiva, assegurando que a produção não desvie muito das especificações do projeto e qualquer variação identificada possa ser corrigida.

De acordo com Campos e Silva (2014), a utilização da metrologia é uma forma de melhorar a qualidade dos processos produtivos, o que deve ser buscado continuamente por todas as empresas que pretendem participar de um mercado altamente competitivo e globalizado. Os países desenvolvidos criam vários obstáculos para o consumo de produtos de origem de países em desenvolvimento, questionando a confiabilidade de seu sistema metrológico e em última análise a qualidade final do produto. Como exemplo, é possível citar a indústria aeronáutica brasileira, que vem sendo obrigada a demonstrar nos Estados Unidos a confiabilidade de seu sistema metrológico. A CBM (2017) destaca que para países como o Brasil, cujo grande desafio é aumentar a pauta de exportações de produtos de maior valor agregado e ampliar a capacidade de comércio dos produtos nacionais em mercados externos mais sofisticados, intensificar as ações nas áreas associadas à infraestrutura de qualidade, sobretudo as estratégias voltadas para a ampliação do sistema metrológico brasileiro, é fundamental.

Campos e Silva (2014) dizem que a metrologia permite a precisão do processo produtivo, a diminuição do índice de incerteza, a contribuição para a redução do número de refugo nas empresas e, principalmente, a agregação na qualidade do produto. O gerenciamento dos instrumentos de medição responsáveis pelo controle dos processos de produção é vital para o resultado do negócio, pois o aspecto metrológico é responsável por grande parte dos prejuízos causados por retrabalho.

A confiabilidade metrológica abrange diversas etapas, tais como: especificação correta dos instrumentos de medição, treinamento, controle estatístico das medições, conscientização dos envolvidos no processo, rastreabilidade das medições e controle dos instrumentos de medição. Devido à sua importância, os organismos de normalização nacional e internacional, (podendo citar: INMETRO, International Organization for Standardization - ISO, Internacional Electrotechnical Commission - IEC, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), enfocam através de normas especificas (tais como: NBR ISO 9001, NBR ISO 10012, ISO 17025 e NR-13) o gerenciamento da qualidade metrológica como um dos pré-requisitos para o reconhecimento da qualidade dos processos e consequentemente a Certificação do Sistema da Qualidade (CAMPOS; SILVA, 2014).

A metrologia e a qualidade na globalização atual são áreas do conhecimento intimamente relacionadas, constituindo poderosos instrumentos de transformação com impacto direto no processo de competitividade econômica. (IRMÃO, 2013).

2.2 GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA

A garantia da qualidade pode ser definida como o conjunto de atividades planejadas e sistemáticas, implementadas no sistema da qualidade, comprovadas e demonstradas como necessárias, para prover confiança adequada de que a empresa atenderá os requisitos para a qualidade. A avaliação direta do cliente ou a avaliação por organismo independente, comprovam que os requisitos de qualidade são cumpridos, determinando confiança à administração da empresa e aos clientes externos e satisfazendo questões contratuais (JUNIOR, 1999).

De acordo com Júnior (1999), a metrologia tem um papel fundamental dentro do sistema de garantia da qualidade, contribuindo com a base técnica para a tomada de decisões corretas nas atividades de avaliação dos produtos e dos processos.

De acordo com Araújo (1995), a garantia da qualidade das medições e ensaios, é uma das partes do sistema de garantia da qualidade, cuja missão principal é favorecer a tomada de decisão baseada em resultados confiáveis.

"Garantir a qualidade metrológica de todos os meios de controle, utilizados por uma empresa com a finalidade de conhecer ou assegurar a conformidade de certas características mensuráveis ou classificáveis dos produtos, é um dos requisitos da norma ISO-9001"(ARAÚJO, 1995). Araújo (1995), ainda afirma que para um sistema de garantia da qualidade, é fundamental a confiabilidade dos resultados referentes à testes, ensaios e inspeções, devido à quantidade de decisões importantes tomadas tendo como base os resultados destas avaliações. Algumas decisões podem ser exemplificadas como a liberação de um lote de produção após um ensaio ou teste de aprovação; a conclusão sobre as causas de um problema relacionado à qualidade, após um estudo envolvendo testes e medições planejadas para avaliação segundo técnicas estatísticas; a rejeição de um lote após inspeção; a aprovação de um produto com finalidade de certificação por algum organismo externo, após auditoria.

De acordo com Araújo (1995), uma decisão errada em um dos exemplos citados pode levar uma empresa a ter prejuízos monetários bem grandes. Por isso é importante o conhecimento dos erros metrológicos envolvidos.

Araújo (1995) aborda uma série de requisitos sistêmicos que devem ser abordados para atender um sistema de padronização que busca atender a qualidade em um sistema de medição. É possível destacar os seguintes aspectos que precisam ser abordados:

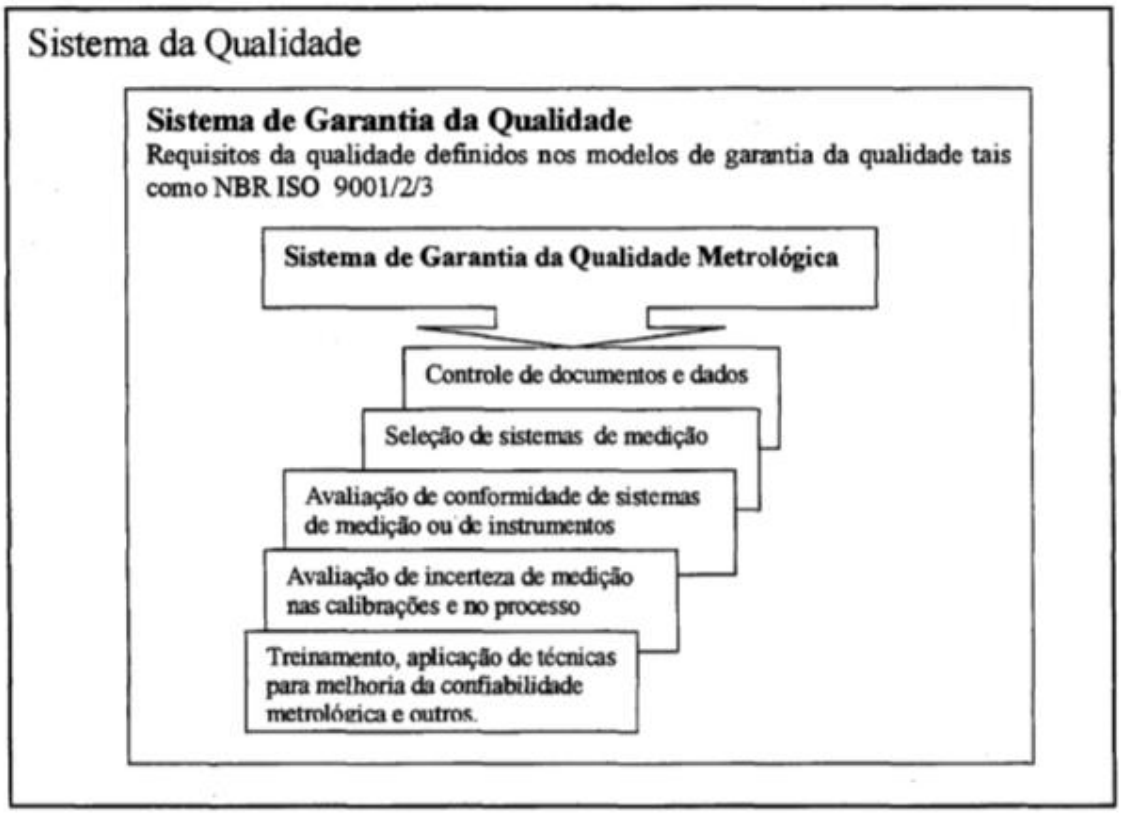
- Identificação e documentação dos parâmetros metrológicos: para cada equipamento utilizado, devem ser identificados e documentados os parâmetros metrológicos, como erros máximos de medição, estabilidade, faixa operacional e resolução.
- Auditoria periódica do sistema: realização de auditorias internas do sistema da qualidade para verificar se os procedimentos de garantia da qualidade metrológica são efetivos e estão sendo cumpridos.
- Planejamento das medições: procedimentos para descrever como os requisitos técnicos dos produtos são revistos e analisados de modo a se ter os equipamentos de medição disponíveis antes da sua produção.
- Determinação da incerteza de medição: estabelecimento dos erros inerentes ao processo, fazendo parte do resultado da medição. Determinação de todas as variáveis que influenciam na incerteza de medição.
- Registro da capacidade de medição: o resultado das calibrações realizadas, devem indicar qual equipamento que foi calibrado, a data em que houve a calibração, os resultados obtidos, o intervalo de confirmação designado, identificação do procedimento e certificados de calibração. Utilização de rótulos para indicar a situação da calibração, assim como a próxima data para calibração.
- Qualidade na aquisição de sistemas de medição e serviços metrológicos: verificação e análise para garantir que todos os produtos e serviços, que possam afetar adversamente a confiabilidade dos resultados das medições, venham de uma fonte confiável com reconhecimento de terceiros.

- Manuseio e armazenamento dos sistemas de medição: criação de procedimentos padronizados para manuseio e armazenamento para prevenção contra alterações nas características funcionais e metrológicas dos equipamentos.
- Rastreabilidade: visando assegurar os resultados confiáveis das medições deve ser assegurada a rastreabilidade dos sistemas de medição.
- Condições ambientais: controle das condições ambientais no local de realização das medições para evitar interferência na incerteza dos resultados das medições.
- Qualificação das pessoas: treinamento para garantir que os operadores sigam os procedimentos documentados sobre o sistema de medição.

De acordo com Júnior (1999), a garantia da qualidade e consequentemente a confiabilidade de um sistema metrológico em uma empresa, envolvem muitos fatores, tais como: garantia de sistemas ou instrumentos de medição calibrados, operadores qualificados, uso efetivo de métodos para o controle da qualidade metrológica, cultura metrológica na empresa, entre outros. Esta série de requisitos pode ser visualizada através da Figura 1.

Figura 1 - Sistema de garantia da qualidade metrológica.

Fonte: JÚNIOR (1999)



2.3 ANÁLISE DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO

De acordo com Toledo (2014), assim como em um processo de produção, os sistemas de medição são afetados por causas aleatórias, inerentes ao processo de medição, e por causas identificáveis, que surgem e tem efeito esporádico no sistema de medição. As causas aleatórias são muito difíceis de serem identificadas e controladas, estando sempre presentes, como exemplo, pequenas variações no método de trabalho específico de um mesmo operador. As causas identificáveis são esporádicas e tem efeito individual considerável na variabilidade do processo. Estas causas são mais perceptíveis e mais facilmente controláveis, como exemplo, a mudança repentina de operador com mudança significativa no modo de operação.

Um sistema de medição ideal opera juntamente aos padrões de referência adotados para o produto/processo, influenciando na redução da probabilidade de serem tomadas decisões erradas sobre a conformidade em relação aos padrões. Uma ilustração desta situação, é o desvio-padrão (S) e a amplitude (R) de resultados obtidos, serem

igual a zero, e a média representar exatamente o valor de referência do padrão ou o valor nominal da especificação do projeto do produto (TOLEDO, 2014).

"O estado de controle ideal de um processo (de manufatura, de medição, etc) é aquele em que as causas especiais estão sob controle, atuando no processo somente as causas aleatórias, as quais, dada uma determinada situação, não são possíveis de se controlar" (TOLEDO, 2014).

Toledo (2014) afirma que para alcançar a qualidade em um sistema de medição, é necessário identificar as fontes de variação controláveis, procurando eliminá-las ou pelo menos reduzi-las. O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta bastante utilizada para análise das fontes de variação dos sistemas de medição. Após identificadas as causas que trazem problemas à um sistema de medição, a solução pode ser abordada de forma estruturada através da aplicação do método PDCA.

De acordo com Toledo (2014), as fontes de variação podem levar à resultados que não correspondem à realidade do valor da característica medida do produto, levando à tomada de decisões incorretas sobre produtos e processos que afetam a eficiência e eficácia das operações. Uma decisão errada reduz a produtividade e aumenta os custos da não qualidade.

Sistemas de medição que trabalham na inspeção de características críticas e significativas, devem ser submetidos a estudos de estabilidade, tendência, linearidade e repetitividade e reprodutibilidade. Estes cinco conceitos se aplicam à análise de um sistema de medição, seja na quantificação da variação do sistema, na interpretação ou no planejamento de melhorias para este sistema (SILVA, 2005).

Tendência: Diferença entro o valor de referência e a média observada das medições realizadas.(TOLEDO,2014).

Linearidade: De acordo com Toledo (2014), a diferença nos valores de tendência dentro do campo de medição do dispositivo usado. Silva (2005), completa que a maioria dos instrumentos de medição comerciais possuem um comportamento linear, ou seja, a relação entre o resultado de medição e o valor da grandeza medida é mantida constante ao longo de toda faixa de operação. De acordo com Silva (2005), nestes casos, a própria calibração disponibiliza informação sobre os desvios com referência ao comportamento linear, geralmente em pequena escala comparado a outros erros que possam aparecer durante o uso do sistema de medição.

Estabilidade: "Variação das medições obtidas através de um dispositivo de medição, medindo a mesma característica de uma mesma peça ou padrão ao longo do tempo"(TOLEDO,2014, pag 109). Toledo (2014) ainda afirma que uma maior estabilidade do dispositivo de medição (característica desejada para instrumentos e sistemas de medição), é verificada com uma menor variação entre as medições.

Repetitividade: De acordo com Toledo (2014), a variação das medidas realizadas por um mesmo operador, medindo a mesma característica de qualidade de uma mesma peça e utilizando o mesmo dispositivo de medição. A amplitude e o desvio-padrão podem ser indicadores de repetitividade, sendo melhor a repetitividade do sistema de medição quanto menor forem os valores de amplitude e desvio-padrão.

Reprodutibilidade: De acordo com Toledo (2014), a diferença entre a média das medições realizadas por operadores diferentes, utilizando o mesmo dispositivo de medição, para medir a mesma característica de qualidade. Quanto menor a diferença entre os valores médios, maior capacidade do sistema de medição de reproduzir os mesmos valores ao ser utilizado por operadores diferentes, considerando o mesmo nível de qualificação entre eles, indicando uma reprodutibilidade do sistema.

De acordo com Toledo (2014) a repetitibilidade e a reprodutibilidade (R&R) tem como objetivo primordial verificar se a variabilidade de um sistema de medição pode ser considerada suficientemente menor que a variabilidade do processo ou produto que está sob controle. Se a variabilidade do sistema de medição for maior que a variabilidade inerente ao processo, não existem informações seguras para a tomada de decisão sobre a necessidade de interferência e correção do processo.

De acordo com Silva (2005), quando ocorre a modificação e aperfeiçoamento dos processos, o sistema de medição dever ser reavaliado quanto ao seu propósito, para que a organização (gerência, planejador da medição, analista de qualidade, operador) compreenda o propósito da medição para aplicação e avaliação apropriada.

2.3.1. REPETITIVIDADE E REPRODUTIBILIDADE

De acordo com Barbosa, Melo e Pinheiro (2016), o parâmetro R&R é bastante utilizado na indústria com o intuito de verificar a adequabilidade do processo de medição. O R&R é conceituado como sendo o resultado da variação combinada da repetitividade e da reprodutibilidade. Neste tipo de estudo, após obter a estimativa em

percentual para o parâmetro R&R, o sistema de medição é classificado conforme apresentado abaixo:

Quadro 1: Classificação de um sistema de medição através de análise R&R.

Fonte: Melo; Pinheiro; Barbosa (2016).

R & R (%)	Conclusão
Abaixo de 10%	Sistema de medição geralmente considerado como aceitável.
Entre 10% e 30%	O Sistema de medição pode ser aceito com base na importância de sua aplicação, no custo do aparato de medição, no custo do reparo, etc.
Acima de 30%	Sistema de medição considerado como não aceitável, sendo que todo o esforço deve ser feito para melhorá-lo.

Toledo (2014) afirma que três métodos de análise de sistema de medição podem ser aplicados no estudo de R&R:

- Método numérico: fundamentado na média e na amplitude/desvio-padrão do conjunto de valores medidos.
- Método de análise gráfica: realizado após coletados os resultados.
- Método da análise de variância (Anova).

Considerando o que foi escrito por Almeida, Cortez e Gomes (2016), o método ANOVA é mais adequado para a análise de repetitividade e reprodutibilidade do sistema de medição. Sua principal vantagem é a capacidade de detectar eventuais interações entre as peças e avaliadores. De acordo com Barbosa, Melo e Pinheiro (2016), a análise de variância (ANOVA) é um método estatístico que permite a decomposição da variabilidade total dos dados em uma parte conhecida (associada aos fatores em estudo) e uma parte desconhecida (associada ao erro aleatório ou residual).

De acordo com Almeida, Cortez e Gomes (2016), no método da análise de variância (ANOVA), a variação pode ser decomposta em quatro categorias: peças, avaliadores, interação entre as peças e avaliadores, e erro de replicação devido ao gage. As vantagens da técnica de ANOVA, em comparação com o método de média e amplitude são:

- Capacidade de lidar com qualquer set-up experimental;
- Possibilidade de estimar as variações com mais precisão;

- Extração de mais informações (como a interação entre as peças e avaliadores) a partir dos dados experimentais.

2.3.2 TESTE T

A estatística T foi introduzida em 1908 por William Sealy Gosset, químico da cervejaria Guinness em Dublin, Irlanda ("student" era seu pseudônimo). O teste t-Student ou teste t é um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste é usada na comparação de médias. (SILVA, 2014).

De acordo com Alves (2017), atualmente para se proceder a interpretação de um teste de hipótese t existem três requisitos básicos:

- Hipótese: "Dentro do método científico, de posse da hipótese científica, enuncia-se a hipótese de nulidade, que contradiz a hipótese científica." (Alves, 2017).

  Hipótese nula (H0) -. Hipótese que se rejeitada, confirma a hipótese científica.

  Hipótese alternativa (Ha) -. Hipótese que é assumida caso haja rejeição da hipótese nula e que valida a hipótese científica.

  A rejeição da hipótese nula oferece subsídios para a confirmação da hipótese científica, hipótese que foi definida na concepção do experimento ou da coleta de dados.
- O nível de significância: O nível de significância se refere a uma margem de erro tolerável e que sustenta a rejeição da hipótese nula. O nível de significância é escolhido com base nos riscos envolvidos na rejeição incorreta da hipótese nula.
- O valor-p: "O valor-p é uma quantificação da probabilidade de se errar ao rejeitar H0 e a mesma decorre da distribuição estatística adotada. Se o valor-p é menor que o nível de significância, conclui-se que o correto é rejeitar a hipótese de nulidade." (Alves,2017).

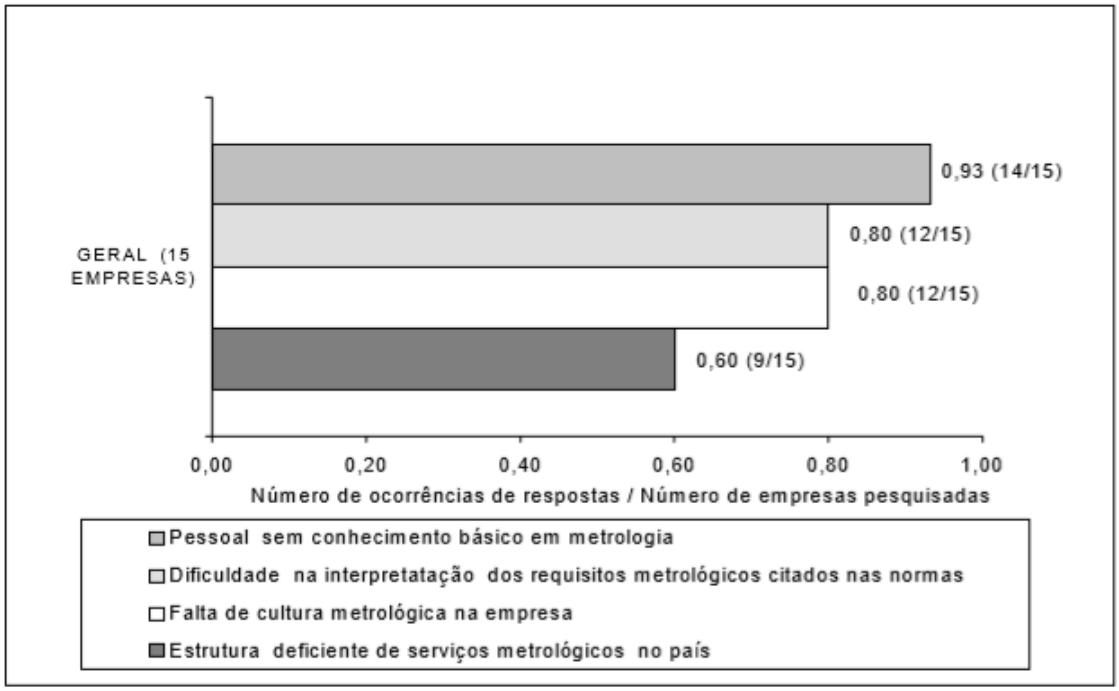
2.4 PRINCIPAIS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA METROLÓGICO DE QUALIDADE.

Araújo (1999) destaca as seguintes dificuldades na implantação de um sistema metrológico de qualidade:

- a implementação de sistemas de garantia da qualidade metrológica, segundo as normas da ISO 9000, pressupõe o atendimento aos requisitos metrológicos definidos nos seus modelos de garantia da qualidade e aos requisitos metrológicos específicos para o "sistema de comprovação metrológica". Os requisitos metrológicos aparentam simplicidade para sua implementação, porém na prática, requisitos como seleção de instrumentos de medição, avaliação de incertezas de medição, entre outros, podem dificultar o processo de implementação do sistema de garantia da qualidade metrológica, se não forem completamente entendidos.
- foi realizado um estudo de caso com quinze empresas certificadas na norma ISO 9000 e que estavam envolvidas com atividades metrológicas. A pesquisa reforçou a importância da metrologia no contexto da qualidade industrial, a necessidade de ações para melhorar seu entendimento e os principais pontes de dificuldade encontrados pelas empresas na implantação de um sistema de garantia da qualidade metrológica. A pesquisa desenvolveu-se com aplicação de questionários para os responsáveis pelo sistema de garantia da qualidade metrológica das empresas. A amostra de pesquisa constitui-se de empresas industriais de médio e grande porte do estado do Ceará, atuantes em setores diversos como eletromecânico, telecomunicação, metalúrgico, têxtil, químico, cimento, entre outros.
- o resultado da pesquisa apresentado na Figura 2, confirma sua suposição que a base de um sistema de garantia da qualidade metrológica bem implementado, é a formação adequada em metrologia dos funcionários da empresa.

Figura 2 - Dificuldades na implantação de um sistema de qualidade metrológica.

Fonte: FLESCH, Carlos; JÛNIOR, Luiz - 1999



- quatorze das quinze empresas estudadas, afirmaram que os funcionários sem conhecimento básico em metrologia é a principal dificuldade encontrada no processo de requisitos metrológicos para garantia de um sistema de qualidade. A segunda principal dificuldade encontrada pelas empresas foi a falta de cultura metrológica na organização, constatando-se a necessidade de programas de formação de recursos humanos em metrologia industrial básica, a fim de incentivar a formação de uma cultura metrológica nas empresas. A implantação de uma cultura metrológica forte, contribui, entre outros aspectos, para a redução das dificuldades na interpretação dos requisitos metrológicos citados em normas e auxiliam em um melhor conhecimento global do sistema de medição em que os funcionários estão inseridos, assim como na importância deste sistema para as empresas.
- houve verificação da pouca importância dada ao treinamento em metrologia e ferramentas estatísticas aplicadas à metrologia no estudo realizado. De acordo com o estudo, apenas 33% das empresas pesquisadas incluíram metrologia dentro da programação de treinamento. A falta de treinamento influencia diretamente no terceiro

maior problema relatado pelas empresas na implantação de um sistema de qualidade metrológica, que é a dificuldade na interpretação dos requisitos metrológicos citados em normas.

- as empresas pesquisadas apontaram que as principais dificuldades para qualificação de pessoas na área da metrologia foram: a pouca oferta de cursos específicos, o tempo exigido para os treinamentos e os custos destes treinamentos. A deficiência na capacitação de funcionários em relação à metrologia, pode levar à erros no processo metrológico, trazendo prejuízos para a qualidade do sistema metrológico das empresas e também potenciais prejuízos monetários.

.

3 - DESENVOLVIMENTO

3.1 A EMPRESA

A ArcelorMittal foi fundada em 2006, a partir da fusão da Mittal Steel Company e da Arcelor. Dessa forma, nasceu a maior produtora de aço do mundo. Presente industrialmente em 18 países e com uma capacidade produtiva de cerca de 113 milhões de toneladas anuais, a ArcelorMittal possui aproximadamente 200 mil funcionários espalhados por 60 países.

Nas Américas Central e do Sul, a ArcelorMittal atua no mercado de Aços Longos e Planos, sendo a maior produtora de aço no Brasil e na América Latina. Além disso, todas suas unidades são certificadas nas normas internacionais ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, referentes aos quesitos qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, respectivamente.

Uma das unidades brasileiras da ArcelorMittal se localiza em Juiz de Fora, Minas Gerais, que possui grande destaque no mercado de vergalhões, barras mecânicas, fio-máquina, pregos e outros importantes insumos de larga aplicação na construção civil e na indústria. A empresa adota justamente a qualidade de seus produtos para nortear sua estratégia, tendo como missão “Fornecer produtos de aço de qualidade para a construção civil e indústria de trefilação”.

A ArcelorMittal Juiz de Fora é uma das siderurgias pioneiras em certificações internacionais, sendo certificada na ISO 9001 em 1994, na ISO 14001 em 1997, na OHSAS 18001 em 1998. Sendo assim, conta com um estruturado Sistema de Gestão Integrada, cuja política é “Ser uma empresa inovadora, na qualidade do produto e no atendimento, com custo competitivo no mercado interno e capacitada para a exportação, buscando garantir a segurança e a saúde dos empregados (próprios e contratados), promovendo a harmonia entre a atividade industrial e o meio ambiente".

O desenvolvimento do estudo de caso foi realizado com base no laboratório de inspeção dos produtos laminados acabados da ArcelorMittal Juiz de Fora. O Autocontrole, como também é conhecido o laboratório, é responsável por realizar as seguintes análises nos vergalhões e fios máquina produzidos na usina:

- Inspeção visual;

- Configuração geométrica, na qual se mede a altura das nervuras transversais, espaçamento entre nervuras, ângulo, entre outros parâmetros definidos em normas;
- Ensaios de tração;
- Ensaios de dobramento.

Figura 3 - Laboratório Autocontrole.

Fonte: ArcelorMittal Juiz de Fora

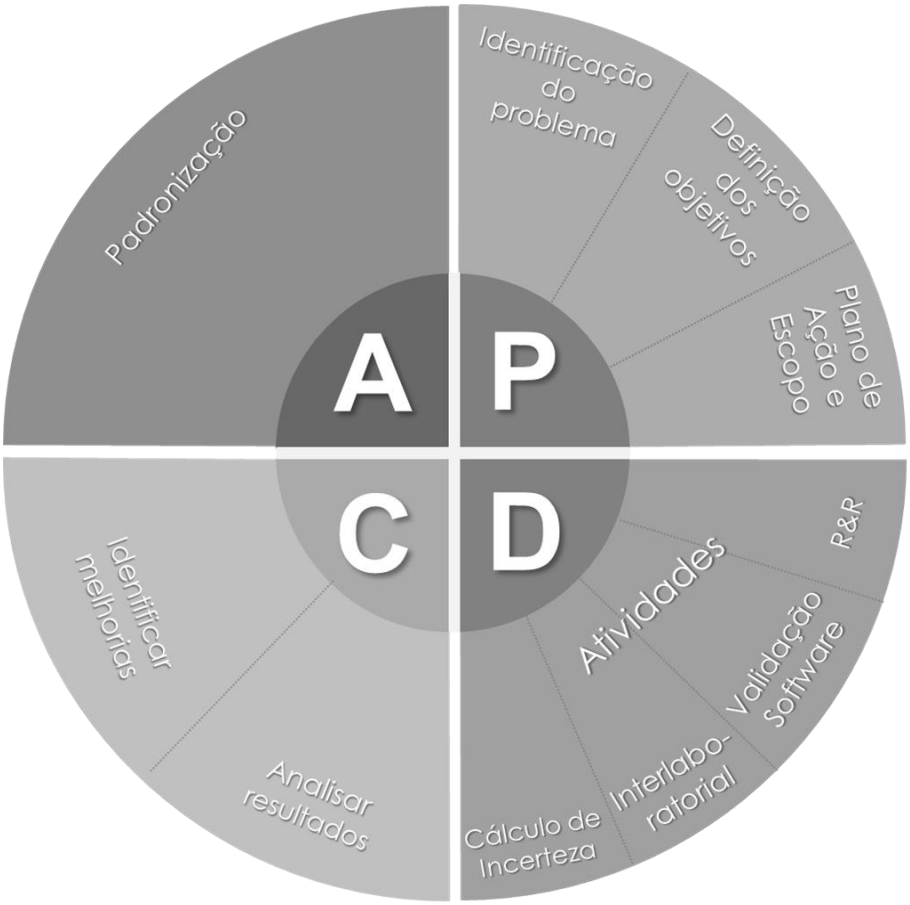
3.2 ESTRUTURA DO ESTUDO DE CASO

O objetivo do estudo é realizar a análise da qualidade metrológica das atividades desenvolvidas no Autocontrole, para avaliar a confiabilidade de informações fornecidas por esse laboratório, uma vez que a má qualidade dos dados pode comprometer a tomada de decisões (rejeitando materiais em condições adequadas, por exemplo) e/ou aumentar o número de reclamações de clientes devido ao envio de produtos fora de especificação.

Iniciou-se o projeto através de um estudo dos procedimentos disponibilizados pelo supervisor, além de artigos e bibliografias de análise de sistemas de medição. Devido à natureza dos procedimentos realizados no laboratório de ensaios físicos, foi necessária a leitura de normas técnicas referentes aos parâmetros analisados nesse ambiente de trabalho. Em seguida, houve um acompanhamento das atividades do laboratório por um período de uma semana, de forma a compreender melhor o funcionamento do sistema de medição em função das especificações definidas pelas normas.

A metodologia utilizada para a execução do projeto se baseou no ciclo PDCA, que compreende quatro etapas conforme destacadas a seguir:

Figura 4: Ciclo PDCA do projeto desenvolvido.



Na etapa de planejamento (P), foi realizado a identificação do problema e definição do objetivo como a necessidade de análise da qualidade e confiabilidade das informações geradas pelo Autocontrole, devido demanda de auditorias externas no passado. Ainda na etapa de planejamento foi realizada definição do plano de ação e criação do escopo.

Na fase de execução (D), foram escolhidas quatro atividades que iriam guiar a análise da qualidade metrológica do laboratório:

- Análise de Repetitividade e Reprodutibilidade.
- Validação do software da máquina do ensaio de tração.
- Comparação interlaboratorial.
- Cálculo de incerteza de medição.

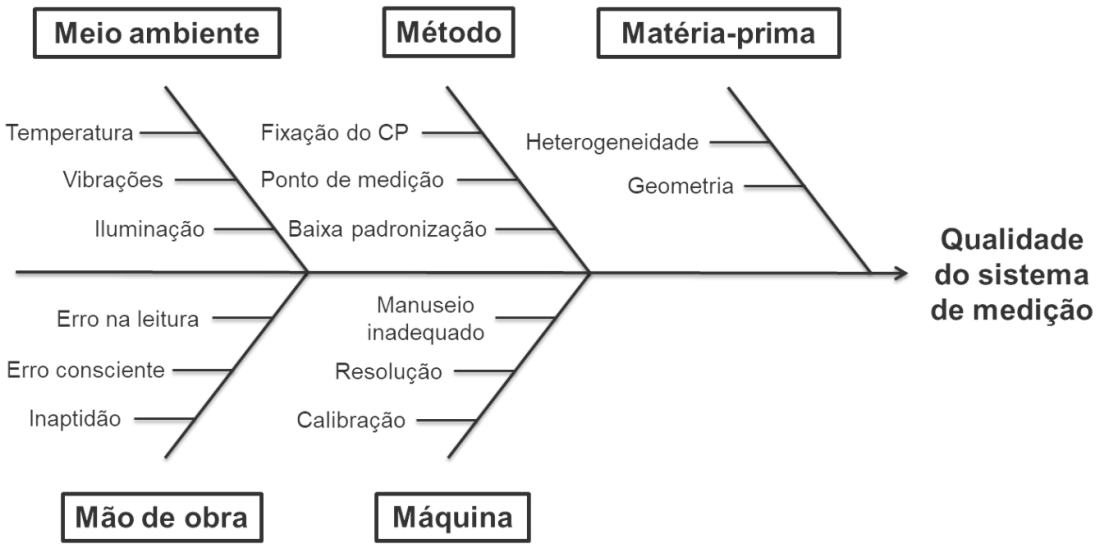
Na etapa de verificação (C) foram analisados os resultados das atividades desenvolvidas para identificação de melhorias e conclusões sobre a qualidade metrológica do Autocontrole. Na etapa de ação (A) foram propostas ações de padronização, com o objetivo de melhorar a qualidade e confiabilidade do processo de medição realizado no laboratório.

3.3 PLANEJAMENTO

O planejamento do projeto foi iniciado com a identificação do problema pelo supervisor da área. O problema foi a necessidade de avaliar a qualidade das medições realizadas no laboratório físico de produtos laminados. Essa demanda for repassada ao estagiário que levantou fatores que poderiam ser causas de má qualidade dos ensaios. Esse levantamento foi realizado por meio de visitas ao laboratório e da leitura de artigos e livros sobre o tema.

A partir disso, foi construído o diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa) levantando as possíveis causas que poderiam comprometer a qualidade das medições no laboratório físico de produtos laminados.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa.



De acordo com o diagrama da Figura 5, as principais causas que influenciam a qualidade do sistema de medição do laboratório são:

- Meio ambiente: Entende-se como condições ambientais certas características do ambiente onde os instrumentos são utilizados, tais como: a temperatura, umidade, poeira, vibração, tensão de alimentação, etc., e de como elas podem afetar os resultados das medições. No laboratório físico de produtos laminados, é utilizado sistemas estabilizadores de tensão com sala ventilada e ampla para a realização dos ensaios. Não é efetuado climatização da sala, por questões de saúde e segurança.
- Método: O método tem influência através da padronização presente no laboratório para realização das medidas. O método de medição é uma sequência lógica de operações, descritas por procedimentos, usadas na execução das medições. Objetivando minimizar escorregamentos e incertezas nos resultados, são utilizadas garras adequadas conforme fabricação do equipamento e de acordo com cada bitola para fixação do corpo de prova. Caso ocorra algum escorregamento importante, o ensaio é invalidado. De Acordo com a ABNT NBR ISO 6892-1:2013, "Para se obter um corpo de prova reto e assegurar o alinhamento entre o corpo de prova e o sistema de fixação, uma força preliminar pode ser aplicada, desde que não exceda o valor correspondente a 5 % da resistência ao escoamento especificada ou esperada."
- Matéria-prima: A matéria-prima é o produto a ser medido vindo da etapa de laminação. É esperado que o produto chegue com o menor grau de heterogeneidade possível.
- Mão de obra: A mão de obra é a influência que o operador tem no processo de medição. O usuário deve ser treinado e capacitado para a utilização correta do equipamento de medição. Deve também conhecer o método de medição, saber avaliar as condições ambientais, decidir sobre a realização ou não das medições, selecionar adequadamente a amostra a ser avaliada, registrar e interpretar o resultado das medições, a fim de se evitar erro na leitura e inaptidão, que influenciam na qualidade do sistema de medição.

- Máquina: Todos os equipamentos utilizados no Laboratório Físico são identificados, calibrados, rastreados e controlados pelo laboratório de calibração da usina. Todos os equipamentos de medição são atualizados tecnologicamente pelo programa de investimento anual da empresa. Se houver alguma dúvida com relação aos resultados obtidos em qualquer equipamento de medição utilizado no Laboratório Físico, por qualquer razão, este equipamento deve ser retirado imediatamente de operação e enviado para o laboratório de calibração e deverá ser realizada rastreabilidade dos resultados realizados com a utilização deste equipamento para evitar o envio de produtos não conforme para o mercado, sendo se necessário, efetuar a ação de bloquear todo lote em análise avisando a ocorrência a Gerência da Assistência Técnica para as devidas providencias. Nenhum equipamento não identificado, ou fora do prazo de calibração deverá fazer parte da rotina de ensaios do laboratório, sendo de responsabilidade do técnico de qualidade esta avaliação antes do início da jornada de trabalho. Todas estas medidas são realizadas no laboratório a fim de evitar a influência de falhas de calibração, resolução e manuseio inadequado que podem influenciar na qualidade metrológica do local.

Após identificação dessas principais causas que influenciam na qualidade do sistema de medição do laboratório, foi definido o escopo do projeto, compreendendo a execução dos quatro estudos propostos para verificar como estas principais causas estavam impactando no sistema de medição do laboratório, para identificação de oportunidades de melhoria.

Por fim, elaborou-se um plano de ação para registrar a execução do projeto, no qual se identifica as atividades realizadas, como as tarefas feitas, onde, quais seus respectivos responsáveis e o prazo para a execução de cada uma das atividades.

3.4 EXECUÇÃO

A execução do projeto se dividiu em quatro estudos propostos, sendo eles tratados separadamente nas próximas seções.

3.4.1 REPETITIVIDADE E REPRODUTIBILIDADE

Esse estudo foi iniciado com a separação de 10 amostras de vergalhões para exportação de 6,35 mm. Tais vergalhões foram identificados para serem medidos por quatro laboratoristas de diferentes turmas. Cada avaliador deveria realizar a medição de três aspectos relativos à configuração geométrica das amostras, sendo eles: altura de nervura transversal, espaçamento entre nervuras e gap. Uma planilha eletrônica foi confeccionada para compilação de dados e deu-se início às medições.

Após uma rodada com todos os avaliadores, as amostras foram recolhidas e receberam novos números de identificação, repetindo-se as medições mais uma vez. Com todos os dados em mãos, foi escolhido o método para o tratamento estatístico de dados e estudo do R&R. Por possuir maior robustez estatística, escolheu-se a Análise de Variância (ANOVA) como o método empregado. Os resultados finais do estudo seriam provenientes da ANOVA.

Para realizar tais cálculos, utilizou-se o software de análises estatísticas Minitab, versão 2018. Através desse software, além dos cálculos de contribuição de variação por repetitividade e reprodutibilidade, são confeccionados gráficos muito importantes para avaliação, sendo eles: carta de controle de média e variância por operador, gráfico de distribuição por peça, box-plot das medições por operador e gráfico de interação das peças com avaliadores.

Segundo as diretrizes do AIAG (*Automotive Industry Action Group*), o percentual de contribuição do R&R deve ser inferior a 10% e pode ser considerado potencialmente aceitável para valores entre 10% e 30%. Após essa análise, o relatório do projeto foi preenchido com as informações necessárias para conhecimento do responsável do laboratório. A partir disso, foram levantadas oportunidades de melhoria para diminuir a variabilidade do sistema de medição.

3.4.2 VALIDAÇÃO DO SOFTWARE DA MÁQUINA DE ENSAIO DE TRAÇÃO

A validação do software de ensaio de tração é de extrema importância para se ter ciência de que os dados fornecidos pelo mesmo são confiáveis. Para tanto, planejou-se

um teste de hipóteses. Primeiramente, escolheu-se uma barra recém-laminada para garantir que as amostras fossem as mais homogêneas possíveis. Em seguida, cortou-se a barra em dezoito amostras.

Metade dessas amostras seriam ensaiadas com um extensômetro acoplado na barra, de forma a ter uma medição mais representativa, uma vez que esse instrumento é capaz de medir as deformações com maior acurácia. A outra metade das amostras seriam ensaiadas sem o uso desse aparelho. Portanto, nove dos resultados dos ensaios de tração seriam fornecidos pelo extensômetro e os demais pelo software da máquina de ensaio de tração.

Após a realização dos ensaios, confeccionou-se uma planilha eletrônica para compilação de dados e realização do teste de hipóteses. Tomou-se a igualdade entre as médias dos dois experimentos como hipótese nula. Já a hipótese alternativa era que as médias dos grupos ensaiados com e sem extensômetro eram estatisticamente diferentes. Por fim, realizou-se o teste de hipóteses (teste t).

Com o resultado do teste em mãos, avaliou-se se o software da máquina de ensaios de tração fornecia resultados confiáveis (se a hipótese nula fosse aceita) ou não (caso houvesse a rejeição da hipótese nula).

3.4.3 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL

Um programa de comparação interlaboratorial é uma ferramenta para a garantia de qualidade analítica de resultados para os laboratórios, onde é identificado o desempenho de cada participante em relação ao grupo. A ArcelorMittal Juiz de Fora faz parte de um programa de iniciativa do laboratório Concremat, no qual amostras mais homogêneas possíveis, são enviadas por um grupo de mais de dez laboratórios para análise de amostras de vergalhões.

Apesar de fazer parte do projeto, quase nenhuma das atividades foi realizada pelo estagiário. No entanto, os resultados do programa que são fornecidos pela Concremat foram analisados por ele juntamente ao supervisor do estágio.

3.4.4 CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Para realizar o cálculo de incerteza de medição, separou-se amostras de vergalhão provenientes de barras laminadas, uma vez que essas são mais homogêneas. Antes de ensaiadas em uma máquina de tração, mediu-se sua massa e comprimento. Todos os dados foram compilados em planilha eletrônica e armazenados para análise futura.

O passo seguinte foi solicitar ao laboratório de calibração da ArcelorMittal Juiz de Fora os certificados de calibração dos instrumentos utilizados nesse estudo, sendo eles: traçador de altura, balança e máquina de tração. Analisou-se criticamente esses relatórios mediante os requisitos da norma de acreditação de laboratórios ISO 17025:2005. Uma vez validados tais documentos, informações relevantes para o cálculo de incerteza foram extraídas dos certificados.

Para este estudo tomou-se como base o método proposto no Guia para Expressão da Incerteza de Medição (ISO GUM). A metodologia do ISO GUM pode ser resumido nos seguintes passos:

- Definição de mensurando;
- Elaboração do diagrama de causa-efeito;
- Estimativas de incertezas das fontes de entrada;
- Cálculo dos coeficientes de sensibilidade;
- Cálculo das componentes de incerteza;
- Combinação das componentes;
- Cálculo dos graus de liberdade efetivos;
- Determinação do fator de abrangência;
- Estimativa da incerteza expandida.

4 - RESULTADOS

Após realizadas as quatro atividades estabelecidas para verificação da qualidade metrológica do laboratório auto controle, os resultados e análises serão apresentados nos próximos tópicos.

4.1 REPETITIVIDADE E REPRODUTIBILIDADE

Após realizadas as medições, elas foram inseridas no software Minitab, que gerou os seguintes resultados de estudo de R&R para as três categorias mensuradas:

- Altura de nervura transversal

Tabela 1 - Avaliação R&R - altura de nervura transversal

Fonte: Minitab

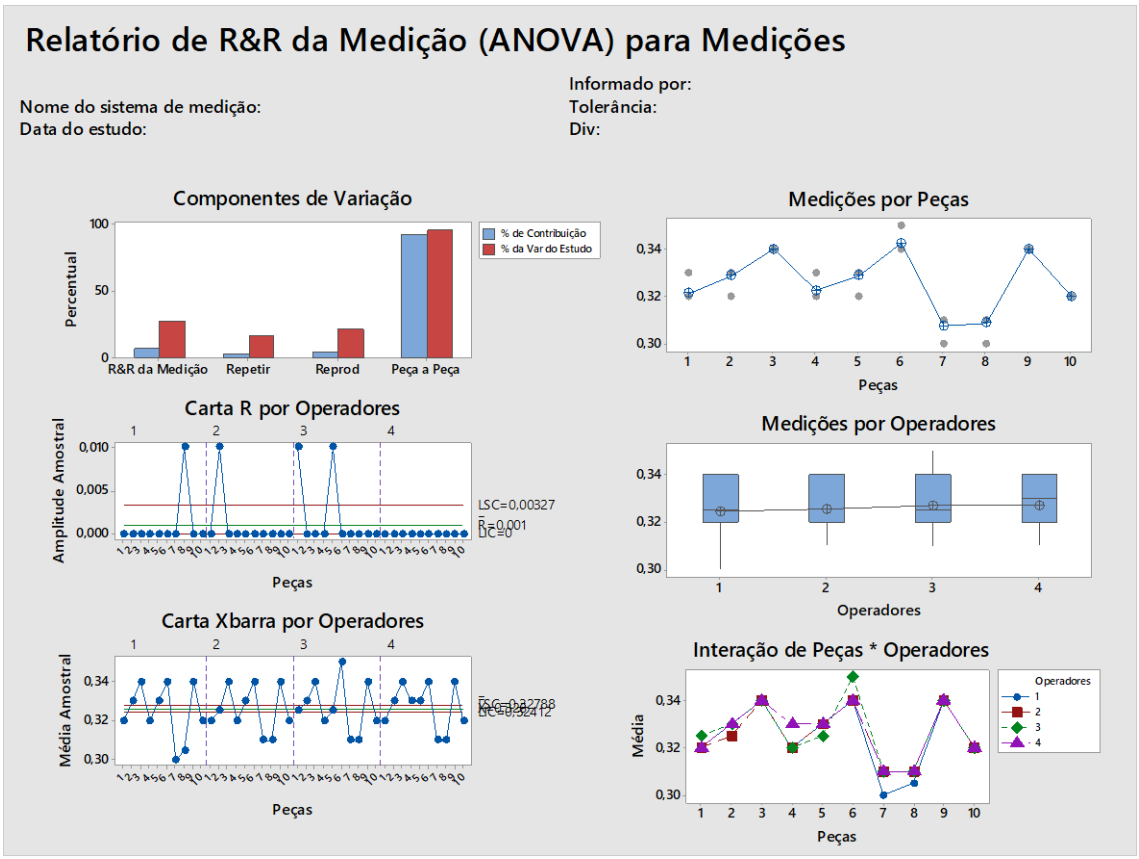
Avaliação das Medições

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	%Var do Estudo (%VE)
Total de R&R da Medição	0,0035355	0,0212132	27,56
Repetibilidade	0,0022361	0,0134164	17,43
Reprodutibilidade	0,0027386	0,0164317	21,35
Operadores	0,0007454	0,0044721	5,81
Operadores*Peças	0,0026352	0,0158114	20,54
Peça a Peça	0,0123322	0,0739932	96,13
Variação Total	0,0128290	0,0769740	100,00

Através da análise da contribuição de cada componente do sistema, é possível verificar que para o R&R, o processo não se mostrou totalmente capaz, apresentando critério entre 0,1 < R&R < 0,3, sendo uma faixa não crítica, mas que necessita de uma análise para verificar o motivo deste resultado e, consequentemente, buscar melhorias. É possível verificar que a reprodutibilidade apresentou maior porcentagem de contribuição que a repetibilidade, logo houve uma maior influência do operador comparado ao instrumento de medição na variação total do processo, como pode ser visto na Figura 6 abaixo:

Figura 6 - Relatório R&R - altura de nervura transversal

Fonte: Minitab



Avaliando a carta X barra por operador e a interação de peças * operadores, é possível verificar que o operador 1 apresentou média de medição mais distante dos demais ao medir os produtos 7 e 8. O mesmo pode ser observado do operador 3 na medição do produto 6.

- Espaçamento entre nervuras

Tabela 2 - Avaliação R&R - espaçamento entre nervuras

Fonte: Minitab

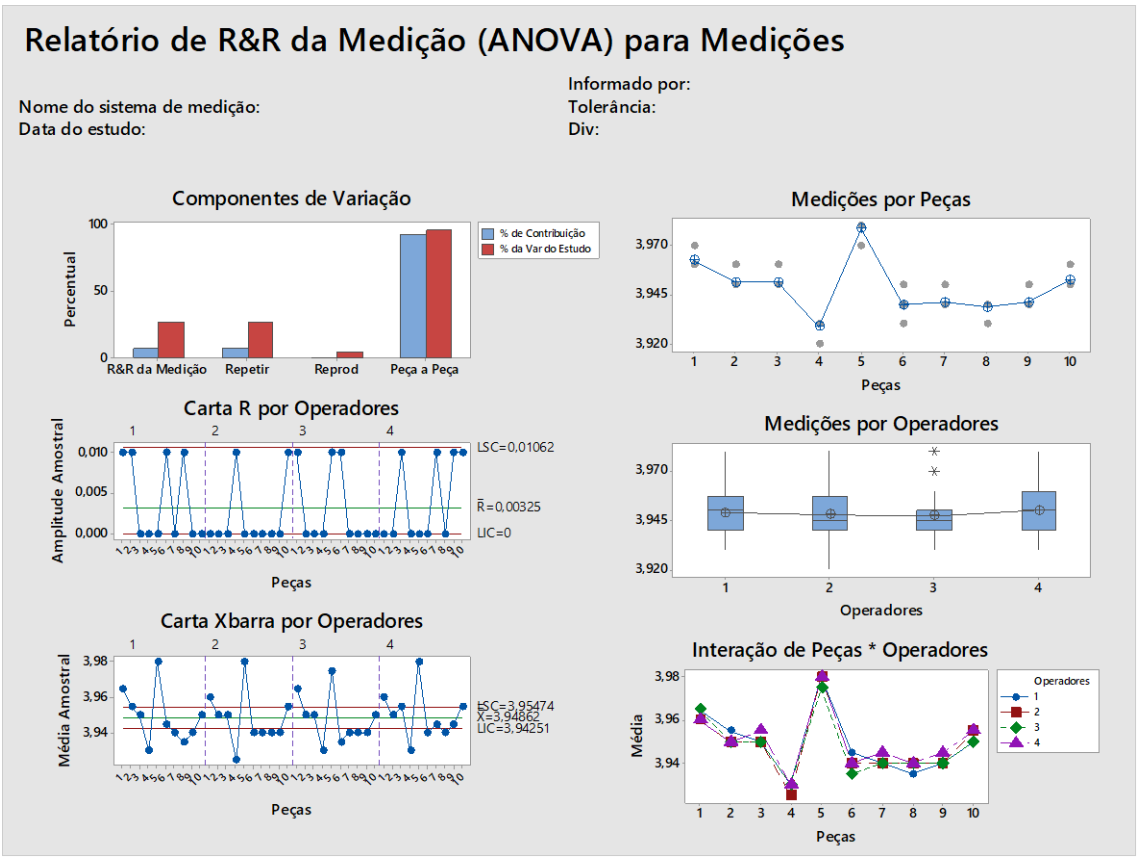
Avaliação das Medições

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	%Var do Estudo (%VE)
Total de R&R da Medição	0,0039947	0,0239683	27,27
Repetibilidade	0,0039375	0,0236249	26,88
Reprodutibilidade	0,0006738	0,0040427	4,60
Operadores	0,0006738	0,0040427	4,60
Peça a Peça	0,0140913	0,0845480	96,21
Variação Total	0,0146466	0,0878797	100,00

Através da análise da contribuição de cada componente do sistema é possível verificar que para o R&R, o processo não se mostrou totalmente capaz, apresentando critério entre 0,1 < R&R < 0,3, sendo uma faixa não crítica, mas que necessita de uma análise para verificar o motivo deste resultado e, consequentemente, buscar melhorias. Na medição desta característica do produto, notou-se que a repetibilidade apresentou maior porcentagem de contribuição que a reprodutibilidade, logo houve uma maior influência do instrumento (mensurando) comparado aos operadores na variação total do processo, como pode ser visto na Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Relatório R&R - espaçamento entre nervuras

Fonte: Minitab



Avaliando a carta X barra por operador e a interação de peças * operadores, não é possível identificar variação significativa da média de medição de um operador comparado aos demais, podendo-se destacar uma leve variação da média do operador 2 na medição da peça 4.

- Gap

Tabela 3 - Avaliação R&R - gap. Fonte: Minitab

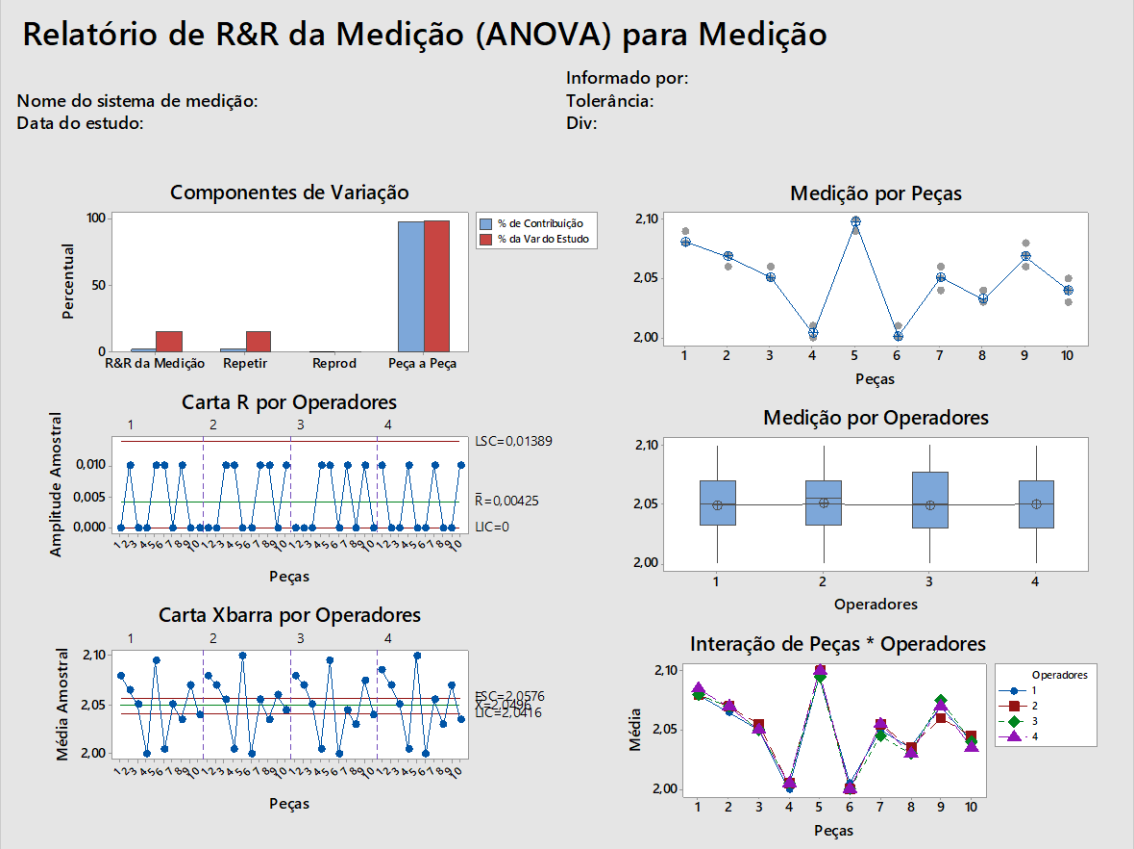
Avaliação das Medições

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	%Var do Estudo (%VE)
Total de R&R da Medição	0,0048542	0,029125	15,31
Repetibilidade	0,0048542	0,029125	15,31
Reprodutibilidade	0,0000000	0,000000	0,00
Operadores	0,0000000	0,000000	0,00
Peça a Peça	0,0313281	0,187968	98,82
Variação Total	0,0317019	0,190211	100,00

Através da análise da contribuição de cada componente do sistema é possível verificar que para o R&R, o processo não se mostrou totalmente capaz, apresentando critério entre 0,1 < R&R < 0,3, sendo uma faixa não crítica, mas que necessita de uma análise para verificar o motivo deste resultado e, consequentemente, buscar melhorias. A medição desta característica do produto foi a que apresentou menor percentual de R&R dentre as três, se aproximando do ideal para um sistema de medição que é menor que 10 %. Na medição desta característica do produto, notou-se que a repetibilidade apresentou maior porcentagem de contribuição que a reprodutibilidade, logo houve uma maior influência do instrumento (mensurando) comparado aos operadores na variação total do processo, como pode ser visto na Figura 8 abaixo:

Figura 8 - Relatório R&R - gap

Fonte: Minitab



Avaliando a carta X barra por operador e a interação de peças * operadores, não é possível identificar variação significativa da média de medição de um operador comparado aos demais. Neste caso não houve influência dos operadores na variação

total do processo, sendo o melhor resultado encontrado neste sentido dentre as três características mensuradas nos produtos.

4.2 VALIDAÇÃO DO SOFTWARE DA MÁQUINA DE ENSAIO DE TRAÇÃO

Objetivando o processo de validação do software, foi efetuado um teste de hipótese (teste t), com a utilização do excel. Para tanto, foram realizados ensaios mecânicos em dezoito amostras de barras laminadas, sendo em nove delas com utilização do extensômetro e as outras nove sem o extensômetro.

Os resultados foram baseados nas seguintes hipóteses:

- HO - Hipótese nula: afirmação de igualdade entre as médias dos valores medidos pelos grupos.
- HA - Hipótese alternativa: afirmação de diferença estatísticas entre as médias dos valores dos dois grupos ensaiados.

Para comparação dos resultados, foram medidos o limite de escoamento (LE) e o limite de resistência (LR) das amostras. Os dados encontram-se compilados na Tabela 4 a seguir. O nível de significância utilizado na análise foi de 0,05.

Tabela 4 - Medidas LR e LE
Fonte: ArcelorMittal Juiz de Fora

Peça	GRUPO	LR	LE (0,20%)
1	Bitola 12,5 - EXTENSOMETRO	708	581
2		769	655
3		762	628
4		770	590
5		752	566
6		763	616
7		765	597
8		768	640
9		747	560
10	Bitola 12,5 - SEM EXTENSOMETRO	760	620
11		769	638
12		754	613
13		755	629
14		755	636
15		736	607
16		747	619
17		766	638
18		767	631

Tabela 5 - Análise p-valor LR e LE

Fonte: ArcelorMittal Juiz de Fora

p - Valor LR	0,97	É maior que 0,05 e desta forma não podemos rejeitar a Hipótese nula
p - Valor LE	0,09	É maior que 0,05 e desta forma não podemos rejeitar a Hipótese nula

Para os Valores de Limite de Resistência e Limite de Escoamento realizados com e sem extensômetro, foram obtidos P- Value > 0,05 e desta forma não podemos rejeitar a hipótese nula, e aceitar que com um nível de confiança de 95% não existe diferença significativa entre as médias dos valores com e sem extensômetro.

Com este resultado é possível verificar que o software utilizado pela máquina, proporciona informações confiáveis para o laboratório e os operadores conseguem realizar uma interpretação satisfatória dos resultados.

4.3 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL

A ArcelorMittal Juiz de Fora participou do 21º Programa Interlaboratorial de Fios e Barras de Aço – 2017, definido pela Comissão Técnica de Laboratórios de Ensaios em Construção Civil CT-01. O programa foi coordenado pela CONCREMAT Engenharia e Tecnologia S/A, laboratório acreditado pelo INMETRO e teve a participação das outras unidades do Grupo ArcelorMittal, além de outros laboratórios acreditados pelo INMETRO e empresas do setor. O Laboratório de ensaios Físicos da Laminação da ArcelorMittal Juiz de Fora foi identificado com o número 08.

Após envio das medidas à CONCREMAT foi obtido retorno do desempenho do laboratório no programa interlaboratorial. A análise está compilada na Tabela 6 à seguir:

Tabela 6 - Comparação interlaboratorial

Fonte: ArcelorMittal Juiz de Fora

Material	Ensaio	Interpretação dos resultados dos laboratórios pelo Z-score (pelo nº do laboratório)		
		Satisfatório	Questionável	Insatisfatório
CA 50 - Ø 10,0 mm	Massa Linear	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10		4
	Res. Escoamento	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10	4	9
	Res. Ruptura	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10	4	9
	Alongamento	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10		9
CA 60- Ø 7,1 mm	Massa Linear	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10	1 e 6	4
	Res. Escoamento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10		9
	Res. Ruptura	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10	4	9
	Alongamento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10		

De acordo com a Tabela 6 enviada pela CONCREMAT é possível verificar que o laboratório de ensaios físicos de produtos laminados obteve desempenho satisfatório em todas os ensaios realizados. Esta comparação com dez diferentes laboratórios é importante na análise da qualidade do laboratório, pois é possível identificar necessidade de melhoria ou revisão de práticas dependendo do resultado obtido.

4.4 CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Esta análise é uma limitação do projeto, pois foi definido uma descrição das atividades e método que seriam utilizados neste estudo, porém o período de estágio terminou antes que se pudesse realizar o cálculo para estudo.

4.5 IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS

Com a realização e análise de três atividades propostas no desenvolvimento do projeto para análise da qualidade metrológica do laboratório Autocontrole, foi possível identificar melhorias que podem ser realizadas no processo de medição do laboratório. As atividades de validação do software, comparação interlaboratorial e análise de R&R, retornaram resultados satisfatórios, porém é possível realizar as seguintes sugestões de otimização:

- O planejamento do estudo de R&R não foi muito adequado para que se evitasse atrasos ou variações no ambiente durante as medições. A sugestão seria criar um cronograma antecipado, analisando os turnos e paradas preventivas, para maximizar as chances dos funcionários estarem totalmente focados no estudo. Este cronograma poderia ser planejado para realização do estudo anualmente, com a finalidade de garantir que o sistema de medição do laboratório esteja nos padrões adequados, com todos os funcionários no mesmo nível de capacitação e instrumentos no nível ótimo de operação.
- Pesquisar e manter atualizado como é a melhor forma de planejar o experimento de análise, calculando o número adequado de repetições, avaliadores e amostras, a fim de se obter a melhor análise possível.
- Garantir que os avaliadores utilizem o mesmo instrumento de medição. O uso de diferentes paquímetros aumenta o percentual de repetitividade devido às incertezas inerentes de cada instrumento.
- Tentar verificar a possibilidade de planejamento de estudos de acordo com as paradas preventivas, para ser mais fácil haver um

acompanhamento e inspeção, a fim de notar possíveis desvios e oportunidades de melhoria.

- A mudança das condições ambientais pode prejudicar o resultado da reprodutibilidade. Assim, seria necessário planejar o estudo de forma que os operadores realizassem as medições em um mesmo turno ou pelo menos em horários de maior luminosidade.
- Realizar treinamentos com os operadores para quando eles desconfiarem de alguma medição, buscarem realizar novamente a operação, antes de tomar o resultado como verdadeiro. Além disso, um curso sobre metrologia e importância desta área para a organização seria importante para criar uma conscientização nos operadores sobre a importância do trabalho realizado, além de aumentar o conhecimento sobre a área que trabalham, proporcionando funcionários mais capacitados e críticos.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo proposto de analisar a qualidade metrológica do laboratório Autocontrole da empresa ArcelorMittal Juiz de Fora, é possível afirmar que o laboratório apresenta um desempenho satisfatório na realização das medições dos produtos para geração de informações confiáveis.

Com o desenvolvimento e coleta de resultados de três dos quatro estudos propostos para avaliação da qualidade metrológica, foi possível propor ações de melhoria dos processos do local. O estudo de repetitividade e reprodutibilidade apresentou resultados aceitos para o laboratório, porém é necessário buscar melhorias. O R&R gage das três medições realizadas estava entre 10% e 30%, porcentagem considerada não crítica. O estudo de validação do software da máquina do ensaio de tração, apresentou um resultado satisfatório, pois foi descartada a hipótese de divergência de resultados obtidos pelo software, comparados aos resultados obtidos pelo extensômetro de alta acurácia. A comparação interlaboratorial também mostrou um bom resultado do laboratório Autocontrole, comparado à outros laboratórios em um estudo comparativo realizado pela Concremat. Todas as medições apresentaram resultados satisfatórios no relatório do programa interlaboratorial. O estudo de cálculo da incerteza de medição representa a limitação do projeto, pois apesar de definida a forma de execução e análise do estudo, não foi possível realizar esta etapa devido ao fim do programa de estágio.

Considerando os resultados obtidos e observações realizadas durante a execução do projeto, foi possível propor ações de otimização e padronização para os processos e práticas do laboratório Autocontrole, como a criação de um cronograma anual para estudo da qualidade metrológica. A aplicação de um curso de metrologia aos funcionários também seria uma boa prática para capacitar e desenvolver o pensamento crítico das atividades realizadas no local. O trabalho realizado não encerra o conteúdo, pois será importante a implantação das ideias de melhorias propostas, além da realização do estudo de cálculo de incerteza, buscando sempre a atualização de formas de estudos que consigam analisar a qualidade metrológica do laboratório para geração de informações confiáveis.

REFERÊNCIAS:

ALVES, Marcelo. **Test t de Student** - 2017. Disponível em: http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf5759a:teste_t.pdf.

ALVES, Mário. **ABC da metrologia industrial.** Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2003. Disponível em: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/PubDid/ABC_Metro.pdf.

ALMEIDA, Fabrício; CORTEZ, Daniel; GOMES, José. **Estudo de R&R para validação do sistema de medição de um processo de confecção de bobinas de fio em uma indústria do ramo textil** - 2016.
Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_325_30295.pdf

ARAÚJO, Inaldo. **A organização da função garantia da qualidade e o papel da metrologia** - 1995.
Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/157979
.

BARBOSA, Eduardo; MELO, Jéssica; PINHEIRO, Bruno. O parâmetro R&R e suas formas de obtenção: uma revisão de literatura - 2016. Disponível em: https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/viewFile/507/386

CAMPOS, Renato; SILVA, Eduardo. **A importância da metrologia na gestão empresarial e na competitividade do país** - 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/238109042_A_IMPORTANCIA_DA_METROLOGIA_NA_GESTAO_EMPRESARIAL_E_NA_COMPETITIVIDADE_DO_PAIS

CBM. **Diretrizes estratégicas para a metrologia brasileira 2018-2022** - 2017.
Disponível em:
http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/dirEstrategica/diretrizesEstrategicas.pdf

FERNANDES, Wilson; NETO, Pedro; SILVA, José. **Metrologia e qualidade - sua importância como fatores de competitividade nos processos produtivos -** 2009. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_615_13247.pdf

FLESCH, Carlos; JÛNIOR, Luiz. **Metodologia para uniformização no tratamento das questões metrológicas em sistemas de garantia da qualidade** - 1999.

JÚNIOR, Luiz. **Confiabilidade Metrológica no Contexto da Garantia da Qualidade Industrial: Diagnóstico e Sistematização de Procedimentos -** 1999. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81053

IRMÃO, Gustavo. **A importância da metrologia na indústria e nas relações comerciais** - 2013. Disponível em: http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000014564.pdf

MAGALHÃES, João; NORONHA, José. **Sistema de gestão da qualidade para laboratório de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005 -** 2006. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470322_7791.pdf

MIGUEL, Paulo. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2010.

SILVA, Anderson. **Uma sistemática para garantia da qualidade metrológica aplicada em ambiente industrial** - 2005. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/101834

SILVA, Tais. **Teste t-Student. Teste igualdade de variâncias -** 2014. Disponível em: http://www.ufpa.br/heliton/arquivos/aplicada/seminarios/M1_01_Teste_t_Tais.pdf

TOLEDO, José. **Sistemas de medição e metrologia** - 2014.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 22 de NOVEMBRO de 2018.

GUSTAVO ROLA MOL	201249012
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
Gustavo Rola Mol	065.084.296-04
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

ANEXO B – DECLARAÇÃO DA EMPRESA

Declaro para os devidos fins, que Gustavo Rola Mol, estagiário/funcionário da empresa ArcelorMittal Juiz de Fora, possui autorização para divulgar o nome da empresa, bem como dados não confidenciais na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Juiz de Fora, 21 de dezembro de 2018.

Responsável da Empresa
(carimbo da empresa)

Eduardo Pires da Costa
GERENTE TÉCNICO E LOGÍSTICA

Repositório Institucional

Termo de Autorização para publicação de trabalhos acadêmicos em formato eletrônico no Repositório Institucional Digital da Produção Científica e Intelectual da UFJF

1. Identificação da material bibliográfico: ( )Tese ( ) Dissertação (x) TCC graduação ( ) TCC Especialização

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor: GUSTAVO ROLA MOL

Matrícula: 201243012 CPF: 065.084.296-04 Telefone fixo 31

Telefone celular: 31 989045497 E-mail: GUSTAVO.MOL@ENGENHARIA.UFJF.BR

Nome do orientador: ROBERTO MALHEIROS MOREIRA FILHO

Título do trabalho: PROCESSO DE ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENSAIOS DO LABORATÓRIO FÍSICO DE PRODUTOS LAMINADOS

Co-orientador:

Membros da Banca: ROBERTO MALHEIROS MOREIRA FILHO, CLARICE BLEVIGLIERI PORTO, LUIZ HENRIQUE DIAS ALVES

Pós Graduação Stricto Sensu (Mestrado e Doutorado)

Programa: Curso:

Área do Conhecimento: Palavras-chave:

Data da defesa: __/__/__

Pós-graduação Lato Sensu (especialização)

Curso de Pós-Graduação:

Área do Conhecimento: Palavras-chave:

Data da defesa: __/__/__

Graduação

Curso: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Data da defesa: 22/11/2018

Área do Conhecimento: ENGENHARIA DA QUALIDADE

Palavras-chave: QUALIDADE METROLÓGICA, LABORATÓRIO, CONFIABILIDADE DAS INFORMAÇÕES

3. Agência (s) de fomento (se houver):

4. Licença de uso

Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo o Centro de Difusão do Conhecimento da Universidade Federal de Juiz de Fora a disponibilizar a obra no Repositório Institucional gratuitamente, de acordo com a licença pública ***Creative Commons*** Licença 4.0 Internacional por mim declarada sob as seguintes condições.

Permite uso comercial de sua obra? ( ) Sim (x) não

Permitir alterações em sua obra? ( ) sim ( ) sim, desde que outros compartilhem pela mesma licença (x) não

A obra continua protegida por Direitos Autorais e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

4. Informação de acesso ao documento:

Liberação para publicação: (x) Total ( ) Parcial

A restrição (parcial ou total) poderá der mantida por até um ano a partir da data de autorização da publicação. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à PROPP ou PROGRAD. Em caso de publicação parcial, o embargo será de 12 meses. Especifique o (s) arquivo(s) capítulo(s) restritos:

Declaração de distribuição não-exclusiva

O referido autor:

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Federal de Juiz de Fora os direitos requeridos por esta licença e que esse material, cujos direitos são de terceiros, está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdos do documento entregue.

c) Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a UFJF, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo contrato ou acordo.

Assinatura do autor Gustavo Rola Mol **Data** 22/11/2018