



FACULDADE UNIFAMETRO MARACANAÚ
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

AMANDA MARTINS DE ALMEIDA

**ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO PARA
O ABRASÍMETRO**

MARACANAÚ
2020

AMANDA MARTINS DE ALMEIDA

ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO PARA
O ABRASÍMETRO

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Administração da Faculdade Unifametro Maracanaú como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação da prof.^a Dra. Zaila Maria de Oliveira.

MARACANAÚ

2020

AMANDA MARTINS DE ALMEIDA

ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO PARA
O ABRASÍMETRO

Artigo TCC apresentado no dia 08 de Dezembro de 2020 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Administração da Faculdade Unifametro Maracanaú, tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Zaila Maria de Oliveira
Orientadora – Faculdade Unifametro Maracanaú

Prof.^a. Dra. Karla Lucia Batista Araujo
Membro Interno - Faculdade Unifametro Maracanaú

Prof. Me. Luiz Claudio Magalhães Florencio
Membro interno - Faculdade Unifametro Maracanaú

ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE CALIBRAÇÃO PARA O ABRASÍMETRO

Amanda Martins de Almeida¹

RESUMO

A norma ISO 9001 (International Organization for Standardization) tem o objetivo de padronizar e garantir a qualidade em um contexto de melhoria contínua dos processos, levando as organizações a perceberem a necessidade de estabelecer um diferencial competitivo com relação aos concorrentes, por meio das suas exigências e certificações. A calibração ou verificação de instrumentos de medição que afetam diretamente ou indiretamente a qualidade do produto é um de seus requisitos. Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método de calibração para o aparelho Abrasímetro (instrumento de medição utilizado para realizar o teste de resistência à abrasão), através do método de calibração interna por comparação direta contra padrão rastreado à Rede Brasileira de Calibração (RBC). Esta pesquisa é aplicada, descritiva com abordagem qualitativa. Pode-se concluir que o desenvolvimento do método de calibração proporcionou à organização uma redução de custo anual de 24% nas despesas com calibração externa no setor de laboratório químico e um ganho na disponibilidade do instrumento, pois o utensílio não será mais retirado do seu local de trabalho para o envio da calibração externa.

Palavras-chave: Metrologia. ISO 9001. Cálculo de Incertezas.

¹ Graduanda do curso de Administração pelo Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO.

1 INTRODUÇÃO

A exigência do mercado por produtos de qualidade criou um contexto de melhoria contínua de processos, levando as organizações a perceberem a necessidade de estabelecer um diferencial competitivo com relação aos concorrentes. A partir disso, investir em departamentos de qualidade mais desenvolvidos, com especificações mais precisas, sistemas e métodos de medições mais confiáveis baseados na série ISO 9000, se constitui um importante recurso de diferenciação para as empresas do setor industrial (SALES, 2014).

Assim, uma vez que a metrologia é a ciência que estuda a medição, (SILVA, 2014) e a calibração de instrumentos é um dos seus principais serviços, a empresa no ramo de eletrodomésticos no qual este estudo foi realizado, identificou a importância de criar um laboratório de metrologia para garantir a qualidade de seus processos e produtos. Com isso, a empresa tornou-se pioneira no Estado do Ceará na certificação pela norma ISO 9001.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método de calibração para o aparelho Abrasímetro (instrumento de medição utilizado para realizar o teste de resistência à abrasão), através do método de calibração interna por comparação direta contra padrão rastreado à Rede Brasileira de Calibração (RBC).

Para tal procedimento, foram definidos como objetivos específicos: desenvolver o procedimento de calibração; criar a base de cálculos de incerteza da medição; criar o certificado de calibração para armazenagem dos dados, uma vez que o Abrasímetro é um equipamento de valiosa importância para o setor do Laboratório químico, pois realiza teste em tintas que são utilizadas no processo de pintura dos GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), conforme norma ABNT NBR 8460:2020. De forma simples, pode-se afirmar que o equipamento fornece dados nos quais os técnicos do laboratório, mediante análises e com base nas especificações dos produtos, tomam decisões entre aprovar ou reprovar os lotes testados (SILVA, 2014).

Devido à importância do teste e para garantir que o equipamento esteja gerando resultados confiáveis, faz-se necessária a calibração periódica dos instrumentos. Porém, até o presente momento, a calibração do Abrasímetro era

realizada por uma empresa localizada em São Paulo, gerando custos adicionais e diminuindo a disponibilidade do equipamento, visto que passava pelo processo de envio para as dependências da empresa contratada para realização do serviço, com o tempo estimado de até 60 dias para calibração e retorno para organização.

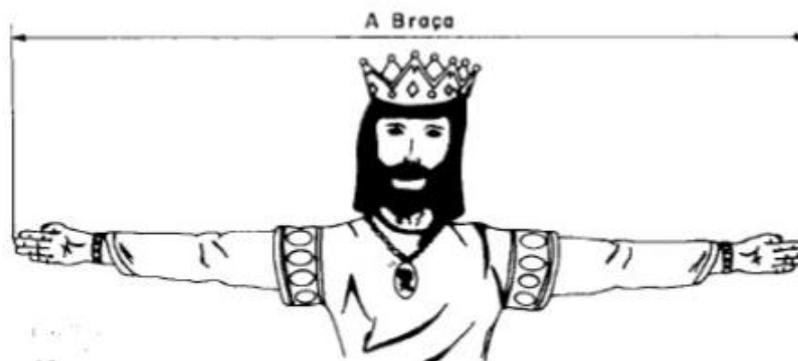
Dessa forma, o desenvolvimento do método de calibração para o Abrasímetro eliminou o tempo perdido com traslado e custo adicional, evitando falhas no processo e perdas na produção com a aprovação de produtos não conformes e reprovações de produtos conformes gerados pela à ineficiência do mau funcionamento do instrumento.

2 TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

2.1 Evolução da Metrologia

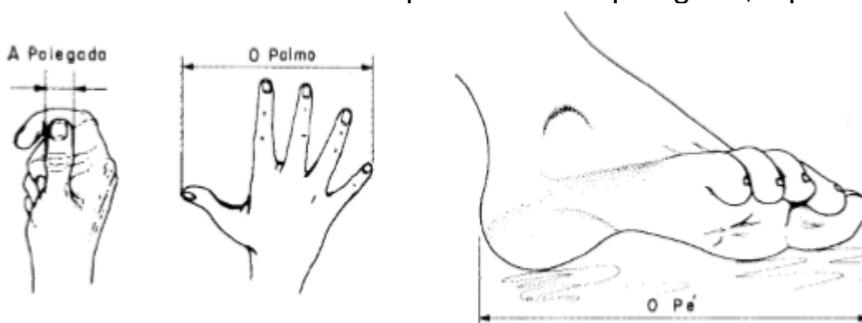
Há 4.000 anos o homem e a metrologia caminham juntos, vestígios da utilização de técnicas de medição remontam desde as primeiras agregações humanas rudimentares. À medida que os grupos sociais aumentavam, as técnicas de medir também evoluíam. Com isso, eles procuravam desenvolver métodos de mensuração para criar o próprio sistema de medição. Esse sistema era baseado em partes do corpo humano, fazendo com que as medidas se tornassem fáceis de serem verificadas por qualquer pessoa. Assim, surgiram medidas padrão, como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça e o passo, conforme as Figuras 01 e 02 (SOUZA, 2010).

Figura 01: Medidas baseadas no corpo humano, a braça.



Fonte: SENAI, 1996.

Figura 02: Medidas baseadas no corpo humano: a polegada, o palmo e o pé.



Fonte: SENAI, 1996

Essas referências por si só não resolveram os problemas, pois as unidades se diferenciavam de região para região, resultando em medições sem correspondência entre si. Desse modo, o comércio sentiu as divergências das informações, e assim surgiu a necessidade de criar um único padrão. Os egípcios criaram a barra de pedra chamada de **Cúbito-padrão** que depois passou a ser feita em madeira para melhorar no transporte. Depois a França desenvolveu a **Toesa** que era equivalente a 6 pés, cerca 182,9 cm, feita em barra de ferro com pinos nas extremidades (WORDPRESS, 2016).

Em 1793, criou-se a unidade a qual foi denominada metro, encontrada na natureza e facilmente reconstituída, evitando problemas com desgaste que os padrões criados anteriormente enfrentaram. Concluídos os cálculos e definido que seria a décima milionésima parte da quarta parte do meridiano terrestre, o metro foi representado numa barra de secção retangular de 25 mm de espessura e 4 mm de altura feita de platina, em que o comprimento da barra seria a unidade padronizada do metro e seria utilizado com metro dos arquivos (TELECURSO 2000, 1996).

Na época, houve um avanço da tecnologia na área das medições, fato que estimulou os metrologistas a encontrarem uma medição mais precisa do meridiano, o que originou um metro com dimensões um pouco diferente, tornando a medição anterior imprecisa. Com base nas informações e através de estudos realizados, o metro passou por diversas definições, até que em 1983 foi definido como o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante o intervalo de tempo de $1/299.792.458$ do segundo, definição essa que está em vigor até os dias de hoje, inclusive no Brasil (TELECURSO 2000, 1996).

2.1.1 Conceito da Metrologia

Metrologia entende-se como a “Ciência da medição” e segundo o VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia) engloba todos os pontos de vista práticos e teóricos da medição em qualquer campo de aplicação e qualquer que seja a incerteza de medição, dividindo-se em três áreas de atuação: metrologia científica (parte encarregada de cuidar dos padrões de medição nacional e internacional dos laboratórios), legal (responsável pelas regulamentações legais relacionadas com a medição, atuando como lei e garantindo os direitos do consumidor e da sociedade em geral) e a metrologia industrial (incumbida de garantir a qualidade e a segurança de produtos e/ou serviços, assegurando que as especificações técnicas serão atendidas, tendo como rastreabilidade, padrões calibrados à Rede Brasileira de Calibração) (SALES, 2014).

Tornando-se parte crucial da metrologia, medir é um processo experimental no qual o valor momentâneo de uma grandeza física é definido como um múltiplo de uma fração de unidade, internacionalmente validada e estabelecida por um padrão, sendo utilizado principalmente para monitorar, controlar e investigar (ALBERTAZZI, 2008). Sendo assim, para o Sistema da Qualidade, a metrologia é de fundamental importância, pois fornece dados técnicos para a tomada de decisões entre aprovar ou reprovar produtos e processos (SOARES, 1999).

2.1.2 Metrologia no Brasil

O Brasil possui um Sistema Metrológico implantado com uma base bem consolidada. Esse composto é constituído pelo Sistema Nacional de Metrologia, Qualidade Industrial e Normalização (Sinmetro) cujo objetivo é desenvolver uma gama de atividades tecnológicas no ramo da avaliação e certificação de produtos, processos e/ou serviços, e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) que tem como uma de suas responsabilidades, exercer a liberação prévia do Órgão Normativo do Sinmetro (Conmetro), em que se realiza a autorização de órgãos públicos e empresas privadas a exercerem atividades do seu escopo, exceto a de Metrologia Legal (SALES, 2014).

Outra unidade que também pertence ao corpo do INMETRO é a Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre), ela possui total poder nas decisões de acreditação de laboratórios. Abaixo, outras unidades que compõem o escopo do INMETRO são:

- RBC - (Rede Brasileira de Calibração) Composta por uma diversidade de laboratórios acreditados pela Cgcre que podem realizar serviços de calibração (SALES, 2014);
- RBLE - (Rede Brasileira de Ensaio) Composta por uma diversidade de laboratórios acreditados pela Cgcre para a realização de serviços de ensaios (SALES, 2014);
- RBMLQ - (Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade) Composta pelos IPEM's (Instituto de Pesos e Medidas) e por alguns órgãos da região (SALES, 2014).

2.1.3 Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM)

Os vocabulários e termos gerais específicos da metrologia são definidos pelo “International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology”, que tem como objetivo principal expressar os conceitos e resultados de forma clara. Esse glossário foi adotado pelo INMETRO e traduzido para língua portuguesa na sua primeira edição em 1988 e na sua segunda edição em 1995 como “Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia” ou como é usualmente conhecido VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia), (INMETRO 2017).

A 1ª edição luso-brasileira do VIM 2012 é a edição utilizada atualmente, pois esta foi desenvolvida no intuito de atender ao Inmetro e ao IPQ (Instituto Português de Qualidade), esforçando-se para que as traduções estivessem de fácil entendimento para ambos os países (Brasil e Portugal). No âmbito industrial, o VIM é pouco utilizado, porém em laboratórios de metrologia o uso é obrigatório, pois facilita a comunicação nas questões técnicas (SALES, 2014). Abaixo alguns termos fundamentais:

- Medição: é o processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza (VIM, 2012);

- Metrologia: ciência da medição e suas aplicações (VIM, 2012);
- Resultado de medição: Conjunto de valores atribuídos a um mensurando, juntamente com toda outra informação disponível (VIM, 2012);
- Valor verdadeiro duma grandeza: valor de uma grandeza compatível com a definição da grandeza (VIM, 2012);
- Valor convencional duma grandeza: valor atribuído a uma grandeza por um acordo, para um dado propósito (VIM, 2012);
- Precisão de medição: grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, em condições específicas (VIM, 2012);
- Erro de medição: diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência (VIM, 2012);
- Repetibilidade de medição: precisão de medição sob um conjunto de condições de repetibilidade (VIM, 2012);
- Incerteza de medição: Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas (VIM, 2012).

2.2. Certificação

Organizações que buscam aperfeiçoar as suas atividades e que desejam um plano de melhoria contínua implementam um sistema de gestão da qualidade, pois isso ajuda a desenvolver uma capacidade de coerência em seus produtos e/ou serviços, de modo que a empresa consiga atender as necessidades dos clientes e requisitos estatutários (ISO 9001, 2015).

Com alta procura no uso do sistema de gestão da qualidade e da necessidade de assegurar a confiabilidade dos laboratórios pertencentes ao sistema, foi necessário realizar a adequação desses laboratórios a ISO 9001 ou a ISO/IEC NBR 17025. A comprovação, no caso de empresas, vem por meio da Certificação e por meio de laboratórios de ensaios e/ou calibração acreditados:

- Certificação: É o processo pelo qual uma organização imparcial e certificada pelo Inmetro comprova mediante certificado que o sistema de gestão da

qualidade daquela empresa está de acordo com os requisitos estabelecidos por uma norma internacional reconhecida como a ISO 9001 (SALES, 2014);

- **Acreditação:** É o processo pelo qual uma entidade oficial imparcial ou credenciada a ela, afirma formalmente que um laboratório, instituição ou pessoa está apto a realizar calibrações e/ou ensaios específicos (SALES, 2014).

Caso o laboratório atenda aos requisitos da ISO/IEC NBR 17025, ele possuirá um sistema da qualidade que também atenderá aos requisitos exigidos pela ISO 9001, pois a ISO/IEC NBR 17025 exige os mesmos requisitos e alguns outros técnicos específicos que complementam a confiabilidade do laboratório. Qualificação de pessoa; acomodação e condições ambientais; métodos de ensaios e calibração; validação de ensaios e calibração; validação de métodos; estimativa da incerteza da medição; equipamentos; rastreabilidade da medição e garantia da qualidade dos resultados da calibração, são exemplos de requisitos técnicos específicos exigidos na ISO/IEC NBR 17025.

Essa Norma é adequada a todas as organizações que realizam ensaios e/ou calibrações, incluindo laboratórios que fazem parte da inspeção e certificação de produtos (SALES, 2014).

2.2.1. Requisito da ISO 9001:2015

Segundo a norma ISO 9001:2015, no item 7.1.5 que trata dos recursos de monitoramento e medição, a organização deve analisar e realizar o levantamento dos recursos para facilitar as saídas do processo (VER ANEXO A).

A diretoria da organização deve disponibilizar recursos para sustentação da função metrológica, atribuição que pode estar alinhada à gestão estratégica da empresa ou direcionada a apenas um setor.

As calibrações e/ou verificações (comprovação metrológica) devem ser desenvolvidas e implementadas, para que os equipamentos de medição de acordo com os requisitos estabelecidos pelo processo assegurem a confiabilidade metrológica. O mesmo processo deve acontecer em intervalos de tempo, seguindo o que estão descritos em procedimentos documentados.

A identificação do instrumento de medição é essencial para determinar a situação que o dispositivo se encontra e para que o uso não pretendido seja evitado.

O acesso ao meio de ajustes deve estar protegido para prevenir intervenções não autorizadas. Os registros dessas comprovações devem ser datados e aprovados por uma pessoa autorizada e mantidos por um tempo determinado, usualmente são utilizados certificados de calibração, documento que levanta uma série de informações a respeito do instrumento de medição e que tem como principal objetivo orientar o parecer de aprovação ou não do equipamento para o uso em condições específicas. Esse certificado muda seu formato de uma empresa para outra, porém a ISO/IEC NBR 17025 estabelece alguns itens que devem constar nos certificados.

2.3. Medição e faixa de valores

Conceitualmente a medição se resume em um processo de atividades planejadas e executadas com o objetivo de representar de forma quantitativa (números) a propriedade de um corpo, fenômeno ou substância que se queira conhecer, tendo como base uma referência (SILVA, 2014).

Para Link, “medição é o conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza” (1997, p.18).

É importante ressaltar que numa medição não podemos atribuir um único número ao resultado, mas sim uma faixa de valores denominada incerteza de medição, concepção que será apresentada mais a seguir (SILVA, 2014).

O exemplo bem prático que demonstra essa observação é a medição de uma peça em alumínio sendo medida com uma régua de aço em um ambiente a 30°C. Sabendo que o aço se dilata bem menos que o alumínio na mesma condição de variação de temperatura, essa circunstância poderia originar um erro e dúvida quanto ao resultado obtido. Então, percebe-se que medir não é apenas anotar valores (SILVA, 2014).

O procedimento de uma medição é o conjunto de operações que descrevem particularidades de uma medição. Esse processo deve ser registrado em um documento com detalhamentos importantes, dando condições para o operador efetuar a medição sem informações adicionais (LINK, 1997).

2.3.1. Conceito do erro de medição

Conforme descrito no VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia) 2012, erro de medição é a diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência. Em uma medição, sempre haverá um erro associado ao valor encontrado que se dividiram em dois tipos: erro aleatório (ocasionado pela variância da grandeza de influência de forma imprevisível) e erro sistemático (a parte do erro de medição que se repete nas diversas medições que são realizadas nas mesmas condições de repetitividade (mesmos parâmetros durante a medição) e permanece constante ou sofre uma variação previsível) (SILVA, 2014).

Erro na leitura do instrumento, manuseio indevido do equipamento de medição e anotações imprecisas, são exemplos de erro grosseiro. O erro grosseiro não possui uma definição específica, pois origina-se de fatores externos e suas circunstâncias podem ser detectadas e reduzidas (LIRA, 2013).

Observa-se que não se pode identificar e corrigir totalmente o erro de uma medição, então, assume-se que a dúvida sempre estará presente, sendo denominada como incerteza de medição.

2.3.2. Conceitos básicos de estáticas aplicados à metrologia e à incerteza de medição

A média aritmética é obtida através das repetições das medições realizadas, estimando um resultado aproximado ao valor real, em que \bar{x} é a média aritmética, n o número de medições realizadas e o x_i é o i -ésimo valor individual da medição, conforme Equação 01 (SILVA, 2014):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (01)$$

A amplitude é a diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de “ n ” medições. Por isso, considerada a forma mais simples de se avaliar a

dispersão de valores obtidos de um conjunto de medição de um mesmo mensurando (grandeza que se deseja medir), conforme Equação 02 (SILVA, 2014):

$$\textit{Amplitude} = x_{\text{máx}} - x_{\text{mín}} \quad (02)$$

A variância experimental é o número constante para infinitas medições, considerando-se os “n” valores encontrados em um determinado conjunto de medições, no qual: s^2 é a variância, “n” é o número de elementos do conjunto, \bar{x} é a média aritmética amostral e x_i representa cada elemento do conjunto, conforme Equação 03 (SILVA, 2014):

$$s^2(x) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (03)$$

Visto anteriormente, a variância fornece um valor, em determinada unidade, elevado ao quadrado, porém é necessário relacioná-lo com a mesma unidade sem estar elevado ao quadrado, gerando um problema. O desvio padrão experimental é utilizado para solucionar esse problema, que é a raiz quadrada positiva da variância experimental e tem a mesma dimensão da sua respectiva média, conforme Equação 04 (SILVA, 2014):

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (04)$$

Como há a necessidade de definir a dispersão dos valores obtidos em torno da média, é necessário obter a variância pelo número de medições realizadas “n” conforme Equação 05:

$$s^2(\underline{x}) = \frac{s^2(x)}{n} \quad (05)$$

Assim, o desvio padrão da média é calculado, pois é necessário retirar a raiz quadrada de $s^2(x)$, conforme Equação 06 (SILVA, 2014):

$$s(\underline{x}) = \sqrt{\frac{s^2(x)}{n}} = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad (06)$$

O intervalo de confiança é o intervalo de valores que contém a média de um conjunto de medições com uma determinada chance de acerto. O intervalo de valores é determinado por uma medição aleatória retirada do conjunto de medições (SILVA, 2014).

Apesar das grandezas de influência estarem controladas, elas irão gerar variações no resultado dessa medição, fato que irá provocar resultados com certa aleatoriedade. A distribuição de probabilidade dessas variações é definida por uma função contínua com 36 determinadas propriedades. A primeira propriedade é que sempre a probabilidade da variável é definida por um intervalo. A segunda é que a probabilidade é medida através da área sob a curva da função, sendo que a área total sob a curva da função será igual a 1 ou 100% (SILVA, 2014). A distribuição normal ou gaussiana, a retangular ou uniforme, a em “U” e a triangular são as distribuições de probabilidade mais comuns (SILVA, 2014).

A Incerteza de medição é um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas (VIM, 2012, p. 24). O cálculo da dispersão de valores, não se resume a um simples cálculo matemático, é preciso conhecer a grandeza que pretende medir e o que pode influenciar essa grandeza a ter variações no resultado. Dessa maneira, para se calcular a incerteza de medição, é necessário entender seus dois tipos: a incerteza do tipo “A” que engloba dados obtidos através da estatística, em que é necessário haver repetições nas medições de um mensurando e a incerteza do tipo “B” que são determinadas a partir de informações externas do processo de medição utilizado, como: medições anteriores, especificações fornecidas pelo fabricante do instrumento de medição e a resolução do instrumento de medição (LINK, 1997).

2.4 Calibração

Conforme descrito no VIM (2012), calibração é a operação que estabelece, sob condições especificadas, em um primeiro momento, uma relação entre os valores de medição e as suas incertezas fornecidas por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas. No segundo momento, utiliza-se a informação adquirida anteriormente para estabelecer uma relação visando à obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação. Ela pode ser expressa através de declaração, diagrama, tabela, curva de calibração ou até mesmo em forma de correção por meio da adição ou multiplicação com uma incerteza de medição associada.

É importante que os laboratórios de metrologia forneçam os resultados da calibração em forma de certificado, no qual deve conter todas as informações solicitadas pelo cliente e pelo o processo de medição de maneira objetiva e clara, fazendo com que o consumidor consiga entender os resultados obtidos (LIRA, 2013).

São poucas as pessoas que sabem da importância da calibração de um instrumento de medição, porém esse procedimento é apenas um dos fatores que irão confirmar a confiabilidade metrológica do instrumento e a qualidade da medição realizada. Por isso, os laboratórios que realizam esse serviço devem possuir sua equipe capacitada e treinada, além disso a rastreabilidade dos seus padrões deve estar alinhada à rede brasileira de calibração e possuir um sistema de gestão eficaz (LIRA, 2013).

3 METODOLOGIA

Para Cervo e Bervian (2002) método é a ordem que deve ser imposta aos processos necessários para atingir um resultado desejado.

Método significa ao longo do caminho, ou seja, a forma de proceder ao longo de um caminho (FERRARI, 1982, p. 19). A metodologia é o estudo da organização e dos métodos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo (FONSECA, 2002).

Posto isso, foi realizada uma pesquisa aplicada, caracterizada pela tipologia exploratória descritiva, com abordagem qualitativa. A pesquisa aplicada tem

como conceito o método científico da aplicação prática e é utilizada para encontrar soluções, visando ao desenvolvimento de produtos, processos e/ou sistemas, com o objetivo de gerar conhecimentos para a aplicação da prática dirigida à solução de problemas (TUMELERO, 2019). A pesquisa qualitativa é caracterizada pelos seus atributos relacionados aos aspectos não apenas mensuráveis como também definidos descritivamente, dada à característica peculiar que os estudos qualitativos apresentam (LAKATOS E MARKONI, 2018).

De acordo com Gil (2017), a pesquisa exploratória permite uma maior familiaridade entre o pesquisador e o tema pesquisado, visto que este ainda é pouco conhecido e pouco explorado. É uma modalidade que pode apresentar especulações e experiências ainda não comprovadas em sua totalidade. Por sua vez, a pesquisa descritiva tem por finalidade descrever características e experiências na relação entre o tema proposto e o indivíduo, proporcionando também uma nova visão acerca do tema (GIL, 2017). O autor enfatiza que essa categoria de pesquisa é precursora para novos estudos e novas ideias, além disso, viabiliza modificação ou adequação de conceitos.

Na abordagem qualitativa, o pesquisador é o sujeito e o objeto de suas pesquisas, trabalhando com diferentes abordagens para explicar o porquê das coisas com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

3.1. Caracterização da Empresa

A empresa do ramo de eletrodomésticos abordada no estudo foi fundada em 1963, possui mais de 2.800 funcionários e atualmente funciona em uma área de 360.000 m², sendo 86.555 m² construídos. Trabalha com três unidades produtivas: Fogão, Refrigeração (refrigeradores, bebedouros e freezers) e Recipientes para GLP. Foi a primeira empresa certificada pela a ISO:9001 no Ceará e após 27 anos mantém a certificação.

Atualmente apresenta três regionais de vendas: a Filial Norte (Fortaleza - CE), Filial Nordeste (Recife - PE) e Filial Sul/Sudeste (São Paulo - SP),

comercializando seus produtos em grandes redes lojistas em todo País, além de exportá-los para os mercados da América do Sul, América Central, Caribe, África e Oceania.

A operacionalização da pesquisa foi realizada em um laboratório de metrologia, composto por 9 funcionários que atuam em todo parque fabril, sendo a área responsável pelos instrumentos de medição que afetam diretamente e/ou indiretamente a produção. O laboratório controla 1715 instrumentos, sendo 1500 instrumentos calibrados internamente (realizado nas dependências da empresa) e 215 instrumentos calibrados externamente (realizado por terceiros), no intuito de manter a confiabilidade dos processos e produtos.

3.2. Pesquisa exploratória

Anualmente o laboratório de metrologia realiza o planejamento dos 215 instrumentos calibrados externamente, informando o mês que os instrumentos devem ser calibrados e o laboratório terceirizado contratado para realização do serviço e orçamento. Através do planejamento, os funcionários da metrologia avisam antecipadamente as áreas sobre a necessidade de envio dos equipamentos de medição e o tempo que os utensílios ficarão indisponíveis para uso no setor.

Durante a ausência do instrumento e para não haver atrasos nas realizações dos testes, as áreas dispõem de um instrumento reserva calibrado, quando viável financeiramente ou adota meios e/ou dispositivos adequados que substituem os ensaios realizados, garantindo a qualidade do produto/sistema.

O setor do laboratório químico realiza diariamente o teste de resistência à abrasão (verificação de desgaste do esmalte) nas tintas que são utilizadas no processo de fabricação dos GLP's (Gás Liquefeito de Petróleo), conforme norma ABNT NBR 8460:2020 (VER ANEXO B). O ensaio é realizado com o auxílio do Abrasímetro e o instrumento até o presente estudo, era calibrado externamente por uma empresa localizada em São Paulo, gerando custos adicionais e diminuindo a disponibilidade do equipamento, uma vez que o aparelho passava pelo processo de envio para as dependências da empresa contratada para realização do serviço, com o tempo estimado de até 60 dias para calibração e retorno para organização.

Com a indisponibilidade do Abrasímetro durante a calibração e devido ao alto investimento para a compra de um reserva, o laboratório químico anualmente possuía um gargalo nas realizações dos testes, atrasando a liberação das tintas para o setor de recebimento dos materiais, congestionando o processo de pintura dos produtos e, em algumas situações, ocasionando o atraso na entrega dos GLP's para os clientes.

Anualmente o setor do laboratório químico dispõe de uma verba no valor de dezessete mil reais para calibração dos instrumentos externos pertencentes aos seus processos. A verba é controlada pelo o laboratório de Metrologia, mediante planejamento anual dos instrumentos calibrados externamente.

3.3. Experimentação

Devido à importância do teste e para garantir que a área conseguisse atender a demanda da produção utilizando um equipamento de medição que garantisse resultados confiáveis, fez-se necessário o desenvolvimento do método de calibração internamente (nas dependências da empresa) para o Abrasímetro, conforme norma ABNT NBR 15438:2020 (VER ANEXO C).

A aplicação para o desenvolvimento do método foi composta por duas etapas: a primeira etapa foi a criação de um procedimento de calibração e a segunda consistiu em reunir os resultados obtidos na calibração e transformá-los em um certificado de calibração, contendo as incertezas, os erros encontrados e as correções que serão utilizadas.

3.3.1 Instrução operacional padrão

Para a criação do procedimento de calibração, foi utilizado o procedimento padrão da empresa em que o estudo foi realizado, o qual consiste em detalhar a atividade passo a passo até a sua conclusão, denominado Instrução Operacional Padrão (Apêndice A).

A Diretriz Geral foi definida com o objetivo de determinar o método de calibração, tornando-o eficaz para o funcionamento do dispositivo de medição e

confiabilidade das medições realizadas, detalhando o passo a passo do procedimento (Apêndice B).

3.3.2 *Certificado*

Após a criação do procedimento, já era possível realizar a calibração do Abrasímetro, porém havia necessidade de criar um modelo de certificado para esse tipo de equipamento. Como já era utilizado em outros certificados, o mecanismo para a criação do documento foi o Microsoft Excel.

O desenvolvimento do certificado de calibração foi dividido em quatro etapas: criação de um local para inserir os dados do Padrão utilizado na calibração, um local de inserção dos dados obtidos na calibração, um local para os cálculos de incertezas da calibração realizada e, por fim, um local que juntasse todas essas informações e gerasse um Certificado de Calibração.

3.3.2.1 Planilha de dados do padrão

Para os dados do padrão, foi desenvolvida uma planilha na qual são inseridas as principais informações do instrumento padrão, esta inserção deve ser feita manualmente pelo o executante da calibração, baseado no certificado de calibração do padrão utilizado, como: a descrição do equipamento; código de Identificação; fabricante; capacidade máxima de medição do instrumento; menor divisão; resolução; incerteza do padrão; validade da calibração e resultados da calibração (Apêndice C).

3.3.2.2 Dados da calibração

Foi criada uma planilha contendo as informações mínimas que devem ser inseridas manualmente em relação ao instrumento de medição que foi calibrado (Abrasímetro) junto aos resultados (valores do mensurando e do padrão obtidos através de três medições, conforme descrito no procedimento de calibração), através da calibração direta contra o padrão utilizado (Apêndice D).

Para determinar o erro total relativo aos resultados obtidos por intermédio da calibração, foi necessário incrementar alguns cálculos descritos no item 2.3. Na

coluna da Média, em que a média dos resultados do mensurando é informada, foi utilizada a função do Excel MÉDIA que tem a mesma equivalência da Equação 01. Na coluna Correção, que mostra a correção que deve ser aplicada ao padrão e à Incerteza do Padrão, foi criado um link puxando os resultados da calibração do padrão inseridos na planilha dados do padrão. Na coluna Ind. Corrigida, que mostra a indicação corrigida do padrão, foi utilizado a função SOMA, somando a média do padrão e a sua correção. Quanto à coluna desvio padrão, foi utilizada a função do Excel DESPAD que tem a mesma equivalência da Equação 04, visto no (Apêndice E).

Ainda na planilha de dados da calibração, foram desenvolvidas três tabelas que servirão de link para a planilha de cálculos de incerteza. Na primeira tabela, que está em amarelo, foram criados alguns links para puxar os resultados obtidos nas células anteriores. Na linha de Incerteza Tipo A, serão os resultados obtidos nos desvios padrão do mensurando e do padrão; na linha Incerteza do padrão, um link puxando a incerteza obtida na calibração do padrão que está localizado na planilha Dados do padrão; e por fim as linhas Resolução do mensurando puxando a resolução do mensurando inserida nesta mesma planilha e Resolução do padrão vinda da planilha Dados do padrão (Apêndice E).

A tabela de conformidade será utilizada para a soma dos erros encontrados na medição com a incerteza expandida, calculada na tabela de incertezas, e irá verificar se o erro total (soma entre o erro e a incerteza) é menor ou igual à exatidão inserida anteriormente na mesma planilha. Se estiver menor, na coluna Estado Parcial aparecerá “AP” para aprovado e caso não esteja, aparecerá “RP” indicando reprovado. Esse procedimento é feito para cada ponto de calibração e o resultado é obtido em módulo (sempre irá gerar um resultado positivo). Se em apenas um ponto o instrumento de medição estiver reprovado, este instrumento será considerado reprovado (Apêndice E).

Na tabela do Erro total é calculada a soma dos erros da medição com as incertezas, verificando tanto o erro positivo quanto o negativo e analisando qual deles é o maior em módulo, para que assim seja expresso o erro total, o qual será considerado a pior situação (maior erro positivo ou negativo). O erro total aparecerá na linha Absoluto e será arredondado para duas casas decimais (menor indicação mostrada pelo mensurando) e linkada para aparecer na célula B16, visto

anteriormente (Apêndice D).

3.3.2.3 Cálculos de incertezas

Para os cálculos de incertezas, foi desenvolvida uma planilha que puxasse os resultados e dados obtidos e inseridos nas planilhas de dados do padrão e dados da calibração. Para isso, foram mencionadas cinco fontes de incertezas para o cálculo da incerteza expandida, uma incerteza do tipo A e quatro incertezas do tipo B (Apêndice F).

3.3.2.4 Certificado de calibração

Com todas as informações necessárias já obtidas, era necessário apenas juntar todas as informações úteis e colocá-las com facilidade de entendimento para quem fosse visualizar. Baseado na Norma NBR ISO / IEC 17025: 2005 e no modelo padrão de certificados de calibração da Empresa, foi desenvolvida uma planilha que puxasse todas as informações mencionadas anteriormente, denominada certificado de calibração (Apêndice G).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta a calibração em si do instrumento de medição Abrasímetro com código de identificação 52.66.00001, realizada por comparação direta contra padrão rastreado à RBC (Rede Brasileira de Calibração), e os resultados obtidos.

4.1. Calibração

Conforme a Instrução Operacional Padrão IOP-1068 rev.00, foi definido o ponto de calibração (26s). Após o despejo de 2000ml de areia sílica no cone do Abrasímetro, foi realizado o primeiro ponto de calibração.

Logo que registrado o primeiro ponto, foram realizadas mais duas medições com a finalidade de completar o ciclo de três medições por cada ponto de

calibração. Após a conclusão do ciclo, foi verificado que o maior erro encontrado estava menor que a exatidão de $2s$ (erro máximo admissível pelo processo). Com isso, foi colocada a etiqueta no Abrasímetro informando a data de calibração, data da validade da calibração e faixa calibrada (Apêndice B).

4.2. Emissão do certificado de calibração

Com os resultados da calibração em mãos, foi possível inserir os dados (descrição do equipamento; código de Identificação; fabricante; capacidade máxima de medição do instrumento; menor divisão; resolução; incerteza do padrão; validade da calibração e resultados da calibração) na planilha do Microsoft Excel que foi desenvolvida para gerar o certificado de calibração (Apêndice D).

Com os dados do instrumento e os resultados da calibração inseridos, cálculos como a média e o erro máximo que estavam programados na planilha foram realizados normalmente. A comprovação da eficácia das fórmulas inseridas (validação dos dados) ocorreu por meio dos cálculos verificados manualmente, os quais apresentaram resultados satisfatórios (Apêndice H).

O erro total foi encontrado (**1,02s**) e arredondado ao mesmo número de casas decimais da indicação do mensurando. O estado parcial da calibração foi aprovado (AP) para o ponto de **26 ± 2s**, conforme definido por norma ABNT NBR 15438 (Apêndice E).

Quanto à planilha de cálculo de incertezas, podemos notar que o fator de abrangência “k” para um nível de confiança de aproximadamente 95% foi igual a dois, assim notando o seu ótimo funcionamento (Apêndice F).

O certificado de calibração final foi avaliado pelo responsável do laboratório de metrologia, José Ricardo Vieira, e considerado aprovado. O certificado foi arquivado junto com os outros certificados de calibração do laboratório de Metrologia para eventuais consultas posteriores, tanto pelo próprio Laboratório químico, setor onde o Abrasímetro fica locado, como por auditores externos em auditorias compulsórias de produtos ou auditorias de ISO 9001 (Apêndice G).

4.3. Resultados obtidos

Conforme descrito no item 2.3, o setor do laboratório químico dispõe anualmente de uma quantia no valor de dezessete mil reais, verba controlada pelo laboratório de metrologia, para efetuar a calibração dos instrumentos externos. O valor desembolsado anualmente para calibrar o Abrasímetro na empresa terceirizada em São Paulo, antes do presente estudo, custava em torno de quatro mil reais (frete + calibração).

Após a pesquisa aplicada e o desenvolvimento do método (procedimento e certificado) de calibração interna para o equipamento mostrar-se eficiente e obter resultados satisfatórios, o laboratório químico teve uma redução por volta de 24% nas despesas com calibração externas e um ganho na disponibilidade do instrumento, pois o aparelho não será mais retirado do seu local de trabalho para envio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento de calibração para o Abrasímetro e a planilha do certificado de calibração mostrou-se eficiente, pois a calibração do instrumento de medição foi realizada sem eventuais problemas e os resultados obtidos foram satisfatórios.

Além disso, foi possível identificar que a ferramenta Microsoft Excel pode ser muito bem utilizada na geração de certificados de calibração, já que consegue realizar os cálculos necessários para a obtenção dos resultados.

Com a calibração interna, a organização conseguiu uma redução de custo anual de 24% nas despesas com calibração externa no setor de laboratório químico e um ganho na disponibilidade do instrumento, pois o aparelho não será mais retirado do seu local de trabalho para o envio da calibração externa. Ademais, com a calibração interna foi possível diminuir a sua periodicidade de calibração para seis meses, melhorando a sua confiabilidade metrológica. O procedimento e a planilha de calibração já passaram por auditorias de ISO 9001 e certificação de produtos sem proporcionar nenhum questionamento negativo por parte dos auditores.

Para trabalhos futuros, são feitas as sugestões para implementação de

novas fontes de incertezas na calibração dos equipamentos, preferencialmente baseado na norma ISO/IEC NBR 17025, o que torna o resultado ainda mais preciso e possibilita o desenvolvimento de procedimentos de calibração com cálculo de incertezas para outros instrumentos de medição que ainda são enviados para calibrações externas.

Portanto, por meio dos resultados obtidos, destaca-se a importância de um setor de metrologia nas dependências da empresa, pois promove a capacidade de solucionar problemas que normalmente não são vistos pelos setores de produção.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO/IEC 17025** “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”. 2ª. Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 9001:2015** “Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos”. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Albertazzi G. Jr., A.; De Souza, A. R. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. Editora Manole. São Paulo: 2008.

CERVO, Amado Luis; BERVIAN, Antonio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 9ª Edição. São Paulo: Cortez, 2002.

Fernanda Jienifer Dryer, **Análise de intervalo de calibração de instrumentos de medição: estudo de caso entre empresas de anambi**. Panambi, 2014.

GIL, Carlos, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 6ª edição. São Paulo, Atlas, 2017.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Histórico do Inmetro**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidlegaismed.asp>>. Acesso em: 14 set. 2020.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **O VIM**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/vim/vimGum.asp>>. Acesso em: 18 set. 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOARES, L., **Confiabilidade Metrológica no Contexto da Garantia da Qualidade Industrial: Diagnóstico e Sistematização de Procedimentos**. Santa Catarina, 1999.

LINK, W., **Metrologia Mecânica**, Edição única. Editora Mitutoyo. Rio de Janeiro, 1997.

LIRA, F. A., **Metrologia na Indústria**, 9ª Edição. Editora Érica. São Paulo, 2013.

Metrologia: Um instrumento de soberania e cidadania, Analytica. Disponível em: <<https://revistaanalytica.com.br/metrologia-um-instrumento-de-soberania-e-cidadania/>>. Acesso em: 10 set. 2020.

SENAI, **Telecurso Profissionalizante 2000**: Metrologia. São Paulo. 1996.

SILVA, J., **Fundamentos de Incerteza de Medição**. Apostila do curso de incerteza de medição da Rede Metrológica do Ceará. Fortaleza, 2014.

SALES, R. – **Requisitos Metrológicos da NBR ISO 9001:2008 item 7.6**. Apostila do curso de Requisitos Metrológicos da Rede Metrológica do Ceará. Fortaleza, 2014.

TUMELERO, N. – **Pesquisa aplicada: material completo, com exemplos e características**. Disponível em: <[https://blog.mettzer.com/pesquisa-aplicada/#:~:text=Pesquisa%20aplicada%20\(pt%20DBR\),a%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20pr%C3%A1tica%20da%20ci%C3%Aancia.&text=Para%20tanto%2C%20utiliza%20de,Academia\)%20para%20um%20prop%C3%B3sito%20espec%C3%ADfico](https://blog.mettzer.com/pesquisa-aplicada/#:~:text=Pesquisa%20aplicada%20(pt%20DBR),a%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20pr%C3%A1tica%20da%20ci%C3%Aancia.&text=Para%20tanto%2C%20utiliza%20de,Academia)%20para%20um%20prop%C3%B3sito%20espec%C3%ADfico)>. Acesso em: 20. nov. 2020.

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia. **Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados**. 1a. Edição. Luso-Brasileira.; Rio de Janeiro: 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MODELO DE IOP (INSTRUÇÃO OPERACIONAL PADRÃO)

| INSTRUÇÃO DE TRABALHO | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--|
| OPERAÇÃO: | | Nº | |
| POSTO: | NÃO APLICÁVEL | REV. | |
| TEMPO PADRÃO: | NÃO APLICÁVEL | DATA DA REVISÃO: | |
| DOCUMENTO DE REFERÊNCIA | | LISTA DE DISTRIBUIÇÃO: | |
| DIRETRIZES GERAIS: | | | |
| CUIDADOS COM O MEIO AMBIENTE | | | |
| Atividade | Aspecto | Impacto | |
| NÃO APLICÁVEL | NÃO APLICÁVEL | NÃO APLICÁVEL | |
| EQUIPAMENTOS / RECURSOS NECESSÁRIOS: | | | |
| CUIDADOS COM A SEGURANÇA DO TRABALHO: | | | |
| AUTORIDADES E RESPONSABILIDADES: | | | |
| ELABORADO POR: | AMANDA MARTINS (LAB. DE METROLOGIA) | | |
| APROVADO POR: | RICARDO VIEIRA (LAB. DE METROLOGIA) | | |

APÊNDICE B – DIRETRIZ GERAL, PROCEDIMENTO.

| INSTRUÇÃO OPERACIONAL PADRÃO | | | | |
|---|---------------------------|--|---|---------|
| OPERAÇÃO: | CALIBRAÇÃO DO ABRASÍMETRO | N° | IOP-1068 | |
| ÁREA: | LABORATÓRIO DE METROLOGIA | REV | 00 | |
| TEMPO PADRÃO: | 26 ± 2s | DATA REVISÃO: | 03/09/2020 | |
| DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | MQ-013; ABNT NBR 15438; | LISTA DE DISTRIBUIÇÃO: | LABORATÓRIO DE METROLOGIA (E) | |
| DIRETRIZES GERAIS: GARANTIR A REALIZAÇÃO DA OPERAÇÃO CONFORME PADRÃO, ASSEGURANDO A QUALIDADE DO PRODUTO. | | | | |
| ITEM | ILUSTRAÇÃO | DESCRIÇÃO | CUIDADOS ESPECIAIS | MODELO |
| 1 | | <p>1º Passo: Realizar medições nos pontos estabelecidos pela norma.</p> | <p>OBS.: A medição desses pontos deverão ser realizadas com o auxílio do braço tridimensional.</p> | - |
| 2 | | <p>2º Passo: Separar 2000mL de areia sílica.</p> | N.A | N.A |
| 3 | | <p>3º Passo: Despejar 2000mL de areia sílica no cone do Abrasímetro.</p> | <p>OBS.: Verificar posicionamento da trava</p> | N.A |
| 4 | | <p>4º Passo: Ao iniciar o processo, com o auxílio de um cronômetro, verificar se o tempo de despejo está de acordo com a norma.</p> | <p>OBS.: Destruar o equipamento.</p> | 26 ± 2s |
| 5 | | <p>5º Passo: Ao finalizar o processo, registrar o tempo indicado no cronômetro.</p> | <p>OBS.: Deverão ser realizados três ciclos de medição.</p> | N.A |

APÊNDICE C – PLANILHA DE DADOS DO PADRÃO.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|------------------------------------|------------------|-------------|------------------|---|---|---|
| 1 | Planilha de Dados do Padrão | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | Descrição: | Crômetro Digital | | | | | |
| 4 | Código: | 52.82.00007 | | | | | |
| 5 | Fabricante: | Cronóbio | | | | | |
| 6 | Capacidade: | 3600 | s | | | | |
| 7 | Resolução: | 0,01 | s | | | | |
| 8 | Incerteza: | 0,09 | s | | | | |
| 9 | Validade: | 09/2021 | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | Resultados da Calibração(s) | | | | | | |
| 12 | Mensurando | V. V.C. | Erro | Incerteza | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,07 | | | |
| 15 | 60 | 60,0 | 0,0 | 0,09 | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |

APÊNDICE D – DADOS DA CALIBRAÇÃO.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|--|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 | PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DE ABRASÍMETRO N° | | | | | 0943/20 | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | ATENÇÃO: PREENCHER SOMENTE AS CÉLULAS EM COR AZUL | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | Dispositivo: | Aparelho para Ensaio de Abrasão por Areia. | | | | | |
| 6 | Código: | 52.66.00001 | | | | | |
| 7 | Fabricante: | TKB | | | | | |
| 8 | Capacidade: | 26 | s | | | | |
| 9 | Menor divisão: | 0,01 | s | | | | |
| 10 | Resolução: | 0,005 | | | | | |
| 11 | Exatidão: ± | 2,00 | s | | | | |
| 12 | Data da Calibração: | 12/09/2020 | | | | | |
| 13 | Validade Calibração: | 9/2021 | | | | | |
| 14 | Data da Emissão: | 12/09/2020 | | | | | |
| 15 | Localização: | Laboratório Químico - Fogões | | | | | |
| 16 | Erro total: | 1,02s | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | Composição | Padrão | Indicação do Mensurando | | | Média | Correção |
| 19 | | s | s | s | s | s | s |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | - | 26,0 | 25,00 | 25,13 | 25,32 | 25,15 | 0,00 |
| 22 | APARELHAGEM CONFORME NBR 15438 | | | | | | |
| 23 | mm | 914,4 | 912,93 | 912,93 | 912,93 | 912,93 | 0,00 |
| 24 | Pol | 25,4 | 25,39 | 25,40 | 25,39 | 25,39 | 0,00 |
| 25 | ° | 45 | 44'25"34' | 44'25"34' | 44'25"34' | 44'25"34' | 0,00 |
| 26 | | | | | | | |

APÊNDICE E – FAIXA DE VALORES

| Indicação do Mensurando | | | Média | Correção | Ind. corrigida | Desvio padrão | Incerteza Padrão |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|------------------|
| s | s | s | s | s | s | s | s |
| 25,00 | 25,13 | 25,32 | 25,15 | 0,00 | 26,00 | 0,16 | 0,09 |
| APARELHAGEM CONFORME NBR 15438 | | | | | | | |
| 912,93 | 912,93 | 912,93 | 912,93 | 0,00 | 914,40 | 0,00 | |
| 25,39 | 25,40 | 25,39 | 25,39 | 0,00 | 25,40 | 0,00 | |
| 44°25'34" | 44°25'34" | 44°25'34" | 44°25'34" | 0,00 | 45,00 | 0,00 | |

| | | TABELA DE CONFORMIDADE | | | | CÁLCULO DE ERROS (s) | |
|-------------------------|-------|------------------------|-----------|---------|-------|----------------------|---------------|
| Incerteza Tipo A | 0,09 | Exatidão | Incerteza | Estado | | Máximo Absoluto: | 1,02364 |
| Incerteza do Padrão | 0,09 | mm ³ /s | | Parcial | Final | Máximo Real: | 1,02364 |
| Resolução do Padrão | 0,01 | | | | | Valores Absolutos | Valores Reais |
| Resolução do Mensurando | 0,005 | 2,00 | 0,17 | AP | AP | 1,02 | 1,02 |
| Tempo de Reação OP | 0,1 | | | | | | |

APÊNDICE F – CÁLCULOS DE INCERTEZAS

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | |
|----|---|------------|-------------|---------------|---------------|-----------|-----------|----------|------|---|--|
| 1 | Dispositivo: Aparelho para Ensaio de Abrasão por Areia. | | | | | | | | | | |
| 2 | Grandeza | Estimativa | Incerteza | Distribuição | Coeficiente | Incerteza | Grau de | | | | |
| 3 | | | padronizada | probabilidade | sensibilidade | (s) | liberdade | | | | |
| 4 | Incerteza do do Tipo A | 0,09 | 0,046 | s | normal | 1 | 0,046 | 2 | | | |
| 5 | Incerteza do Padrão | 0,09 | 0,045 | s | normal | 1 | 0,045 | infinito | | | |
| 6 | Resolução do padrão | 0,01 | 0,004 | s | retangular | 1 | 0,004 | infinito | | | |
| 7 | Resolução do Mensurando | 0,01 | 0,002 | s | retangular | 1 | 0,002 | infinito | | | |
| 8 | Tempo de Reação OP | 0,10 | 0,058 | s | retangular | 1 | 0,058 | infinito | | | |
| 9 | | | | | | | | 0,09 | 24 | | |
| 10 | | | | | | | k = | 2,0 | 0,17 | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |

APÊNDICE G – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO LABORATORIO DE METROLOGIA - TEMPO

| | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------|
| NÚMERO DO RELATÓRIO | 0943/20 | DATA DA EMISSÃO | 12/09/20 |
| Interessado: | Esmaltec S/A | Data da calibração: | 12/09/2020 |
| Contratado: | O mesmo | Validade da calibração: | 09/2021 |

IDENTIFICAÇÃO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

| | | | |
|---------------------|--|--------------------|--------|
| Dispositivo: | Aparelho para Ensaio de Abrasão por Areia. | Capacidade: | 26 s |
| Fabricante: | TKB | Divisão: | 0,01 s |
| Código: | 52.66.00001 | Exatidão: ± | 2 s |
| Localização: | Laboratório Químico - Fogões | Erro total: | 1,02s |

SUMÁRIO DA VERIFICAÇÃO

Calibração efetuada conforme Instrução Operacional Padrão IOP-1068, por comparação direta contra cronômetro padrão de Incerteza combinada expandida $U_{95\%} = \pm 0,17s$.

PADRÃO(ÕES) UTILIZADOS:

| Instrumento | Calibrado por | Identificação | Certificado N° | Validade | Rastreado à |
|--------------------|---------------|---------------|----------------|----------|-------------|
| Cronômetro Digital | Aiscience | 52.82.00007 | 5329/19 | 09/2021 | RBC |

RASTREABILIDADE

| Instrumento | Calibrado por | Identificação | Certificado N° | Validade | Rastreado à |
|--------------------|---------------|---------------|----------------|----------|-------------|
| Cronômetro Digital | ELUS | CRO -162 | E24872/18 | 11/2023 | RBC |

RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO (s)

| Mensurando | VVC | Correção | U = ± | Estado |
|--------------------------------|-----------|----------|-------|-------------|
| 25,2 | 26 | 0,9 | 0,2 | AP |
| APARELHAGEM CONFORME NBR 15438 | | | | |
| 914,4 | 912,93 | -1,5 | mm | Comp. Tubo |
| 25,4 | 25,4 | 0,0 | mm | Alt.amostra |
| 45,0 | 44°25'34" | | ° | |

Equipamento utilizado para realizar as medições: Braço de medição tridimensional de incerteza 0,003mm

Legenda

| | | |
|---------------------|---|--|
| U | = | Incerteza de medição |
| VVC | = | Indicação do padrão + correção do padrão |
| Mensurando | = | Indicação do dispositivo a calibrar. |
| Resultado Corrigido | = | (Indicação do mensurando + correção). |

NORMAS E/OU INSTRUÇÕES DE METROLOGIA UTILIZADOS:

- Instrução Operacional Padrão IOP-47 - Revisão 7
- Instrução Operacional Padrão IOP-1068 - Revisão 0
- Procedimento Padrão PG-19 - Revisão 1
- Norma NBR 15438

CONDIÇÕES GERAIS DA VERIFICAÇÃO

- Temperatura: 23 ± 2°C
- Umidade relativa do ar: 65% ± 15%

Notas

1. A incerteza expandida de medição relatada no resultado da verificação foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02, multiplicada por um fator de abrangência $k=2,0$, correspondendo a um nível de confiança de aproximadamente 95%.
2. O valor da CORREÇÃO deve ser somado algebricamente ao valor do mensurando.
3. A indicação do padrão refere-se a média de 03 (três) medidas.
4. Valores de construção do aparelho verificados antes da verificação
5. Técnico executante da verificação: Amanda Martins de Almeida



José Ricardo Vieira
Técnico responsável

Os resultados deste relatório referem-se somente ao dispositivo calibrado. A reprodução deste Certificado só será possível mediante autorização prévia deste Laboratório.
MATRIZ: Praça da Imprensa - Aldeota - Tel. (85) 3466 8888 - Fax: (85) 3244 5824 - Fortaleza-Ce
FÁBRICA: Av. Parque Oeste, 2130 - Distrito Industrial - Tel. (85) 3299 8858 - Fax: (85) 3299 8950 - Maracaná-Ce

APÊNDICE H – VALIDAÇÃO DAS PLANILHAS

PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DE ABRASÍMETRO Nº

0943/20

ATENÇÃO: PREENCHER SOMENTE AS CÉLULAS EM COR AZUL

Dispositivo: Aparelho para Ensaio de Abrasão por Areia.
 Código: 52.66.00001
 Fabricante: TKB
 Capacidade: 27 s
 Menor divisão: 0,01 s
 Resolução: 0,005
 Exatidão: ± 2,00 s
 Data da Calibração: 12/09/2020
 Validade Calibração: 9/2021
 Data da Emissão: 12/09/2020
 Localização: Laboratório Químico - Fogões
 Erro total: 1,02s

DEFINIDA NO CERTIFICADO DO PADRÃO

CÁLCULO DA MÉDIA (MÚLTIPLA DE 26s)
 $(25,00 + 25,43 + 25,32) / 3 = 25,15s$

| Composição | Padrão s | Indicação do Mensurando | | | Média s | Correção s | Ind. corrigida s | Desvio padrão s | Incerteza Padrão s |
|--------------------------------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | s | s | s | | | | | |
| - | 26,0 | 25,00 | 25,13 | 25,32 | 25,15 | 0,00 | 26,00 | 0,16 | 0,09 |
| APARELHAGEM CONFORME NBR 15438 | | | | | | | | | |
| mm | 914,4 | 912,93 | 912,93 | 912,93 | 912,93 | 0,00 | 914,40 | 0,00 | |
| Pol | 25,4 | 25,39 | 25,40 | 25,39 | 25,39 | 0,00 | 25,40 | 0,00 | |
| o | 45 | 44°25'34" | 44°25'34" | 44°25'34" | 44°25'34" | 0,00 | 45,00 | 0,00 | |

- * CÁLCULO DA MÉDIA
- * INDICAÇÃO CORREGIDA
- * CÁLCULO ERRO MÁXIMO
- * CÁLCULO INCERTEZAS

CORREÇÃO
 VALOR PADRÃO - RESULTADO
 $1,00 - 1,00 = 0,00s$

CÁLCULO INDICAÇÃO CORREGIDA =
 PADRÃO + CORREÇÃO
 $26,00 + 0,00 = 26,00s$

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | |
|----|---|---|------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|----|---|--|
| 1 | Dispositivo: Aparelho para Ensaio de Abrasão por Areia. | | | | | | | | | | |
| 2 | Grandeza | | Estimativa | Incerteza padronizada | Distribuição probabilidade | Coefficiente sensibilidade | Incerteza (s) | Grau de liberdade | | | |
| 4 | Incerteza do do Tipo A | | 0,09 | 0,046 | s normal | 1 | 0,046 | 2 | | | |
| 5 | Incerteza do Padrão | | 0,09 | 0,045 | s normal | 1 | 0,045 | infinito | | | |
| 6 | Resolução do padrão | | 0,01 | 0,004 | s retangular | 1 | 0,004 | infinito | | | |
| 7 | Resolução do Mensurando | | 0,01 | 0,002 | s retangular | 1 | 0,002 | infinito | | | |
| 8 | Tempo de Reação OP | | 0,10 | 0,058 | s retangular | 1 | 0,058 | infinito | | | |
| 9 | | | | | | | | 0,09 | 24 | | |
| 10 | | | | | | | k = 2,0 | 0,17 | | | |

$$U_c = \sqrt{(0,046^2 + 0,045^2 + 0,004^2 + 0,058^2)} = 0,09s$$

$$U_{95\%} = k \cdot U_c$$

$$U_{95\%} = 2,0 \cdot 0,09$$

$$U_{95\%} = 0,17s$$

| | |
|-------------------------|-------|
| Incerteza Tipo A | 0,09 |
| Incerteza do Padrão | 0,09 |
| Resolução do Padrão | 0,01 |
| Resolução do Mensurando | 0,005 |
| Tempo de Reação OP | 0,1 |

| TABELA DE CONFORMIDADE | | | | |
|------------------------|-----------|----------------|--------------|----|
| Exatidão mm/s | Incerteza | Estado Parcial | Estado Final | |
| 2,00 | 0,17 | AP | AP | AP |

| CÁLCULO DE ERROS (s) | |
|----------------------|---------------|
| Máximo Absoluto: | 1,02364 |
| Máximo Real: | 1,02364 |
| Valores Absolutos | Valores Reais |
| 1,02 | 1,02 |

↓ CÁLCULO ERRO MÁXIMO
 PADRÃO - (MÉDIA + CORREÇÃO) + INCERTEZA

$$26,00 - (25,15 + 0,00) + 0,17$$

$$26,00 - 25,15 + 0,17 = 1,02$$

ANEXO A - NORMA ISO 9001:2015 ITEM 7.1.5 RECURSOS DE MONITORAMENTO E MEDIÇÃO

7.1.5 Recursos de monitoramento e medição

7.1.5.1 Generalidades

A organização deve determinar e prover os recursos necessários para assegurar resultados válidos e confiáveis quando monitoramento ou medição for usado para verificar a conformidade de produtos e serviços com requisitos.

A organização deve assegurar que os recursos providos:

- a) sejam adequados para o tipo específico de atividades de monitoramento e medição assumidas;
- b) sejam mantidos para assegurar que estejam continuamente apropriados aos seus propósitos.

A organização deve reter informação documentada apropriada como evidência de que os recursos de monitoramento e medição sejam apropriados para os seus propósitos.

7.1.5.2 Rastreabilidade de medição

Quando a rastreabilidade de medição for um requisito, ou for considerada pela organização uma parte essencial da provisão de confiança na validade de resultados de medição, os equipamentos de medição devem ser:

- a) verificados ou calibrados, ou ambos, a intervalos especificados, ou antes do uso, contra padrões de medição rastreáveis a padrões de medição internacionais ou nacionais; quando tais padrões não existirem, a base usada para calibração ou verificação deve ser retida como informação documentada;
- b) identificados para determinar sua situação;
- c) salvaguardados contra ajustes, danos ou deterioração que invalidariam a situação de calibração e resultados de medições subsequentes.

A organização deve determinar se a validade de resultados de medição anteriores foi adversamente afetada quando o equipamento de medição for constatado inapropriado para seu propósito pretendido, e deve tomar ação apropriada, como necessário.

ANEXO B - NORMA ABNT NBR 8460:2020 ENSAIO DE ABRASÃO

5.9 Ensaio de abrasão

5.9.1 Princípio

O ensaio consiste em submeter e avaliar a resistência à abrasão no acabamento de superfície final aplicado sobre placa de aço similar à do recipiente.

O acabamento superficial final avaliado deve possuir no mínimo espessura de 30 μm e ser representativo das condições do processo de aplicação.

5.9.2 Aparelhagem

A aparelhagem para a realização do ensaio deve ser a seguinte:

- a) chapa plana de aço com espessura mínima de 2 mm, com acabamento superficial aplicado em condições similares à do processo do fabricante do recipiente;
- b) equipamento específico para ensaio de abrasão de acordo com a ASTM D 968/07,
- c) material abrasivo granulado atendendo aos requisitos e características estabelecidos na ASTM D 968/07, Método A. Somente pode ser utilizado material abrasivo alternativo ao

ANEXO C - NORMA ABNT NBR 15438:2020 CALIBRAÇÃO DO ABRASÍMETRO

Documento visualizado em 27/08/2020 15:01:10, de uso exclusivo de ESMALTEC S.A

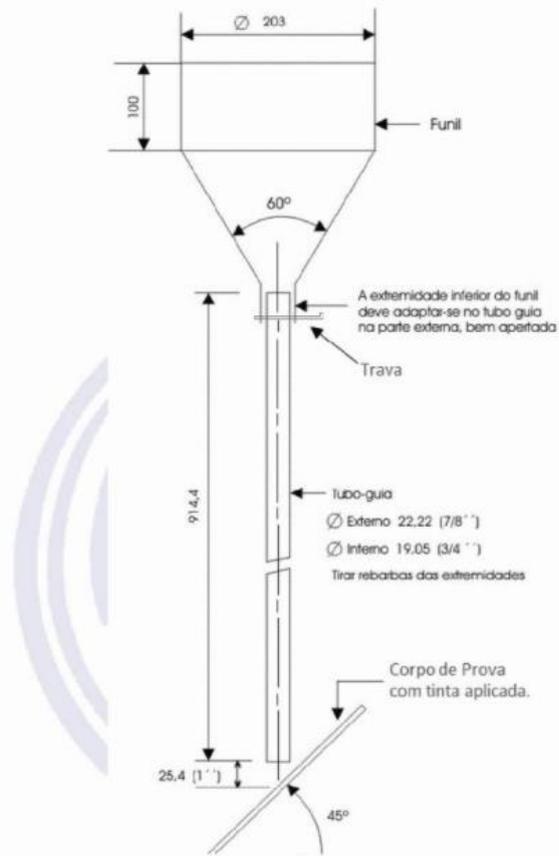


Figura 9 – Abrasímetro

4.9.2 Aferição do aparelho

4.9.2.1 Encher o funil do abrasímetro com o abrasivo.

4.9.2.2 Alinhar o abrasímetro por meio dos parafusos da base, até que o centro do jato abrasivo esteja no centro do tubo-guia, quando visto de duas posições perpendiculares.

4.9.2.3 Introduzir $(2\ 000 \pm 10)$ mL de abrasivo com a trava completamente fechada, retirar a trava totalmente e determinar o tempo de escoamento, que deve ser de (26 ± 2) s.

4.9.2.4 Repetir, se necessário, o procedimento de 4.9.2, até obter tempo de escoamento igual a (26 ± 2) s.