

Sistema para calibração de multímetros digitais baseado em processamento de imagens

Eng. Jedid-jah Dorneles dos Santos^{1 2}

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS); ² Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica, Calibração e Ensaios (LBELO)

E-mail: jedid-jah.santos@acad.pucrs.br

Resumo: Este trabalho apresenta a calibração semiautomática de um multímetro digital de $3^{1/2}$ dígitos, utilizando MATLAB para a realização, tanto da comunicação com o gerador de grandezas elétricas, quanto o processamento de imagem, leitura e escrita de dados na planilha de calibração. Nesta plataforma o gerador estará conectado via comunicação GPIB onde, através dos valores armazenados na planilha de calibração irá gerar as grandezas no instrumento e terá uma webcam realizando a aquisição das imagens das medidas do equipamento. Estas imagens passarão por um processamento e os valores correspondentes serão armazenados no campo apropriado da planilha de calibração.

Palavras-chave: Calibração. Metrologia. Processamento de Imagens. Imagens Digitais

Abstract: This work presents the semiautomatic calibration of a $3^{1/2}$ digit digital multimeter, using MATLAB to perform both the communication with the generator of electrical quantities and the image processing, reading and writing of data in the calibration worksheet. In the platform, the generator will be connected via GPIB communication where, through the values stored in the calibration worksheet will generate the magnitudes in the instrument and will have a webcam making the acquisition of the images of the measurements of the equipment. These images will be processed and corresponding values will be stored in the appropriate field of the calibration worksheet.

Keywords: Calibration. Metrology. Image Processing. Digital Images.

1. INTRODUÇÃO

A calibração de instrumentos de medição é uma operação que estabelece uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas, isto é usado para a obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação.

Os laboratórios de calibração possuem grandes escopos de serviço, realizando calibrações em vários tipos de equipamentos de diferentes áreas. Um dos equipamentos que constantemente é calibrado por vários laboratórios é o multímetro digital de $3^{1/2}$ dígitos, pois é um equipamento utilizado tanto por fábricas quanto por pessoas físicas.

A calibração de multímetros deste modelo é bastante simples onde é necessário somente um gerador de grandezas elétricas, por exemplo um Calibrador 5500A – Fluke, para que gere os valores no instrumento e estas medidas serão registradas na planilha de calibração. Mesmo sendo um processo de calibração simples a quantidade destes equipamentos nos laboratórios é alta, fazendo com que o metrologista leve um tempo maior do seu expediente para a calibração destes instrumentos.

Visto o problema do alto fluxo de equipamentos e a demanda do metrologista nas calibrações dos multímetros digitais, este trabalho tem o objetivo de tornar esta calibração semiautomatizada fazendo com que a necessidade do operador seja diminuída. O sistema realizará a geração e as leituras das medidas de forma automática, sendo necessário que o operador monte as planilhas de calibração, troque as faixas do equipamento e faça as ligações corretas para as medições.

Todo o processo será realizado com a interação do GUIDE (User Interface Development Environment), ferramenta disponível no MATLAB (Matrix Laboratory) [1], onde haverá

a comunicação via protocolo GPIB com o calibrador para que, conforme os valores definidos nas planilhas de calibração, seja gerado no multímetro digital e os valores lidos pelo instrumento serão captados por uma webcam onde através de um processamento de imagem será convertido para número, armazenando este valor na planilha de calibração.

Com a aplicação deste sistema é esperada a otimização no tempo de serviço do metrologista, fazendo com que seja possível realizar serviços paralelos enquanto a calibração do multímetro digital ocorre e que os resultados sejam iguais do que seriam com o operador, garantindo a qualidade do serviço e a confiabilidade dos resultados obtidos que serão apresentados no certificado de calibração do instrumento de medição.

2. METODOLOGIA

2.1. Ambiente gráfico de controle

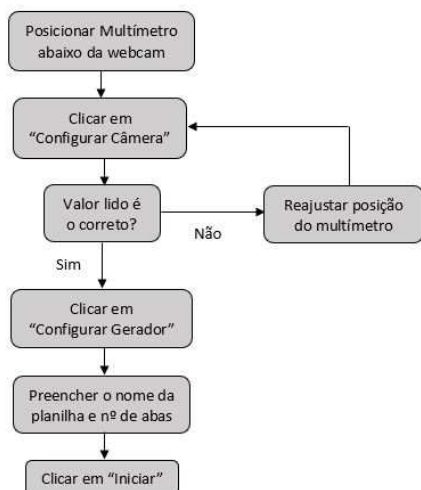
Através do ambiente GUIDE foi montada uma interface gráfica para que o operador possa controlar e monitorar o sistema de calibração, a interface tem os botões para iniciar a comunicação com o calibrador, conectar a webcam instalada no computador, inserir o nome da planilha de calibração, mostrar as imagens e o valor da medida após o processamento digital. Também foi alocado nesta interface uma imagem com o posicionamento ideal do instrumento para que o operador possa colocar do mesmo modo ou o mais próximo possível. (figura 1)



Figura 1 – Interface GUIDE

2.2. Executando a calibração pelo GUIDE

Para que seja possível iniciar o processo de calibração com o sistema deve-se primeiro fazer as configurações iniciais corretas, conforme abaixo (fluxograma 1):



Fluxograma 1 - Configurações iniciais

Realizada as configurações iniciais o software irá realizar uma varredura na planilha de calibração, armazenando os pontos com as suas respectivas grandezas. A partir disto a interface avisará qual grandeza que será calibrada para que o metrologista possa realizar a ligação correta no equipamento.

Feita a ligação dos cabos o software enviará os pontos referentes a primeira aba da planilha de calibração um a um para que seja gerado no

calibrador. No momento que o valor é gerado a interface aguarda alguns segundos para que o valor se estabilize e logo após faz com que seja capturada quatro fotos pela webcam da medida que o multímetro está realizando.

As imagens registradas são processadas e o valor final é escrito no campo destinado, na planilha de calibração. Quando todos os valores da primeira aba da planilha são gerados o software pula para a próxima aba e verifica qual grandeza e informa ao operador para que seja trocado a ligação e assim será sucessivamente até a última aba da planilha de calibração. No fluxograma 2 é apresentado o processo do funcionamento descrito.



Fluxograma 2 - Processo de funcionamento

O projeto em bancada fica conforme a figura 2.



Figura 2 - Projeto em bancada

2.3. Processo para a verificação da medição

O processamento de imagem realizado na foto registrada pela webcam é feito conforme os passos que serão descritos a seguir:

2.3.1. Corte da Imagem

Após a imagem ter sido registrada é feito um corte para que seja retirado a parte que não será utilizada no processamento. Com este corte facilita o tratamento de imagem.

A captura é feita com um tamanho padrão de 320x240 (figura 3) e o corte é realizado para que a imagem fique em um tamanho 146x236 (figura 4).



Figura 3 – Imagem original



Figura 4 – Imagem cortada

2.3.2. Binarização

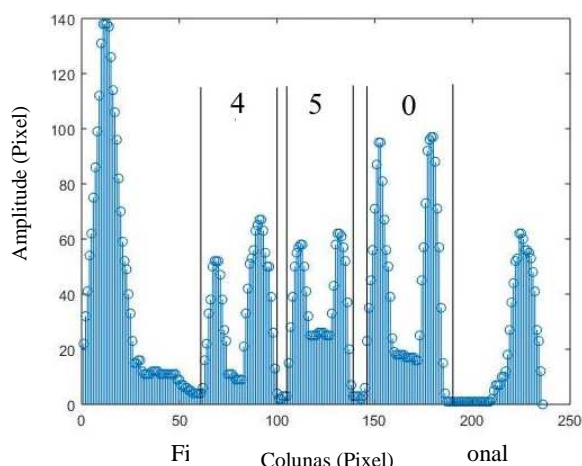
Após o corte é realizada a limiarização ou binarização, utilizando a função *im2bw* () [2] do MATLAB que fará a conversão da imagem em cores para uma imagem binária (figura 5).



Figura 5 – Imagem limiarizada

2.3.3. Assinatura Padrão

A imagem binarizada é uma matriz que possui um tamanho conhecido de linhas e colunas (146x236). A partir disto foi realizada a soma de todas as colunas desta matriz e apresentado um gráfico unidimensional do seu resultado (figura 6).



Tendo este gráfico (figura 6), que será chamado de assinatura padrão do dígito, como exemplo e também todos os outros valores testados no processo de verificação deste projeto é possível confirmar que cada dígito terá um formato fixo no gráfico. A posição dos dígitos também será sempre na mesma região visto que imagem é sempre cortada no mesmo tamanho.

Analisando este gráfico temos o formato do dígito 4, após temos o formato do dígito 5 e por fim o formato do dígito 0. E do mesmo modo será para qualquer dígito que for apresentado, somente mudando o seu formato.

Vemos também que na figura 6 cada formato do dígito possui três partes internas bem visíveis, como os picos de amplitude nas laterais e no centro amplitudes mais baixas, isso devido as laterais serem a representação dos segmentos na vertical e o centro ser a representação dos segmentos do meio do dígito, na horizontal. Estas partes internas, como o formato inteiro, será sempre em uma área conhecida e será chamado de sub-regiões.

Para a continuação do processamento de imagem é aplicado um filtro de mediana [3] no sinal para que fique mais suavizado. Para este filtro é utilizada a função *medfilt1()*.

2.3.4. Reconhecimento do dígito

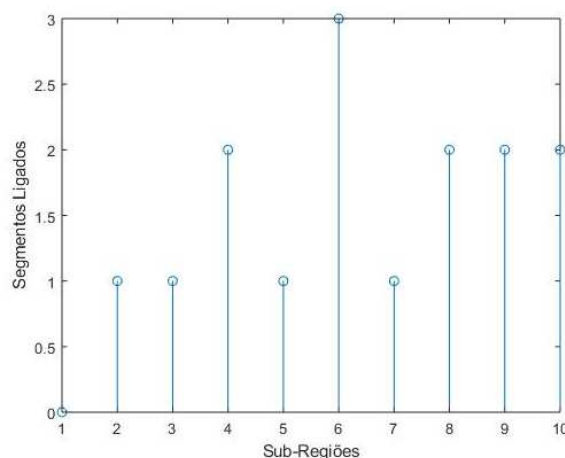
Como demonstrado cada formato do dígito é apresentado em regiões fixas, então será feito o tratamento da assinatura padrão um dígito de cada vez.

Para que seja possível verificar qual número que está sendo apresentado no display do multímetro foi analisada cada sub-região dentro das regiões dos dígitos e visto que conforme a quantidade de segmentos ligados e a posição no display, a sua amplitude varia para mais ou para menos. Um exemplo é o dígito 4 que na primeira sub-região temos somente um segmento ligado e a sua amplitude é menor do que se tivesse os dois segmentos ligados, como o dígito 8, por exemplo.

Seguindo esta dinâmica da assinatura padrão foram percorridas todas as sub-regiões e analisado seus picos máximos de amplitude e conforme os testes realizados foram criados faixas de amplitudes para que seja possível saber se este pico se refere a 1,2,3 ou nenhum segmento ligado.

Conforme a assinatura padrão é analisada, o algoritmo armazena em um vetor a quantidade de

segmentos que estão ligados em cada sub-região



(figura 7).

Figura 7 – Segmentos Ligados

Com o gráfico apresentado podemos verificar a quantidade de segmentos que temos ligados em cada sub-região. As posições 2 até 4 são referentes a região do dígito 4 e temos duas posições com 1 segmento ligado e uma posição com 2 segmentos ligados, corretamente como é o formato do número 4. As posições 5 a 7 são referentes ao dígito 5 do display e as posições 8 a 10 são relacionadas ao dígito 0.

A partir disto foi montada uma lógica combinacional para que fosse possível verificar qual dígito está sendo apresentado no display. Esta lógica é feita analisando primeiro a posição 1 e depois 3 posições por vez e conforme o número de segmentos ligados é armazenado o número correspondente em um vetor. Assim temos na posição 1, o valor 0, nas próximas três posições temos [1 1 2], a seguir temos [1 3 1] e por fim [2 2 2]. Com esta sequência temos o vetor [0 4 5 0] que é o valor que está sendo apresentado no display do multímetro digital.

Por fim, este vetor é concatenado e enviado para a planilha de calibração na parte correspondente das

medições e este processo é feito para cada ponto calibrado.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1. Resultados das leituras das medidas

A metodologia apresentada obteve resultados significativos no processamento de imagem das fotos capturadas pela webcam. Quando o processo inicial de configuração é feito corretamente temos leituras nítidas e confiáveis.

Caso o equipamento seja colocado de uma forma muito diferente ao que está a imagem padrão da interface a leitura não é realizada corretamente, porém isto era esperado e por este motivo foi introduzida esta imagem na interface.

Quanto a questão de luminosidade do ambiente para as leituras das medidas, visto que o sistema não possui nenhuma cobertura, por exemplo, com uma caixa, foi verificado que caso a variação não for extrema o processamento das imagens ocorrerá corretamente por causa das faixas de amplitudes pré-definidas. Como foram colocadas faixas de valores no algoritmo e não pontos fixos o pico de amplitude continuará dentro desta faixa.

3.2. Resultados no tempo do processo de calibração

Para obter os resultados sobre o tempo de calibração foi realizado a comparação entre um processo feito totalmente com o operador e um processo feito com o sistema semiautomatizado. Foi realizado o processo fazendo a calibração em todas as faixas de tensão, resistência e corrente de

um multímetro do fabricante Minipa, modelo ET-2082c.

Tabela 1. Tempo de Processo.

Parâmetros	Projeto	Manual
Posicionamento (min)	5	0
Tempo de Leitura (min)	30	75
Tempo Total (min)	35	75

Com os dados da tabela 1 podemos analisar que o tempo de calibração teve uma diminuição com o sistema semiautomatizado, uma diferença de mais ou menos 46,7% mais rápido.

Essa diferença deve-se ao tempo de leitura de cada medida pois no projeto temos uma webcam realizando as medidas e não o operador.

4. CONCLUSÃO

Com a aplicação deste sistema de calibração foi confirmado que é possível otimizar o processo de calibração de multímetros de $3^{1/2}$ dígitos, fazendo com que o metrologista possa realizar outras atividades enquanto a calibração é realizada.

O processamento de imagens feito possui uma confiabilidade significativa, fazendo com que as medidas possuam menos erros humanos e tornando os certificados de calibrações ainda mais confiáveis para o possuidor do instrumento.

O algoritmo criado no MATLAB para o sistema está escrito de uma forma de simples entendimento e de processamento rápido, visto que o processamento de imagens está sendo realizado por métodos de comparações numéricas tornando o arquivo muito mais leve e de resposta mais rápida.

Visto todos os resultados obtidos com este projeto é interessante para pesquisas futuras que o sistema

seja aprimorado para resoluções maiores de multímetros digitais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao LABELO (Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica, Calibração e Ensaio) que é um laboratório de grande renome na área de metrologia e prontamente disponibilizou o seu espaço e seus diversos equipamentos para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

[1] Mathworks. **Support**. Disponível em: <https://www.mathworks.com/support.html>, Acesso em 12 Mar. 2019

[2] SOLOMON, C.; BRECKON, T.; **Fundamentos de Processamento Digital de Imagens – Uma Abordagem Prática com Exemplos em MATLAB**, LTC, 2013.

[3] GONZALES, R. C; WOODS, R.E.; **Processamento Digital de Imagens**, 3. ed, Pearson, 2010.

[4] CORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO, **Orientação Para Calibração de Instrumentos Analógicos e Digitais de Medição na Área de Eletricidade - DOQ-CGCRE-018**. rev. 02, 2018.

[5] CORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO, **Relação Padronizada de Serviços Acreditados para Laboratórios de Calibração - NIT-DICLA-012**. rev. 19, 2018.

[6] CORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO, **Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração**. rev. 9, 2013.

[7] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO), **Guia para a Expressão de Incerteza de Medição - GUM**. 3 ed. 2008

[8] LIMA, G. G. **Barramento de Instrumentação IEEE 488(GPIB)**. Espirito Santo, BRASIL. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/19628416/UFE-S-Artigo-BARRAMENTO-DE-INSTRUMENTACAO-IEEE-488-GPIB>>, Acesso em 17 Abr. 2019

[9] NATIONAL INSTRUMENTS, **A História do GPIB**. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/3419/pt/#toc4>>, Acesso em: 28 Abr. 2019

[10] FLUKE. **Suporte**. Disponível em: <<https://www.fluke.com/pt-br/suporte>>, Acesso em 01 Mai. 2019

[11] INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM)**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf>, Acesso em 09 Mai. 2019