



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Mathioly Leite Verissimo

**ESTUDO TEÓRICO E PRÁTICO DE EQUIPAMENTOS  
DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E DE UM MOTOR  
DE INDUÇÃO TRIFÁSICO**

Palmas/TO  
2019

Mathioly Leite Verissimo

**ESTUDO TEÓRICO E PRÁTICO DE EQUIPAMENTOS  
DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E DE UM MOTOR  
DE INDUÇÃO TRIFÁSICO**

O trabalho de conclusão de curso foi avaliado e apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dr Jadiel Caparrós da Silva

Palmas/TO  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

V517e Verissimo, Mathioly Leite.

Estudo teórico e prático de equipamento de medição de energia elétrica e de um motor de indução trifásico. / Mathioly Leite Verissimo. – Palmas, TO, 2019.

79 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica, 2019.

Orientador: Jádriel Caparrós da Silva

1. Analizadores de energia. 2. Equipamentos de medição. 3. Tutorial de analisadores de energia. 4. Medições em motor de indução. I. Título

**CDD 621.3**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

Mathioly Leite Verissimo

## **ESTUDO TEÓRICO E PRÁTICO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO**

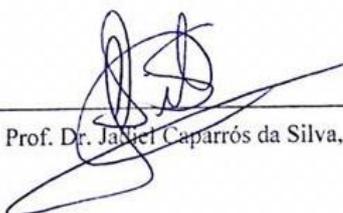
O trabalho de conclusão de curso foi avaliado e apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dr Jadiel Caparrós da Silva

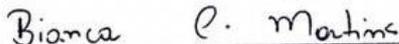
Banca Examinadora

Data de aprovação: 19 / 09 / 19

Banca Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jadiel Caparrós da Silva, UFT.

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Dr.ª. Stefani Carolline Leal de Freitas, UFT.

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Bianca Carvalho Martins, UFT.

PALMAS  
2019

Agradeço primeiramente à Deus todo poderoso criador dos céus e da terra, pelo dom da vida e da saúde.

À minha família que sempre se esforçou ao máximo pra me dar a melhor educação possível, mesmo em tempos difíceis.

A todos os amigos que estiveram do meu lado, seja pelo companheirismo tirando dúvidas ou formando grupos de estudo.

A todos os funcionários do Serviço Social da Universidade que me ajudaram a com tudo em relação ao assistencialismo universitário.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jadiel Caparrós da Silva que sempre atencioso desde o primeiro contato com a sugestão desse trabalho até os últimos detalhes do mesmo.

Ao técnico do laboratório Neiber Garcia que me auxiliou no trabalho prático com toda a educação e compreensão possível e aos professores que participaram da banca examinadora Prof<sup>a</sup>. Dr. Stefani Carolline Leal de Freitas e Prof<sup>a</sup>. Bianca Carvalho Martins que engrandeceram esse trabalho com suas considerações.

## **RESUMO**

Esse trabalho de conclusão de curso foi produzido com intuito de facilitar e melhorar o uso de equipamentos de medição em um motor de indução trifásico perante os experimentos técnicos laboratoriais feitos na Universidade Federal do Tocantins no curso de Engenharia Elétrica, tendo como local o laboratório de circuitos e medidas elétricas. Foi realizado um estudo nos manuais dessas máquinas e dos aparelhos de medição, destacando as funcionalidades dos equipamentos que o preconizado laboratório possui e obtendo informações de uma máquina rotativa trifásica de indução amplamente utilizado no mercado industrial, residências e estabelecimentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluke 345. Tektronix THS3024. WaveBook/516E. Fluke 1738 Power Logger.

## **ABSTRACT**

This course completion work was produced in order to facilitate and improve the use of measuring equipment in a three-phase induction motor in light of the technical laboratory experiments done at the Federal University of Tocantins in the Electrical Engineering course, having as location the circuit laboratory and electrical measurements, a study was conducted in the manuals of these machines and measuring devices, highlighting the functionalities of the equipment that the recommended laboratory has and obtaining information from these-phase rotary induction machine widely used in the industrial Market, homes and establishments.

**KEYWORDS:** Fluke 345. Tektronix THS3024. WaveBook/516E. Fluke 1738 Power Logger.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Visão frontal do Fluke 345 Power Quality Clamp Meter.....	19
Figura 2 – Visão traseira e lateral do Fluke 345 Power Quality Clamp Meter .....	20
Figura 3 – Conexão do Fluke 345 para medir tensão.....	26
Figura 4 – Conexão do Fluke 345 para medir corrente.....	26
Figura 5 – Conexão do Fluke 345 para medir potência monofásica.....	27
Figura 6 – Conexão do Fluke 345 para medir potência trifásica.....	27
Figura 7 – Tektronix THS3024.....	28
Figura 8 – Painel de navegação THS3024 .....	29
Figura 9 – Tela do Tektronix THS3024 .....	30
Figura 10 – Entrada do sinal no THS3024 .....	31
Figura 11 – WaveBook/516E .....	32
Figura 12 – WaveBook/516E embutidos .....	32
Figura 13 – Interface do software WaveView .....	33
Figura 14 – Visão frontal do Fluke 1738 Power Logger.....	35
Figura 15 – Visão superior do Fluke 1738 Power Logger .....	36
Figura 16 – Conexão do Fluke 1738 Power Logger em um circuito trifásico em Y.....	41
Figura 17 – Conexão do Fluke 1738 Power Logger em um circuito trifásico em delta ..	41
Figura 18 – Conexão do Fluke 1738 Power Logger em um circuito trifásico em delta ..	42
Figura 19 – Motor de indução monofásico WEG Nema 56.....	43
Figura 20 – Características de ligação do WEG Nema 56 monofásico .....	46
Figura 21 – Características mecânicas do WEG Nema 56 monofásico.....	46
Figura 22 – Motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente .....	47
Figura 23 – Características de ligação do Motor WEG com capacitor permanente .....	48
Figura 24 – Características mecânicas do WEG com capacitor permanente .....	48
Figura 25 – Motor de indução trifásico Dahlander WEG duas velocidades .....	50
Figura 26 – Características de ligação do Motor trifásico Dahlander duas velocidades .	51
Figura 27 – Características mecânicas do Motor trifásico Dahlander duas velocidades .	51
Figura 28 – Motor de indução trifásico Motron modelo M610.....	52
Figura 29 – Características de ligação do Motor de indução trifásico modelo M610.....	54
Figura 30 – Características mecânicas do Motor de indução trifásico modelo M610.....	54
Figura 31(a) – Configuração para o motor operando a vazio.....	57

Figura 31(b) – Configuração para o motor operando com carga.....	57
Figura 32 – Fluke 345 envolvendo uma das fases no sentido da seta .....	59
Figura 33 – Valores obtidos para o motor operando (a) a vazio (b) com carga .....	59
Figura 34 – Visor do Fluke 345 medindo tensão.....	60
Figura 35 – Visor do Fluke 345 medindo corrente .....	61
Figura 36 – Visor do Fluke 345 medindo formas de onda de tensão e corrente .....	61
Figura 37 – Visor do Fluke 345 medindo harmônicos.....	62
Figura 38 – Visor do Fluke 345 medindo potências em uma fase .....	62
Figura 39 – Conexão do Fluke 1738 no motor WEG .....	63
Figura 40 – Dados de corrente da fase A em forma de gráfico.....	64
Figura 41 – Dados da medição mostrado em forma de tabela .....	65
Figura 42 – Conexão do Tektronix THS3024 no motor WEG.....	65
Figura 43(a) e (b) – Alicates amperímetro envolvendo a fase.....	66
Figura 44(a)(b) e (c) – Forma de onda na tela do Tektronix THS3024.....	66
Figura 45 – Painel de navegação Tektronix THS3024.....	67
Figura 46 – Aparelho Tektronix THS3024 .....	68
Figura 47 – Acessando imagens salvas do Tektronix THS3024 .....	68
Figura 48(a) e (b) – Carregando e acessando USB.....	69
Figura 49 – Imagens das três fases capturadas do Tektronix .....	70
Figura 50 – Conexão do WaveBook/516E no motor WEG.....	71
Figura 51 – Software Waveview na área de trabalho do computador .....	71
Figura 52 – Configuração padrão do equipamento .....	72
Figura 53 – Escolha dos valores.....	72
Figura 54 – Formas de onda obtidas de tensão e corrente.....	73
Figura 55 – Capacidade do equipamento, até 8 medições simultâneas.....	73
Figura 56 – Tela quando o motor está desligado .....	75
Figura 57 – Formas de onda obtidas com motor WEG operando a vazio .....	75
Figura 58 – Formas de onda obtidas com motor WEG operando com carga.....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais funções do Fluke 345 Power Quality Clamp Meter .....	19
Tabela 2 – Símbolos e suas descrições.....	20
Tabela 3 – Limites para o uso do Fluke 345.....	21
Tabela 4 – Especificações do Fluke 345 .....	22
Tabela 5 – Especificações gerais do equipamento.....	24
Tabela 6 – Especificações ambientais .....	24
Tabela 7 – Comando do painel de navegação do THS3024.....	30
Tabela 8 – Principais funções do WaveView .....	34
Tabela 9 – Principais funções do Fluke 1738 Power Logger .....	35
Tabela 10 – Funções da parte superior do Fluke 1738 Power Logger.....	36
Tabela 11 – Simbologia de alertas do Fluke 1738 Power Logger .....	37
Tabela 12 – Especificações elétricas do Fluke 1738 Power Logger.....	37
Tabela 13 – Especificações gerais do Fluke 1738 Power Logger .....	39
Tabela 14– Especificações ambientais para o uso do Fluke 1738 Power Logger .....	39
Tabela 15 – Especificações elétricas do Motor monofásico WEG Nema 56.....	44
Tabela 16 – Características mecânicas em milímetros do WEG Nema 56 monofásico ..	45
Tabela 17 – Especificações elétricas do Motor monofásico WEG com capacitor permanente.....	47
Tabela 18 – Características mecânicas em milímetros do Motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente .....	49
Tabela 19 – Especificações elétricas do Motor de indução trifásico Dahlander WEG duas velocidades .....	50
Tabela 20 – Características mecânicas em milímetros do Motor de indução trifásico Dahlander WEG duas velocidades.....	52
Tabela 21 – Especificações elétricas do Motor de indução trifásico Motron M610 .....	53
Tabela 22– Características mecânicas em milímetros do Motor de indução trifásico Motron M610 .....	55
Tabela 23 – Dados de placa do motor WEG usado .....	58
Tabela 24 – Configuração do Waveview com onda senoidal .....	74
Tabela 25 – Principais funções do Waveview .....	74



## LISTA DE ABREVIACÕES

CA	Corrente Contínua
CC	Corrente Contínua
CV	Cavalo a Vapor
EPI	Equipamento de Proteção Individual
HP	Cavalo de potência
RMS	Valor Eficaz
UFT	Universidade Federal do Tocantins

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	15
1.2. JUSTIFICATIVA.....	15
1.3. OBJETIVO GERAL .....	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.5. METODOLOGIA .....	17
1.6. COMENTÁRIOS.....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS DOS MANUAIS.....</b>	<b>18</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	18
2.2. FLUKE 345 POWER QUALITY CLAMP METER.....	18
2.2.1. <i>Visão geral do equipamento</i> .....	18
2.2.2. <i>Especificações</i> .....	21
2.2.3. <i>Medição</i> .....	25
2.3. TEKTRONIX THS3024.....	28
2.3.1. <i>Visão Geral do equipamento</i> .....	28
2.3.2. <i>Características específicas</i> .....	29
2.4. WAVEBOOK/516E.....	31
2.4.1. <i>Visão geral do equipamento</i> .....	31
2.4.2. <i>Hardware</i> .....	32
2.4.3. <i>Software</i> .....	33
2.5. FLUKE 1738 POWER LOGGER.....	34
2.5.1. <i>Visão geral do equipamento</i> .....	34
2.5.2. <i>Medição</i> .....	40
<b>3. MOTORES ESTUDADOS.....</b>	<b>43</b>
3.1. MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO WEG NEMA 56.....	43
3.1.1. <i>Visão geral do equipamento</i> .....	43

3.2. MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO WEG COM CAPACITOR PERMANENTE	46
3.2.1. <i>Visão geral do equipamento</i>	46
3.3. MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO BOBINADO MOTRON M610	50
3.3.1. <i>Visão geral do equipamento</i>	50
3.4. MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO WEG DAHLANDER	52
3.4.1. <i>Visão geral do equipamento</i>	52
<b>4. USO PRÁTICO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÕES</b>	<b>57</b>
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	57
4.2. FLUKE 345	58
4.2.1. <i>Tutorial do Fluke 345</i>	60
4.3. FLUKE 1738 POWER LOGGER	63
4.4. TEKTRONIX THS3024	65
4.4.1. <i>Tutorial para salvar arquivo no USB</i>	67
4.5. WAVEBOOK/516E	70
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>77</b>
5.1. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	77
<b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A realização do estudo de equipamentos medidores de grandezas referente à energia elétrica no âmbito acadêmico, pode facilitar o aprendizado nos ensaios de motores elétricos de indução trifásicos e monofásicos. Há uma grande probabilidade de ocorrerem erros em experimentos laboratoriais de máquinas síncronas e assíncronas, o experimento tem grandes chances de obter o êxito quando os operadores possuem total conhecimento tanto das máquinas do estudo em questão, quanto dos aparelhos medidores de tensão, corrente, qualidade de energia, entre outros. Com o conceito de medição da qualidade de energia seja ela na indústria, em domicílios ou no meio acadêmico é possível obter indicadores da estabilidade do sistema como também prever a vida útil de determinados equipamentos.

Há casos que os valores obtidos não condizem com a teoria, para isso este trabalho de conclusão de curso tem como finalidade esclarecer algumas dúvidas dos manuais de operação dos aparelhos de medição: Fluke 345, Tektronix THS3024 e o WaveBook/516E, Fluke 1738 Power Logger e das máquinas rotativas: motor de indução monofásico *WEG* Nema 56, motor de indução monofásico *WEG* com capacitor permanente, motor de indução trifásico *Dahlander WEG* com duas velocidades, motor de indução trifásico Motron modelo M610.

Para elucidar os resultados deste trabalho, escolheu-se o motor de indução trifásico *Dahlander WEG* com duas velocidades para coleta dos resultados com os quatro aparelhos de medição citados.

### 1.2. JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que existe uma dificuldade de realizar medidas relacionadas a valores elétricos e comportamento dos equipamentos do laboratório de máquinas utilizando os medidores presentes, há uma necessidade de que o operador tenha uma base literária para que o processo laboratorial tenha um bom andamento, haja vista que nem todo manual desses medidores abrangem todas as informações necessárias para medição. Esta base literária facilita

no diagnóstico de um erro eventual de um equipamento, visto que essas variações são comuns em aparelhos elétricos laboratoriais.

Esse tipo de estudo facilita o aprendizado dos acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Tocantins - UFT, bem como mostra de fato uma forma mais eficaz de se fazer o uso adequado de uma máquina elétrica quanto aos seus valores de consumo e eficiência, trazendo para a Universidade um conhecimento de como economizar e aproveitar de forma correta os investimentos aplicados até o cenário atual.

Sabendo que um estudo aprimorado de medição elétrica de motores trifásicos no âmbito industrial, pode-se esperar futuras parcerias quanto ao mercado privado da região, gerando assim aos acadêmicos uma experiência real do mercado local e trazendo para UFT um reconhecimento e incentivo por parte dos empreendedores interessados da região.

### 1.3. OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo geral esclarecer e simplificar através de tutoriais, o uso de quatro aparelhos de medições de parâmetros elétricos: Fluke 345, Tektronix THS3024, o WaveBook/516E, Fluke 1738 Power Logger e Fluke 1738 Power Logger. Efetuando medições com os novos equipamentos que chegaram a Universidade sendo eles o motor de indução trifásico *Dahlander* WEG com duas velocidades, operando a vazio e com uma pequena carga através de um gerador de corrente contínua a vazio em conjunto com os equipamentos de medição.

### 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Realizar um estudo nos manuais dos aparelhos de medição elétricas: Fluke 345, Tektronix THS3024 e o WaveBook/516E, Fluke 1738 Power Logger.
- Fazer um estudo prático com os motores elétricos trifásicos e monofásicos e relatar detalhadamente os valores coletados com os motores operando a vazio e com carga.
- Especificar quais são as vantagens e possíveis eventualidades quanto aos valores obtidos dos quatro medidores.

## 1.5. METODOLOGIA

A prioridade desse trabalho é realizar um estudo aprimorado dos manuais dos equipamentos de medição: Fluke 345, Tektronix THS3024 e o WaveBook/516E, Fluke 1738 Power Logger, e em motores trifásicos e monofásicos operando a vazio e com uma carga, ponderando claramente à comunidade acadêmica quanto as seus valores de energia e grandezas físicas, haja vista que o foco principal desse trabalho é fazer com que tenha-se um entendimento melhor desses equipamentos e simplificar um estudo prático com os mesmos.

A execução desse trabalho tem como principal referência bibliográfica os manuais desses quatro equipamentos de medições, e outras referências científicas também serão suporte para um complemento de informações teóricas.

## 1.6. COMENTÁRIOS

Nesta introdução, buscou-se apresentar os detalhes e a importância do estudo de equipamentos medidores de grandezas referente à energia elétrica no âmbito acadêmico através de quatro aparelhos de medição além do estudo dos quatro motores até a escolha do motor de indução trifásico *Dahlander* WEG com duas velocidades que será foco da aplicação das medições (a vazio e com carga). Posteriormente, foi exposto a justificativa deste trabalho, bom como os objetivos geral e específico finalizando com a metodologia adotada para o desenvolvimento dos objetivos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS DOS MANUAIS

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É de suma importância ter o conhecimento do quanto a energia consumida em um determinado estabelecimento é de qualidade ou não, isso interfere diretamente no funcionamento dos equipamentos elétricos, bem como o consumo tarifário cobrado pela concessionária de energia elétrica da região local. Para isso, é possível detectar o problema através de equipamentos de medição da qualidade de energia, isso poderá ser solucionado por um profissional, que analisará se a energia está própria para consumo ou não. Com base nesse tipo de problema Medeiros Filho (1990) relata que:

A medição de energia elétrica é empregada, na prática, para possibilitar à entidade fornecedora o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida por cada usuário, dentro da tarifa estabelecida. A concessionária, entidade fornecedora de energia elétrica, tem grande interesse no perfeito e correto desempenho desse medidor, pois nele é que repousam as bases econômicas da empresa. Os litígios entre consumidores e fornecedores podem ser bastante reduzidos se os cuidados necessários forem dispensados à correta medição de energia elétrica consumida. (Medeiros Filho, 1990)

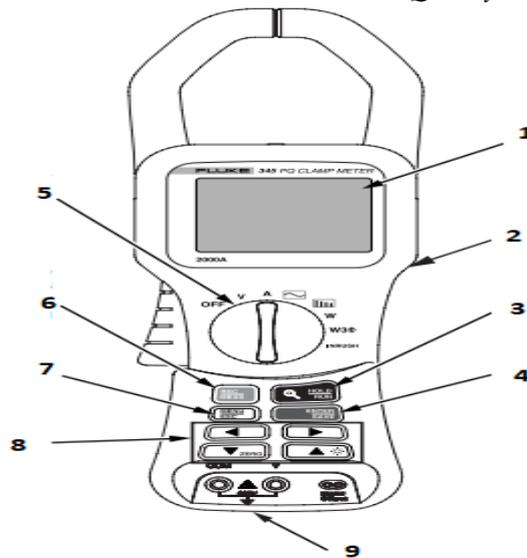
### 2.2. FLUKE 345 POWER QUALITY CLAMP METER

#### 2.2.1. Visão geral do equipamento

Fluke (2006) enfatiza que o *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter* é um alicate de medição que faz mensuração de grandezas relacionadas a energia elétrica, tais como medição de corrente, tensão e qualidade de energia. É um equipamento que leva o padrão de qualidade, quanto a sua precisão e resistência na categoria profissional da engenharia elétrica no segmento industrial. Tais valores são fundamentais para que um circuito funcione de forma eficaz, tendo em consideração que essas medidas devem ser coletadas de forma segura e correta.

A Figura 1 mostra detalhadamente as funções do *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter* através de uma visão frontal. Deve-se estudar cada configuração do equipamento para que não se comprometa nenhuma medição muito menos a integridade física do operador. Estão numeradas as principais funções desse equipamento na Tabela 1.

Figura 1 – Visão frontal do *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter*.



Fonte: (FLUKE, 2006).

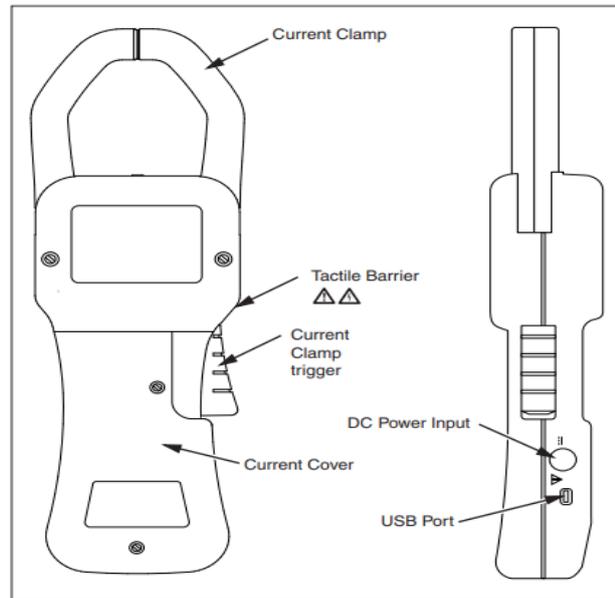
Tabela 1 – Principais funções do *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter*.

Número	Função Representada
1	Tela LCD em cores, 230x240 pixels
2	Barreira tátil
3	Executar/reter a função de medição
4	Salva/entrar
5	Seletor de funções
6	Tela de registros/medições
7	Menu/sair do menu
8	Teclas do cursor
9	Terminal de entrada de funções até 600V (RMS)

Fonte: (FLUKE,2006).

A Figura 2 mostra o equipamento *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter* por uma visão lateral, mostrando uma entrada de corrente contínua e outra entrada USB para possíveis coletas ou introdução de informação vinda externamente. Na visão posterior tem-se em vista o fundo do equipamento em que se evidencia o alicate de corrente, que por sua vez é responsável por envolver condutores e mensurar seus respectivos valores e mais abaixo o acionador do alicate de corrente que é capaz de realizar a movimentação mecânica do alicate.

Figura 2 – Visão traseira e lateral do Fluke 345 *Power Quality Clamp Meter*.



Fonte: (FLUKE, 2006).

Eventualmente aparecerão simbologias na tela do equipamento alertando sobre possíveis erros de medida ou por orientação do seu perfeito manuseio. Esses informativos serão de extrema importância, pois isso garantirá que a medição ocorrerá com segurança, sendo: tensão perigosa, consultar o manual, bem como de aviso sobre o estado de carga da bateria do equipamento. Para isso, a Tabela 2 irá mostrar algumas dessas simbologias constadas no manual do modelo 345 da *Fluke*.

Tabela 2 – Símbolos e suas descrições.

Símbolo	Descrição
	Tensão perigosa. Risco de choque elétrico.
	Informações importantes. Perigo. Consultar o manual.
	Terra.
	Não descartar este produto no lixo comum. Contatar a Fluke ou uma empresa ou órgão municipal de reciclagem para saber como descartar o produto.
	Isolação dupla.
	Pilha fraca (quando aparece no visor).
	CC – Corrente contínua.
<b>CAT</b>	Categoria de medição IEC 61010 (instalação).
	Conformidade com os requisitos da União Européia e da EFTA (Associação Européia de Livre Comércio).
	Canadian Standards Association.
	Conformidade com os padrões australianos pertinentes.

Fonte: (FLUKE, 2006).

De acordo com Fluke (2006), é impressionante que o operador esteja a par de todas as configurações do equipamento, no diz respeito as informações de alerta, além disso, o operador deve tomar os devidos cuidados quanto as condições ambientais, pois o Alicate de medição tem algumas restrições de certos ambientes e temperaturas. O manual do equipamento sempre irá dar informações necessárias para que o andamento da medição ocorra de forma sutil e objetiva, isso facilita na operação da mensuração de grandezas. Este manual do *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter* é uma forma de guiar o profissional para que tudo ocorra como esperado, sem que haja riscos a sua integridade física.

Fluke (2006) alerta que, como os dispositivos eletrônicos estão conectados a rede de energia elétrica, existe uma série de componentes que podem ser energizados e alguns deles tem o princípio de acumular carga elétrica, isso pode acarretar em possíveis choques elétricos no operador, levando a eventuais lesões físicas graves (dependendo do nível de tensão), por isso é importante que seja feita todas as atualizações de terminais e acessórios que não estiverem de acordo com as normas regulamentadoras de segurança.

### 2.2.2. Especificações

O Fluke modelo 345 possui especificações elétricas que limitam alguns valores de tensão, logo o responsável pela medição deve tomar os devidos cuidados para que não ocorra nenhuma situação em que a tensão ultrapasse esses valores, tendo em vista que o equipamento de medição trabalha com corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA), onde é dado o valor RMS e também o valor de pico. A Tabela 3 pondera esses limites de tensão.

Tabela 3 – Limites para o uso do Fluke 345.

<b>TENSÃO CA RMS</b>	<b>TENSÃO CA PICO</b>	<b>TENSÃO CC</b>
33	46,7	70

Fonte: (FLUKE, 2006).

É fundamental que esses valores sejam obedecidos de forma rigorosa, caso contrário o profissional que estiver usando o equipamento de medição pode estar sujeito a risco de choque elétrico. Desse modo Fluke (2006) interpela que, para realização de medições elétricas devem ser seguidas todas as normativas nacionais que diz respeito a Equipamentos de Proteção Individual (EPI), pois existe um risco evidente de choque elétrico devido ao fato de existir condutores energizados que podem gerar faíscas por explosão de arco elétrico. O equipamento

foi projetado para efetuar medição de valores de tensão, corrente e qualidade de energia mais exatos possíveis, desde que haja uma obediência das configurações contidas no manual. Portanto, a Tabela 4 mostra algumas especificações do equipamento que será fundamental para coleta correta dos dados, esses valores são especificados para uma temperatura de 23°C. Existe uma variação de mais ou menos 1 grau, que segundo manual do equipamento, isso deve gerar um coeficiente de temperatura de corrente e de tensão menor e ou igual a 0.15% da leitura obtida por grau.

Tabela 4 – Especificações do *Fluke 345*.

<b>Medição de corrente (CC, CC RMS, CA RMS)</b>	
Faixa de medição	0 a 2000 A CC, 1400 CA RMS
Função de ajuste automático de faixa (AutoRange)	40 A/ 400 A/ 2000 A
Resolução	10 mA na faixa de 40 A
	100 mA na faixa de 400 A
	1 A na faixa de 2000 A
<b>Medição de tensão (CC, CC RMS, CA RMS)</b>	
Faixa de medição	0 a 825 V CC ou CA RMS
Função de ajuste automático de faixa (AutoRange)	4 V/ 40 V/ 400 V/ 750 V
Resolução	1 mV na faixa de 4 V
	10 mV na faixa de 40 V
	100 mV na faixa de 400 V
	1 V na faixa de 750 V
<b>Medição da potência ativa em watts (Mono e trifásico) (CC, CC RMS, CA RMS)</b>	
Faixa de medição	0 a 1650 kW CC ou 1200 kW CA
Função de ajuste automático de faixa (AutoRange)	4 kW/ 40 kW / 400 kW / 1650 kW
Resolução	1 W na faixa de 4 kW
	10 W na faixa de 40 kW
	100 W na faixa de 400 kW
	1 kW na faixa de 1650 kW
Precisão	2,5% da leitura $\pm 5\%$ dígitos
	W1 $\emptyset$ < 2kW $\pm 0,08$ kW W3 $\emptyset$ < 4kW $\pm 0,25$ kW

<b>Medição da potência aparente em VA (Mono e trifásico)</b>	
<b>(CC, CC RMS, CA RMS)</b>	
Faixa de medição	0 a 1650 k VA CC ou 1200 k VA CA
Função de ajuste automático de faixa (AutoRange)	4 k VA / 40 k VA / 400 k VA / 1650 k VA
Resolução	1 VA na faixa de 4 k VA 10 VA na faixa de 40 k VA 100 VA na faixa de 400 k VA 1 k VA na faixa de 1650 k VA
Precisão	
VA > 2 kVA	2,5% da leitura $\pm 5\%$ dígitos
VA < 2 kVA	$\pm 0,08$ kVA
<b>Medição da potência reativa em VAR (Mono e trifásico)</b>	
Faixa de medição	0 1200 kVAr CA
Função de ajuste automático de faixa (AutoRange)	4 k kVAr / 40 kVAr / 400 kVAr / 1200 kVAr
Resolução	1 VAR na faixa de 4 kVAr 10 VAR na faixa de 40 kVAr 100 VAR na faixa de 400 kVAr 1 kVAr na faixa de 1200 kVAr
Precisão	
VA > 4kVAr	2,5% da leitura $\pm 5\%$ dígitos
VA < 4kVAr	$\pm 0,25$ kVAR
Faixa do fator de Potência	0,3 < PF < 0,9

Fonte: (FLUKE, 2006).

Ainda sobre as especificações gerais do *Fluke 345*, a Tabela 5 mostra as características físicas do equipamento, bem como dados sobre o visor, fonte de alimentação e sobre suas características mecânicas e medidas físicas do alicate de medição, tudo isso tendo como base o manual do equipamento.

Tabela 5 – Especificações gerais do equipamento.

<b>Visor</b>	
LCD transitivo em cores	320x240 pixel 70 mm na diagonal
<b>Fonte de alimentação</b>	
Tipo de bateria	1,5 V alcalina AA MN 1500 ou IEC LR6X6
Duração da pilha (típica)	10 horas (luz de fundo na intensidade máxima) 12 horas (luz de fundo na intensidade mínima)
Eliminador de bateria	
Entrada	110 V/230V,50/60 Hz
Saída	15 V CC, 300 mA
<b>Especificações mecânicas</b>	
Dimensões	
Comprimento	300 mm
Largura	98 mm
Profundidade	52 mm
Peso (com bateria)	820 g
Abertura das garras	60 mm
Capacidade das garras	58 mm de diâmetro

Fonte: (FLUKE, 2006).

A Tabela 6 mostra dados de suma importância das especificações gerais do equipamento em relação as condições adequadas do meio ambiente para o seu uso, informações essas também contidas em manual.

Tabela 6 – Especificações ambientais.

<b>Especificações ambientais (somente para uso em ambiente interno)</b>	
Condições de referência	23° C ± 1° C
Temperatura de operação	0° C a 50° C
Coeficiente de temperatura de corrente	≤ ±0.15% da leitura por grau °C
Coeficiente de temperatura de tensão	≤ ±0.15% da leitura por grau °C
Umidade relativa Máxima	80% para temperatura acima de 31° C diminuindo linearmente até atingir 50% de umidade relativa a 40° C
Altitude máxima de operação	2000 m

Fonte: (FLUKE, 2006).

É fundamental que seja seguido uma série rigorosa de manuseio do *Fluke 345*. O manual do equipamento estabelece uma sequência de passos a ser seguido para efetuar uma medição

segura a fim de coletar dados do experimento. Essa sequência é dada a partir de um primeiro passo sugerida pelo manual, sendo ele a conexão do alicate de medição. Para isso, Fluke (2006) sugere que seja ligado o alicate de medição, fazendo uso do adaptador de energia em corrente alternada (CA), caso seja necessário efetuar um registro.

Seguindo esse roteiro, conseqüentemente os valores serão obtidos com mais precisão e segurança. Com base, nisso Fluke (2006) alerta que deve se tomar bastante cuidado com o sentido da corrente durante as medições, tendo em conta que o sentido da corrente estará indicado pela seta na parte superior do alicate de medição.

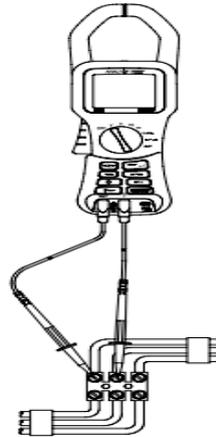
### 2.2.3. *Medição*

Com o uso do Equipamento *Fluke 345 Power Quality Clamp Meter* é possível efetuar medições de grandezas relacionadas a energia elétrica, tais como, valores de: corrente elétrica, tensão, potência, entre outros. Seguindo os procedimentos regidos pelo manual do equipamento, o profissional que irá manusear o *Fluke 345* terá especificadamente as opções de conexões: monofásicas referente a medição de tensão, monofásica referente a medição de corrente, monofásica referente a medição de potência e por fim uma conexão trifásica referente a potência, desde que as cargas estejam equilibradas.

Fluke (2006), alerta que as instalações onde serão efetuadas as medições devem ser corretamente aterradas, considerando que existe um risco evidente para o operador, pois esse tipo de serviço contempla com um alto grau de periculosidade ao fazer mensurações, tais grandezas como a de energia elétrica. Fluke (2006) também sugere que o equipamento esteja desligado antes de fazer qualquer conexão das pontas de prova do alicate de medição com cada fase do motor.

A Figura 3 mostra como é feito essa conexão detalhadamente estando pronto para coletar dados do motor escolhido.

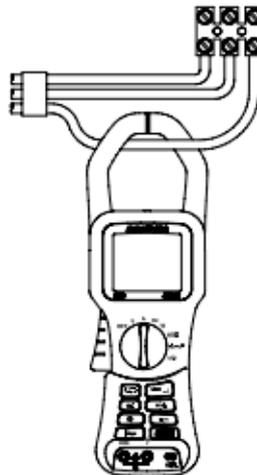
Figura 3 – Conexão do *Fluke 345* para medir tensão.



Fonte: (FLUKE, 2006).

Para efetuar medidas de corrente elétrica, deve-se seguir os seguintes procedimentos do manual do *Fluke 345*, em que estabelece que esse equipamento esteja na posição de acordo com a seta incluso no superior do alicate de medição. A Figura 4, retrata como deve ser feito a conexão e o posicionamento do *Fluke 345* para medir valores de corrente elétrica.

Figura 4 – Conexão do *Fluke 345* para medir corrente.



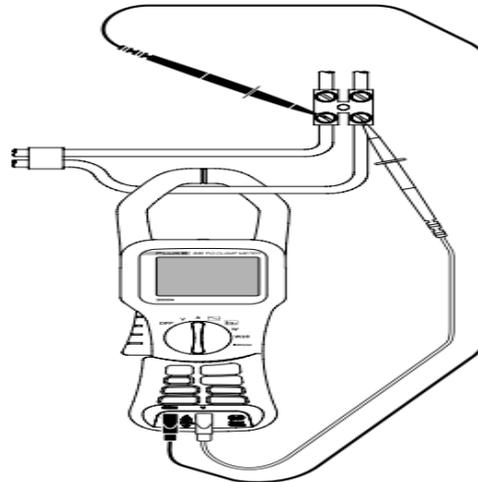
Fonte: (FLUKE, 2006).

Para fazer medidas referentes a potência monofásica, as conexões devem ser feitas tanto com as pontas de prova quanto com o alicate de corrente, a ligação consiste em utilizar as pontas de prova conectando em duas fases do equipamento, bem como usar o alicate de corrente para envolver uma das tensões do circuito. Tendo em vista toda essa

abordagem, Fluke (2006) alerta que o alicate de medição tem como grande enfoque fazer a mensuração de energias monofásicas.

A Figura 5 mostra como é possível efetuar essas conexões.

Figura 5 – Conexão do Fluke 345 para medir potência monofásica.

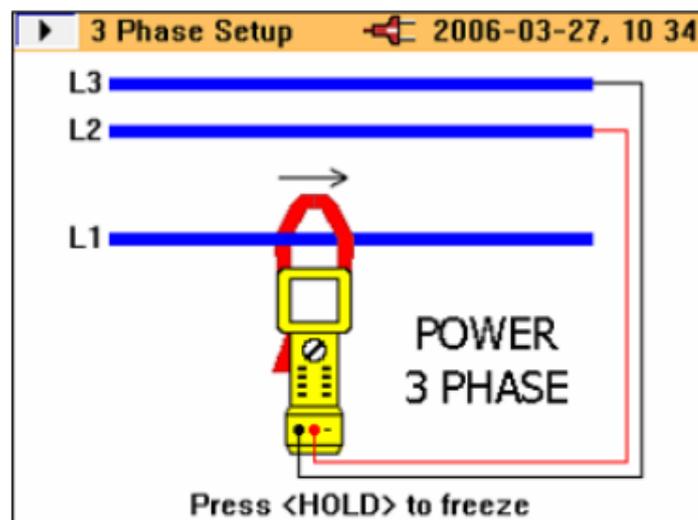


Fonte: (FLUKE, 2006).

O *Fluke 345* também é capaz de fazer medições de potência trifásica, entretanto Fluke (2006) enfatiza que essa medição é somente adequada quando o circuito lhe fornecer cargas equilibradas, tendo em vista que existe apenas uma fase de corrente. Levando esse fator em consideração, será possível fazer a medição de valores como: potência aparente, potência ativa, fator de potência e por fim, quilowatts hora.

A Figura 6 mostra como é feita essa ligação detalhadamente.

Figura 6 – Conexão do *Fluke 345* para medir potência trifásica.



Fonte: (FLUKE, 2006).

## 2.3. TEKTRONIX THS3024

### 2.3.1. Visão Geral do equipamento

O *Tektronix THS3024* é um osciloscópio de mão capaz de efetuar medidas de qualidade de energia. Diante disso, Pereira (2016) fomenta que o diferencial desse equipamento perante outros aparelhos similares, é pelo fato de possuir uma configuração que possibilita o operador utilizar 4 canais isolados e tem uma bateria com a durabilidade e até 7 horas, facilitando o trabalho na bancada ou no campo garantindo um bom andamento das medições oferecendo segurança e praticidade.

Além disso o *Tektronix THS3024* dispõe de uma excelente largura de banda e tem um ótimo desempenho quanto a sua taxa de amostragem, no tocante de valores significativos de ponto de comprimento de registro de canal. Pereira (2016) ainda alega que, nenhum outro osciloscópio portátil de mão consegue oferecer as mesmas configurações como o *Tektronix THS3024*, essa afirmação leva em conta configurações como largura de banda de 200 MHz, taxa de amostragem máxima de 5 GS/s, além de ter a capacidade de obter 10.000 pontos de comprimento de registro de canal, onde possibilita obter mais informações do sinal em determinadas faixas de amostragem, capaz de visualizar claramente os detalhes do sinal. Quando deseja-se mensurar sinais de lentas mudanças em longos períodos, o *THS 3024* consegue oferecer ao operador uma configuração que permite expandir os pontos de informação do sinal para 30.000 ou seja três vezes mais que o modo anterior.

A Figura 7 mostra como é a vista frontal do *Tektronix THS3024*.

Figura 7 – Tektronix THS3024.

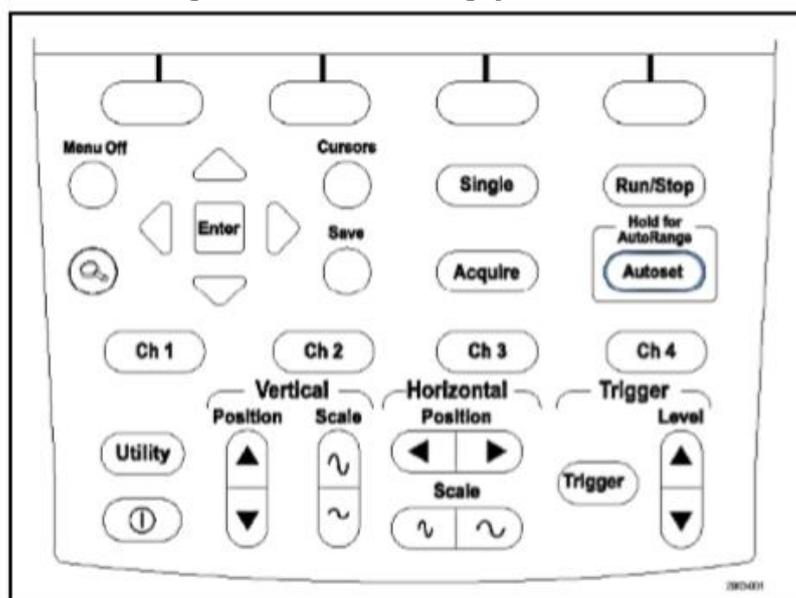


Fonte: (TEKTRONIX, 2017).

Observando a Figura 7, percebe-se que na sua parte inferior situa-se o painel de navegação do *Tektronix THS3024* no que concerne a principal maneira de acessar as ferramentas inseridas nesse aparelho. Segundo Tektronix (2017), o aparelho pode ser devidamente configurado através desse painel de navegação, onde é possível acessar informações tanto na versão do instrumento de forma geral quanto na versão SW.

O aparelho *Tektronix THS3024* é propriamente configurado através de suas teclas que constam no painel de navegação, como mostrado na Figura 8. Tem-se como exemplo a tecla de liga/desliga do aparelho localizada na parte superior esquerda do painel de navegação, obviamente o usuário só poderá configurar o aparelho depois de ligado. Perante isso, Tektronix (2017), afirma que quando o usuário pressiona qualquer tecla do painel de navegação, o menu associado aparecerá na tela frontal exibindo a configuração selecionada.

Figura 8 – Painel de navegação *THS3024*.



Fonte: (TEKTRONIX, 2012).

### 2.3.2. Características específicas

De acordo com Tektronix (2012), utiliza-se das setas para cima, para baixo, para esquerda e para direita com intuito de navegar pelos sub menus do aparelho, além de poder selecionar com a tecla enter.

A Tabela 7 ressalta as devidas configurações do painel de navegação, mostrado anteriormente na Figura 8.

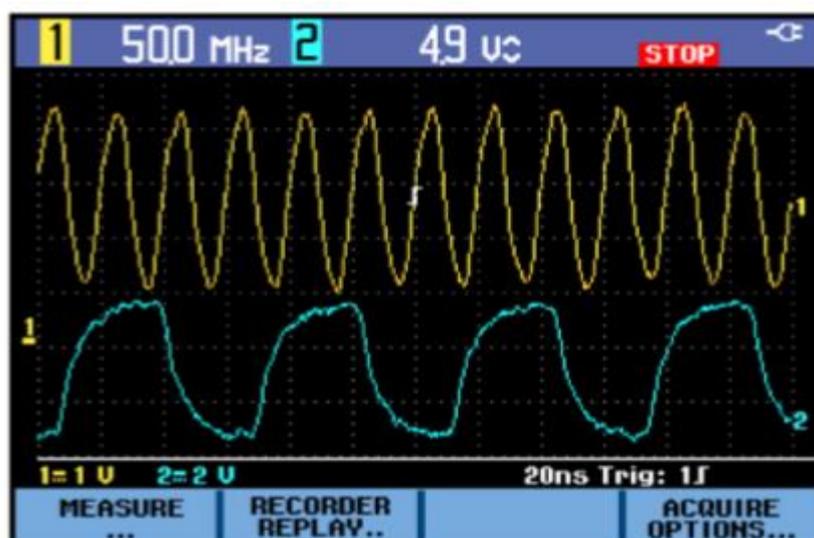
Tabela 7 – Comando do painel de navegação do THS3024.

Nome	Função
Menu off	Esconde o menu
Cursor	Surge na tela duas linhas verticais que possibilita a navegação do cursor fazendo uso das setas direita e esquerda do painel de navegação.
Enter	Seleciona o submenu desejado
Autoset	Ajuda a organizar o sinal na tela.
Position	Desloca o sinal na vertical ou na horizontal.
Scale	Aumenta ou diminui a escala do sinal.
Acquire	Fornecer parâmetro como as medições, características do gravador e modos especiais de aquisição.
Ch1, Ch2, Ch3 e Ch4	Seleciona o canal e permite a realização das devidas configurações.
Save	Permite salvar, remover, renomear e deletar.
Trigger	Permite a configuração de vários parâmetros de disparo.
Utility	Possibilita o acesso as configurações de bateria, idioma, calibração e configurações de tela como o brilho e o contraste.

Fonte: (TEKTRONIX, 2006).

O usuário poderá interagir com o Tektronix THS3024 a partir das imagens mostradas na tela do equipamento, assim, o responsável poderá ler e interpretar as medições colhidas em determinado circuito, além do mais, poderá efetuar mudanças nos valores mostrado na sua tela com suporte do painel de navegação mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Tela do Tektronix THS3024.

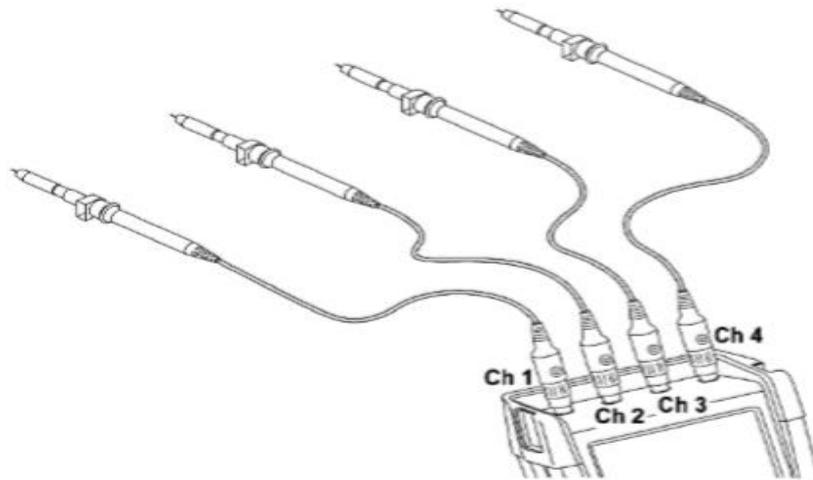


Fonte: (TEKTRONIX, 2012).

Na parte superior esquerda do *Tektronix THS3024* da Figura 9, mostra o número 1 e 2 destacando que estão ativados os canais 1 e 2 medindo respectivamente os níveis de frequência total e tensão total. Na parte inferior da tela pode-se observar os menus que permitem a navegação com uso das teclas do painel de navegação.

Na parte superior do *Tektronix THS3024* estão localizadas as entradas dos canais Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Entrada do sinal no *THS3024*.



Fonte: (TEKTRONIX, 2012).

Após conectar as pontas de prova nos determinados canais, será possível fazer as medições recomendadas. O *THS3024* permite que nos seus canais também possa ser usado pontas de medição de corrente.

## 2.4. WAVEBOOK/516E

### 2.4.1. Visão geral do equipamento

O *WaveBook/516E* é composto por dois segmentos, um responsável pela parte de hardware e outro pela parte de software. O *WaveBook/516E* é titulado como hardware e seu papel é fazer a captura de dados, onde é possível fazer conexões na parte física do equipamento a fim de aumentar o número de canais, esse primeiro equipamento é ligado a um computador responsável pela leitura dos dados. O *WaveView* é a segunda parte desse medidor, ele é ligado a um computador no qual é responsável pela parte de *hardware* que faz a captura dos dados, onde permite que as análises sejam realizadas com sucesso.

#### 2.4.2. Hardware

Measurement Computing (2002), ressalta que o *WaveBook/516E* é um equipamento que coleta valores no intuito de analisar determinadas formas de onda, onde o operador poderá ter acesso a 8 canais podendo expandir em até 72 canais de tensão, acelerômetro, Microfone, *strain gage*, codificador de posição, frequência, alta tensão etc. A Figura 11 mostra o equipamento *WaveBook/516E*.

Figura 11 – *WaveBook/516E*.



Fonte: (MEASUREMENT COMPUTING, 2002).

Tendo como base as informações anteriores, Measurement Computing (2002) afirma que o *WaveBook/516E* pode ser ligado a outros equipamentos possibilitando aumentar o número de canais, porém existe uma restrição que possibilita conectar esse equipamento a somente quatro aparelhos entre si, que levaria o aumento de 72 canais a 288.

Figura 12 – *WaveBook/516E* embutidos.



Fonte: (MEASUREMENT COMPUTING, 2002).

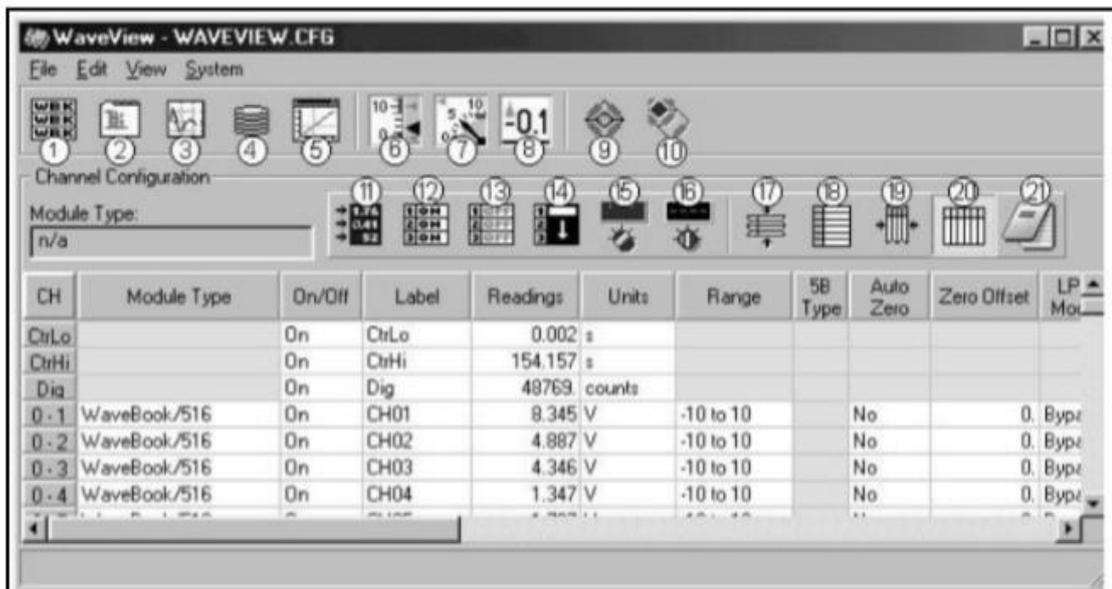
Em relação a parte de software do *WaveBook/516E*, Measurement Computing (2002) fomenta que existe um suporte dos *WaveBooks* que irá atender uma variedade de diferentes softwares e aplicativos, para executar de maneira mais eficiente possível, as formas de onda na tela do computador, fazendo com que seja armazenado no disco do mesmo.

### 2.4.3. Software

Segundo Measurement Computing (2002), o programa *WaveView* é responsável por possibilitar o usuário a adquirir dados para uma análise imediata. Ele mostrará de forma gráfica os valores da medição e será fundamental para o armazenamento dos dados no disco do computador, onde será necessário programar todas as entradas analógicas e digitais bem como adquirir e salvar dados.

A interface do *software WaveView* segue um padrão conforme manual, portanto a Figura 13 mostra a interface de cada configuração desse equipamento. Entretanto, é possível efetuar medidas com vários outros valores de entrada de dados, dando origem à uma vasta gama de resultados. Na Tabela 8 denota cada função das configurações contidas no manual e que estão numeradas na Figura 13.

Figura 13 – Interface do software *WaveView*.



Fonte: (MEASUREMENT COMPUTING, 2002).

Tabela 8 – Principais funções do *WaveView*.

Número	Funções	Propriedades
1	Módulo Configuração	A coluna Configuração do módulo exibe o inventário atual do WaveBooks e opções relevantes do WBK.
2	Aquisição Configuração	Abre a janela de exibição da Configuração de Aquisição para permitir a seleção do Fonte: (Manual do WaveView) Número de varreduras, taxa de varredura e o método de disparo a ser usado para iniciar a digitalização.
3	Janela Escopo	Abre a janela Escopo para exibir formas de onda de aquisição de dados em tempo real.
4	Janela direta	Fornece um meio de escrever dados adquiridos em arquivos de disco
5	Ver dados do arquivo	Inicia um programa independente de visualização de aquisição de dados pós-dados.
6	Gráfico de barras	Usado para exibir um ou mais canais no formato do gráfico de barras.
7	Medidores analógicos	Usado para exibir um ou mais canais no formato de medidor analógico.
8	Medidores digitais	Usado para exibir um ou mais canais no formato do medidor digital.

Fonte: (MEASUREMENT COMPUTING, 2002).

## 2.5. FLUKE 1738 POWER LOGGER

### 2.5.1. Visão geral do equipamento

Segundo Fluke (2015), esse aparelho é responsável por executar inspeções de energia e qualidade de energia. Tem como diferencial uma tela sensível ao toque integrada, suporte à unidade flash USB e facilidade de selecionar suas configurações, consegue fazer download de sessões de medição sem que seja preciso ter um computador no local da medição, conduzindo assim, uma medição de forma prática e eficaz nos serviços elaborados em campo ou em locais de difícil acesso. No tocante de suas principais abordagens de medição o *Logger* consegue mensurar grandezas de medições básicas como: tensão (V), corrente (A), frequência (Hz) e indicação de rotação de fase. Através de 2 canais de corrente contínua (CC), é possível que esse equipamento também faça medidas de temperatura, humidade e velocidade do ar. Concernente a alimentação, o *Logger* realiza medidas de potência ativa (W), potência aparente (VA), potência reativa (VAR) e fator de potência. Suas configurações também possibilitam que sejam

feitas medidas de energia ativa (Wh), energia aparente (VAh), energia reativa (varh), tal qual medições de demanda e componentes harmônicos. Alinhado a tudo isso o equipamento dispõe de um software incluído no pacote chamado *Energy Analyze Plus*, onde possibilita que seja desempenhada uma análise de energia completa sendo capaz de gerar um relatório profissional dos resultados obtidos na medição.

A Figura 14 mostra a vista frontal do *Fluke 1738 Power Logger* exibindo a interface de navegação do usuário, onde é possível identificar o visor da tela sensível ao toque, e teclas de controle, no que se refere ao passaporte de entrada para efetuar suas configurações, bem como configurações básicas e necessárias como a tecla liga/desliga. A Tabela 9 complementa a Figura 14 detalhando cada parte do medidor.

Figura 14 – Visão frontal do *Fluke 1738 Power Logger*.



Fonte: (FLUKE, 2015).

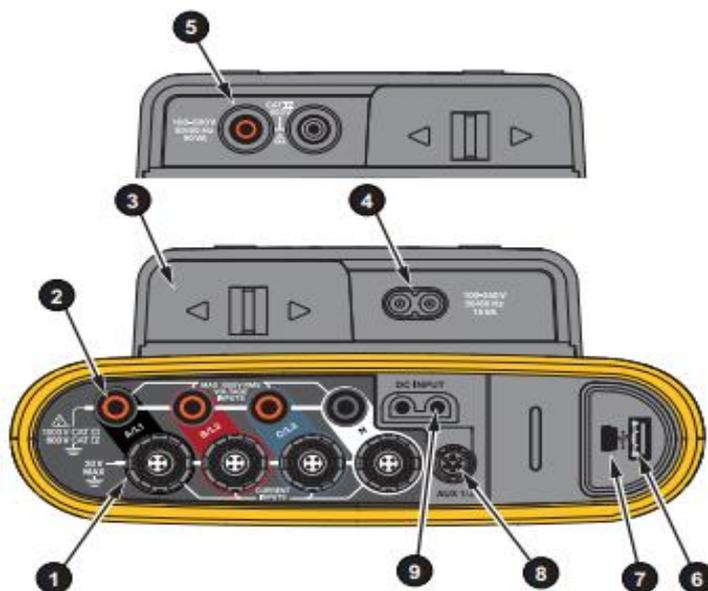
Tabela 9 – Principais funções do *Fluke 1738 Power Logger*.

Item	Descrição
1	Ligar/desligar alimentação e status
2	Seleção de função
3	Seleção de memória/configuração
4	Controle de cursor
5	Controle de seleção
6	Trava Kensington
7	Luz de fundo ligada/desligada
8	Seleção de tela
9	Visor de tela sensível ao toque

Fonte: (FLUKE, 2015).

A Figura 15 exibe o painel de conectores do *Fluke 1738 Power Logger* por uma visão superior, onde mostra diversas entradas para acessórios e conectores. Na Tabela 10 é descrito detalhadamente cada função dessas entradas.

Figura 15 – Visão superior do *Fluke 1738 Power Logger*.



Fonte: (FLUKE, 2015).

Tabela 10 – Funções da parte superior do *Fluke 1738 Power Logger*.

Item	Descrição
1	Entradas de medição de corrente (trifásica + N)
2	Entradas de medição de tensão (trifásica + N)
3	Tampa deslizante do cabo de alimentação/linha de medição
4	Entrada CA do cabo de alimentação 100-240 V 50/60 Hz 15 VA
5	Entrada CA da linha de medição 100-500 V 50/60 Hz 50 VA
6	Conector USB
7	Conector mini USB
8	Conector Aux 1/2
9	Entrada de energia CC

Fonte: (FLUKE, 2015).

É prescindível que o usuário tenha conhecimento dos informativos de alerta que o *Fluke 1738 Power Logger* emiti ao longo de uma medição, portanto a Tabela 11 aborda todas as simbologias que implicarão em um maior conhecimento dos alertas desse equipamento. Partindo desse pressuposto, Fluke (2016) alerta que Indicações de Cuidado identificam as

condições e os procedimentos que são perigosos ao usuário. Indicações de Atenção identificam as condições e os procedimentos que podem causar danos ao produto e ao equipamento testado.

Tabela 11 – Simbologia de alertas do *Fluke 1738 Power Logger*.

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Consulte a documentação do usuário.		Em conformidade com os padrões sul-coreanos relevantes de EMC.
	ATENÇÃO. PERIGO.		Em conformidade com os padrões australianos de EMC.
	ATENÇÃO. TENSÃO PERIGOSA. Risco de choque elétrico.		Certificado pelo Grupo CSA para as normas de segurança norte-americanas.
	Terra		Em conformidade com as diretivas da União Europeia.
	Bateria		Isolação dupla
<b>CAT II</b>	A Categoria da medição II se aplica a circuitos de teste e de medição conectados diretamente a pontos de uso (tomadas e pontos similares) da LINHA DE ALIMENTAÇÃO de baixa tensão do prédio.		
<b>CAT III</b>	A Categoria da medição III se aplica a circuitos de teste e de medição conectados a área de distribuição da instalação de linhas de alimentação de baixa tensão do prédio.		
<b>CAT IV</b>	A Categoria da medição IV se aplica a circuitos de teste e de medição conectados à fonte da instalação de LINHAS DE ALIMENTAÇÃO de baixa tensão do prédio.		
	Este produto contém uma bateria de íon de lítio. A bateria não deve ser descartada com lixo sólido. As baterias gastas devem ser descartadas por uma empresa qualificada de reciclagem ou descarte de materiais e resíduos perigosos, conforme as regulamentações locais. Entre em contato com o Centro de Assistência Autorizado Fluke para obter informações sobre reciclagem.		
	Este Produto está em conformidade com os requisitos de marcação da Diretiva WEEE. A etiqueta afixada informa que não é possível descartar o produto elétrico/eletrônico em lixo doméstico comum. Categoria do Produto: Com relação aos tipos de equipamento no Anexo I da Diretiva WEEE, esse produto é classificado como um produto de "Instrumentação de controle e monitoramento" da categoria 9. Não descarte este produto no lixo comum.		

Fonte: (FLUKE, 2015).

Na tabela 12 é mostrado as especificações elétricas do equipamento, essa tabela tem grande importância pois através dela é possível ter o conhecimento prévio de como usar corretamente o equipamento de medição sem que haja algum tipo de acidente ou erro nos experimentos.

Tabela 12 – Especificações elétricas do *Fluke 1738 Power Logger*.

Fonte de alimentação	
Faixa de tensão	nominal de 100 V a 500 V 550 V máximo 85 V mínimo (usando entrada com plugue de segurança)
Alimentação da rede elétrica	nominal 100 V a 240 V 265 V máximo 85 V mínimo usando entrada IEC 60320 C7
Consumo de energia	Máximo de 50 VA

	(máx. 15 VA quando alimentado com entrada IEC 60320)
Frequência da rede elétrica	50/60 Hz ±15 %
Tempo de operação da bateria	Até 4 horas (até 5,5 horas no modo de economia de energia)
<b>Entradas de tensão</b>	
Número de entradas	4 (3 fases e neutro)
Tensão de entrada máxima	1000 Vrms (1700 Vpk) fase para neutro
impedância de entrada	10 MΩ cada fase para neutro
Largura de banda	42,5 Hz – 3,5 kHz
<b>Entradas de corrente</b>	
Número de entradas	4, modo selecionado automaticamente para sensor conectado
Tensão de saída do sensor de corrente	500 mVrms / 50 mVrms
Bobina Rogowski	150 mVrms / 15 mVrms a 50 Hz, 180 mVrms / 18 mVrms a 60 Hz
Faixa	1 A a 150 A / 10 A à 1500 A com iFlex1500-12 3 A à 300 A / 30 A à 3000 A com iFlex3000-24 6 A à 600 A / 60 A à 6000 A com iFlex6000-36 40 mA à 4 A / 0.4 A à 40 A com pinça 40 A i40s-EL
Largura de banda	42,5 Hz – 3,5 kHz

Fonte: (FLUKE, 2015).

Nas especificações gerais do *Fluke 1738 Power Logger* é onde encontram-se informações das características físicas do equipamento, bem como dimensões físicas, peso e dados do visor, os detalhes são mostrados na Tabela 13

Tabela 13 – Especificações gerais do *Fluke 1738 Power Logger*.

<b>Especificações gerais do equipamento</b>	
Visor LCD em cores	TFT com matriz ativa de cores de 4,3 polegadas, 480 pixels x 272 pixels, painel de toque resistivo
Potência e carga	Indicador de LED
Ciclo de calibração	2 anos
<b>Dimensões</b>	
Modelo 1738	7,8 pol. x 6,6 pol. x 2,2 pol.
Fonte de alimentação	5,1 pol. x 5,1 pol. x 1,8 pol.
Modelo 1738 com fonte de alimentação conectada	7,8 pol. x 6,6 pol. x 4 pol.
Peso	2,5 lb
Fonte de alimentação	0,9 lb

Fonte: (FLUKE, 2015).

É preciso deixar claro as condições ambientais em que o medidor deve ser utilizado, por isso a Tabela 14 detalha as informações e os cuidados que o operador deve tomar quanto ao uso adequado do *Logger*.

Tabela 14 – Especificações ambientais para o uso do *Fluke 1738 Power Logger*.

<b>Especificações ambientais</b>	
Temperatura de funcionamento	-10 °C a +50 °C
Temperatura de armazenamento	-20 °C a +60 °C (-4 °F a +140 °F), com bateria: -20 °C a +50 °C
Umidade de operação	<10°C (<50 °F) sem condensação 10 °C a 30 °C (50 °F a 86 °F) ≤95 % 30 °C a 40 °C (86 °F a 104 °F) ≤75 % 40 °C a 50 °C (104 °F a 122 °F) ≤45 %

Altitude de funcionamento	2000 m (até 4000 m de redução a 1000 V CAT II/600 V CAT III/300 V CAT IV)
Altitude de armazenamento	12 000 m

Fonte: (FLUKE, 2015).

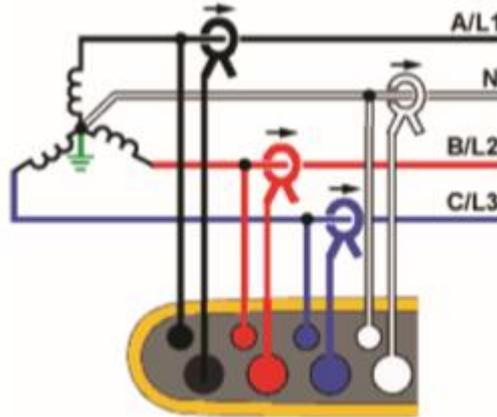
### 2.5.2. Medição

Sobre o uso do *Logger*, Fluke (2015) discorre que antes de iniciar uma medição é necessário seguir alguns critérios para que tudo ocorra na maior normalidade possível sem prejudicar nenhuma medição, tal qual examinar informações no painel e nas placas de classificação das máquinas que serão mensuradas, ter o conhecimento do fornecimento de energia elétrica na instalação local, antes de energizar o equipamento, saber se ele será conectado na rede elétrica ou por intermédio de uma linha de medição, entre outras. O *Fluke 1738 Power Logger* possui uma configuração que permite ser medido valores de tensão (VRMS), corrente (ARMS), frequência (Hz), forma de onda de tensão e corrente, THD % e harmônicos da tensão (%VRMS), THD % e harmônicos da corrente (%ARMS) e entrada auxiliar. É concebível também que seja estimado valores gráficos de tendências nos últimos sete minutos, permite-se fazer essa configuração na função tendência real. Nas configurações de escopo, o profissional responsável pela medição consegue distinguir e identificar pela tela do aparelho valores de pico máximo em canais atuais, realizar mudança de guia do sensor e da faixa de corrente, identificar a sequência de fases de tensão e corrente, inspecionar visualmente a comutação de fase entre a tensão e a corrente e compreender a sequência de harmônicos altos no sinal.

A Figura 16 ressalta como devem ser feitas as conexões dos cabos de medição de corrente e tensão de um circuito trifásico na configuração estrela. Essa conexão implica envolver o condutor elétrico com a sonda  $I_{\text{FLEX}}$ . Sabe-se que na sonda existe uma seta e ela deverá estar apontando no sentido da carga. A sonda então terá uma de suas extremidades ligada em uma das fases do circuito nomeada de A/L1 e a outra extremidade será conectada na entrada de medição de corrente do equipamento, também nomeada de A/L1 para melhor auxiliar o operador do equipamento. Tendo em conta que a entrada A/L1 é composta por uma entrada de medição de corrente e outra de tensão. Esse processo se repete para B/L2, C/L3 e N.

Consequentemente ligadas ao restante das fases do circuito e no neutro, como mais bem exemplificado na Figura 16.

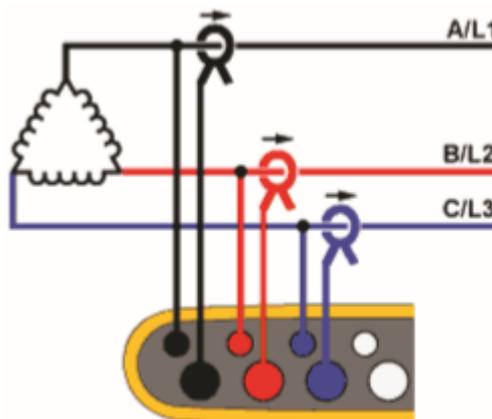
Figura 16 – Conexão do *Fluke 1738 Power Logger* em um circuito trifásico em Y.



Fonte: (FLUKE, 2015).

O próximo circuito tem a configuração trifásico em delta, normalmente encontrada em circuito de motores trifásicos, como visto na Figura 17. No entanto essa configuração faz uso dos mesmos parâmetros de ligação mostradas no exemplo anterior.

Figura 17 – Conexão do *Fluke 1738 Power Logger* em um circuito trifásico em delta.

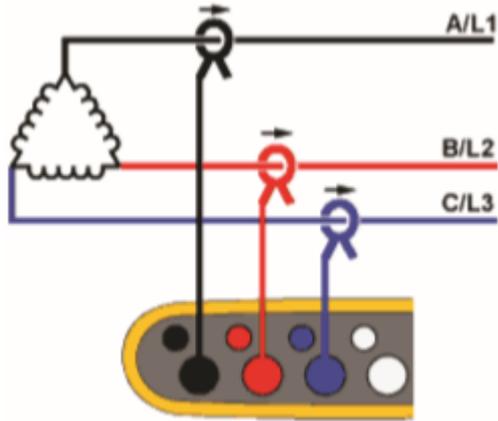


Fonte: (FLUKE, 2015).

É tolerável também fazer a medição de apenas uma grandeza elétrica do circuito, seja ela medidas de tensão ou corrente e para isto, basta retirar uma das entradas de medição. Na Figura 18 foi retirada a entrada de medição de tensão e feito a coleta dos dados apenas da

corrente do circuito na configuração trifásica em delta. Observe que a seta da sonda aponta no sentido da carga como recomendado no manual do equipamento.

Figura 18 – Conexão do *Fluke 1738 Power Logger* em um circuito trifásico em delta.



Fonte: (FLUKE, 2015).

### 3. MOTORES ESTUDADOS

#### 3.1. MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO WEG NEMA 56

##### 3.1.1. *Visão geral do equipamento*

Sendo um dos inventos mais notórios do homem nas últimas décadas, o motor de indução tem papel essencial na indústria e no cotidiano do homem moderno. É um equipamento que tem uma grande procura e é provido de inúmeras qualidades tal qual, apresenta um custo reduzido, é versátil, não poluente entre outras características. É indispensável o conhecimento prévio de sua construção e seleção, isso proporcionará e garantirá que o motor de indução tenha um melhor desempenho (WEG, 2002).

O motor de indução monofásico modelo *Nema 56* da WEG é projetado para operar como: compressores, bombas, ventiladores, trituradores e equipamentos em geral que necessitam de um uso contínuo dessa máquina. Ele é composto por ventilação interna, mancais com enrolamentos de esferas e é capaz de produzir altos torques (WEG 2002). As especificações elétricas e mecânicas desse aparelho estarão mais bem discriminadas nas Tabelas 15 e 16 respectivamente. A Figura 19 mostra o motor de indução monofásico *WEG Nema 56*.

Figura 19 – Motor de indução monofásico *WEG Nema 56*.



Fonte: (WEG, 2002).

Tabela 15 – Especificações elétricas do Motor de monofásico WEG Nema 56.

<b>Características elétricas</b>			
Potência		3/4 CV 0,55 KW	
RPM		1750	
Número de polos		4	
Corrente nominal em 220V (A)		6,30	
Corrente com rotor bloqueado I p / In		5,30	
Conjugado nominal Cn (kgfm)		0,31	
Conjugado com rotor bloqueado Cp/Cn		3,3	
Conjugado máximo Cmáx./Cn		2,8	
Rendimento $\eta$ %	% da potência nominal	50	53,0
		75	61,0
		100	64,5
Fator de potência Cos $\phi$	% da potência nominal	50	0,46
		75	0,56
		100	0,62
Fator de serviço F S		1,25	
Momento de inércia J (kgm <sup>2</sup> )		0,0046	
Tempo com rotor bloqueado (s) a quente		6	
Nível médio de pressão sonora dB (A)		48	

Fonte: (WEG, 2002).

Tabela 16 – Características mecânicas em milímetros do WEG Nema 56 monofásico.

<b>CARACTERÍSTICAS MECANICAS</b>		
<b>CARCAÇA</b>	D56	
<b>MASSA</b>	14,0 (Kg)	
<b>A</b>	123,8	
<b>AB</b>	166	
<b>AC</b>	166	
<b>B</b>	76,2	
<b>BB</b>	102	
<b>C</b>	69,8	
<b>PONTA DO EIXO FIXO</b>	<b>D</b>	19,05
	<b>E</b>	57,1
	<b>ES</b>	36
	<b>F</b>	4,76
	<b>G</b>	16,3
	<b>GD</b>	4,76
<b>H</b>	88,9	
<b>HC</b>	172	
<b>HD</b>	220	
<b>TA</b>	61,9	
<b>L</b>	321	
<b>ROLAMENTO</b>	<b>DIANTEIRO</b>	6204-ZZ
	<b>TRASEIRO</b>	6203-ZZ

Fonte: (WEG, 2002).

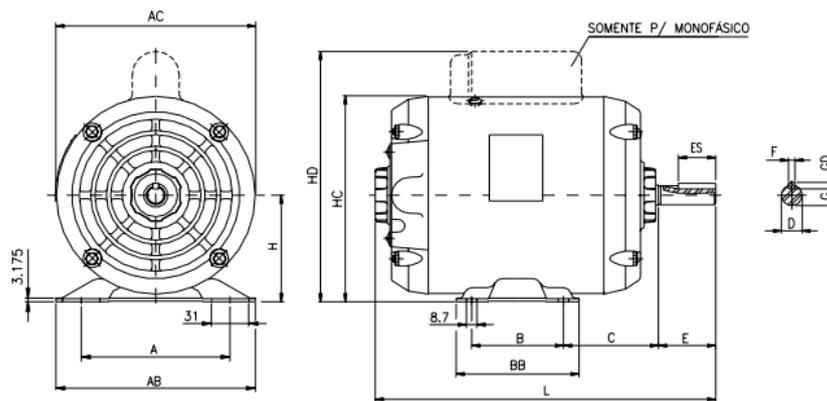
A Figura 20 mostra como é feita a ligação das bobinas no Motor de indução monofásico WEG Nema 56. Observa-se a indicação de poder inverter a rotação do eixo do motor trocando as conexões de T5 e T8 e as configurações de se obter uma menor tensão e uma maior tensão. A Figura 21 mostra as características mecânicas do WEG Nema 56 monofásico.

Figura 20 – Características de ligação do WEG Nema 56 monofásico.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 21 – Características mecânicas do WEG Nema 56 monofásico.



Fonte: (WEG, 2002).

### 3.2. MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO WEG COM CAPACITOR PERMANENTE

#### 3.2.1. Visão geral do equipamento

O motor de indução com capacitor permanente é o que tem maior confiabilidade dentre os motores monofásicos, principalmente por não fazer uso de uma chave centrífuga, onde é possível ajustar sua velocidade facilmente, mudando o valor do capacitor (ILTEC, 2015).

Esse equipamento é usado normalmente como triturador de alimentos, esteiras, picadores de alimentos entre outros (WEG, 2002). A Figura 22 mostra o motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente e a Tabela 17 mostra as especificações elétricas do Motor monofásico WEG com capacitor permanente.

Figura 22 – Motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente.



Fonte: (WEG, 2002).

Tabela 17 – Especificações elétricas do Motor monofásico WEG com capacitor permanente.

<b>Características elétricas</b>		
Potência	3/4 CV 0,55 KW	
RPM	1710	
Número de polos	4	
Corrente nominal em 220V (A)	10	
Corrente com rotor bloqueado I p / In	3,9	
Conjugado nominal Cn (kgfm)	0,32	
Conjugado com rotor bloqueado Cp/Cn	0,4	
Conjugado máximo C <sub>máx.</sub> / Cn	1,8	
Rendimento $\eta$ %	50	48
	75	55
	100	60
Fator de potência Cos $\phi$	% da potência nominal	
	50	0,75
	75	0,83
	100	0,85

Fator de serviço F S	1,15
Momento de inércia J (kgm <sup>2</sup> )	0,00024
Tempo com rotor bloqueado (s) a quente	6
Nível médio de pressão sonora dB (A)	60

Fonte: (WEG, 2002).

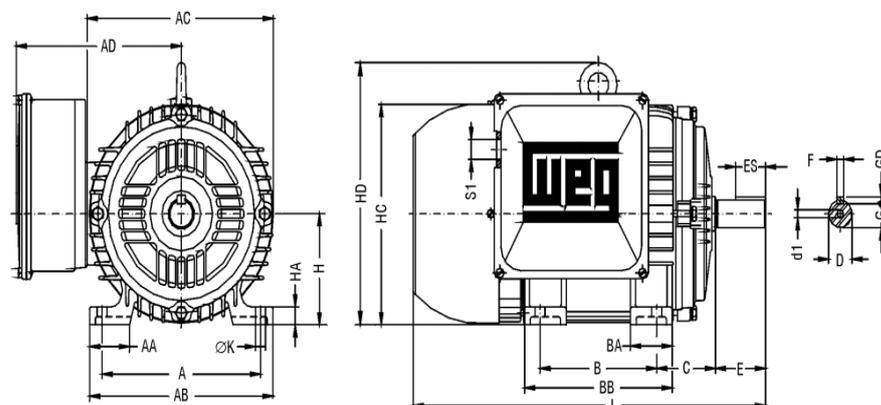
Na Figura 23 é possível analisar as ligações do Motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente. A ilustração mostra como obter uma inversão de rotação trocando as conexões dos terminais T5 e T8. A Figura 24 mostra as características mecânicas do *WEG com capacitor permanente*.

Figura 23 – Características de ligação do Motor WEG com capacitor permanente.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 24 – Características mecânicas do WEG com capacitor permanente.



Fonte: (WEG, 2002).

A Tabela 18 especifica características mecânicas com medidas em milímetros, mostrando também o modelo de carcaça usado no motor e suas dimensões.

Tabela 18 – Características mecânicas em milímetros do Motor de indução monofásico WEG com capacitor permanente.

<b>CARACTERÍSTICAS MECANICAS</b>		
<b>CARCAÇA</b>	80	
<b>MASSA</b>	15,0 (Kg)	
<b>A</b>	125	
<b>AA</b>	35	
<b>AB</b>	149	
<b>AC</b>	159	
<b>AD</b>	135	
<b>B</b>	100	
<b>BA</b>	40	
<b>BB</b>	125,5	
<b>C</b>	50	
<b>PONTA DO EIXO FIXO</b>	<b>D</b>	19j6
	<b>E</b>	40
	<b>ES</b>	28
	<b>F</b>	6
	<b>G</b>	15,5
	<b>GD</b>	6
<b>H</b>	80	
<b>HA</b>	13	
<b>HC</b>	157	
<b>K</b>	10	
<b>S1</b>	RWG1/2" 325	
<b>D1</b>	A3.15	
<b>ROLAMENTO</b>	<b>DIANTEIRO</b>	6203-ZZ
	<b>TRASEIRO</b>	6202-ZZ

Fonte: (WEG, 2002).

### 3.3. MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO BOBINADO MOTRON M610

#### 3.3.1. Visão geral do equipamento

O Motor de indução trifásico *Motron* modelo *M610* com rotor bobinado é uma máquina assíncrona que trabalha nas tensões de 220/380/440/760VCA. Representado na Figura 25, possui um acoplamento elástico e flexível Eflex, opera em uma frequência de 60 Hz. Sua caixa de ligação permite que seja conectado em um borne tipo joto 4 milímetros e conta com um sistema de ventilação interna.

Figura 25 – Motor de indução trifásico *Motron* modelo *M610*.



Fonte:(MOTRON, 2012).

Na Tabela 19 encontra-se característica elétricas quanto a potência de operação desse equipamento, valores de rotação com e sem carga e demais grandezas referentes a energia elétrica.

Tabela 19 – Especificações elétricas do Motor de indução trifásico *Motron M610*.

Características elétricas	
Potência (entrega)	1,0 CV
Potência (consumo)	1,3 CV
RPM sem carga	1800
RPM com carga	1660
Número de polos	4
Tensões	220/380/440/760 VCA
Corrente	3,5/2,1/1,8 A



A Tabela 20 ilustra as características mecânicas em milímetros do Motor de indução trifásico da marca *Motron* modelo *M610*. São mostrados valores de massa do equipamento, o tipo carcaça utilizado e também as dimensões desse aparelho.

Tabela 20 – Características mecânicas em milímetros do Motor de indução trifásico Motron M610.

<b>CARACTERÍSTICAS MECANICAS</b>	
CARCAÇA	100
MASSA	13,5 (Kg)
A	264
B	236
C	118
D	15,5

Fonte: (MOTRON, 2012).

### 3.4. MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO WEG DAHLANDER

#### 3.4.1. *Visão geral do equipamento*

O Motor de indução trifásico *Dahlander* da WEG tem como características atuar em duas velocidades. Possui 8/4 polos, podendo ser usado em talhas, elevadores, correias transportadoras, máquinas entre outras aplicações que requer uma máquina assíncrona com duas velocidades, é constituído de uma carcaça de ferro fundido, flexibilidade de maneira construtiva, pés maciços e inteiriços, níveis de ruídos e temperaturas minimizados e de fácil manutenção. A Figura 28 mostra o motor de indução trifásico *Dahlander* WEG duas velocidades.

Figura 28 – Motor de indução trifásico *Dahlander* WEG duas velocidades.



Fonte: (WEG, 2002).

Na tabela 21 encontra-se as especificações elétricas do motor de indução trifásico de duas velocidades. Tais valores são de mera notoriedade pois a partir do conhecimento desses valores, o operador pode traçar um diretório para executar medições nesse aparelho através de seu funcionamento.

Tabela 21 – Especificações elétricas do Motor de indução trifásico *Dahlander WEG* duas velocidades.

Características elétricas			
Potência	0,60/0,80 CV 0,37/0,80 KW		
RPM	1710/3430		
Número de polos	8/4		
Corrente nominal em 220V (A)	1,9		
Corrente com rotor bloqueado $I_p / I_n$	6,5		
Conjugado nominal $C_n$ (kgfm)	0,16		
Conjugado com rotor bloqueado $C_p/C_n$	2,2		
Conjugado máximo $C_{máx.} / C_n$	2,9		
Rendimento $\eta$ %	% da potência nominal	50	46
		75	54
		100	59
Fator de potência $\cos \phi$		50	0,59
		75	0,68
		100	0,74
Fator de serviço F S	1,0		
Momento de inércia J (kgm <sup>2</sup> )	0,0027		
Tempo com rotor bloqueado (s) a quente	9,2		

Fonte: (WEG, 2002).

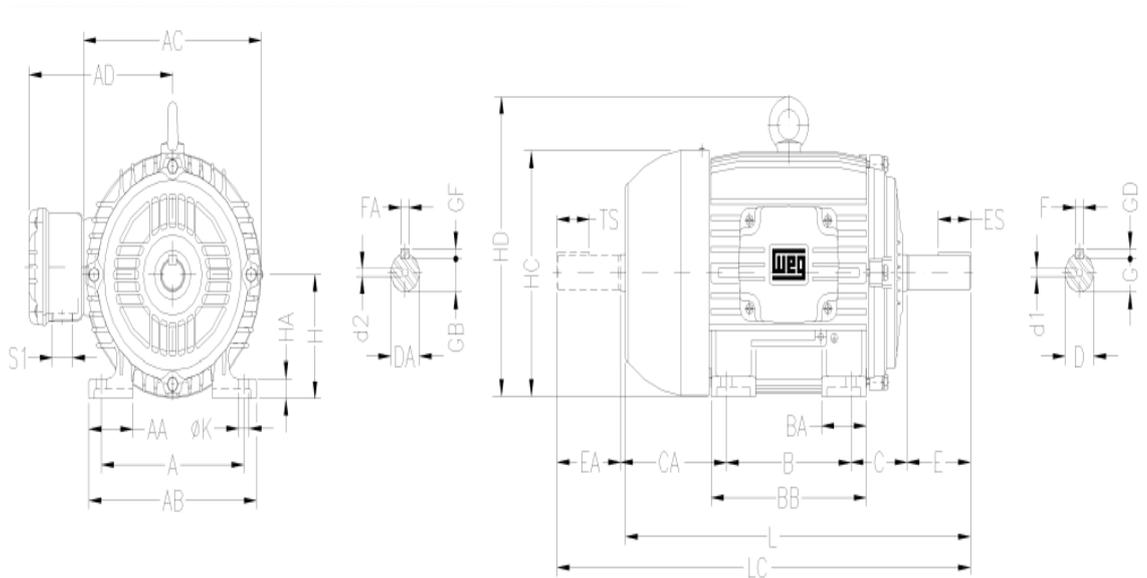
A Figura 29 mostra o esquema de ligação do Motor de indução trifásico *Dahlander WEG* duas velocidades. Nele é possível analisar os tipos de ligação que permite que a máquina desempenhe uma alta rotação 3430 RPM e uma baixa rotação 1710 RPM.

Figura 29 – Características de ligação do Motor de indução trifásico *Dahlander* duas velocidades.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 30 – Características mecânicas do Motor de trifásico *Dahlander* duas velocidades.



Fonte: (WEG, 2002).

A Tabela 22 especifica características mecânicas em milímetros do motor de indução de duas velocidades, nela é possível verificar o modelo da carcaça desse equipamento bem como sua massa e demais medidas.

Tabela 22 – Características mecânicas em milímetros do Motor de indução trifásico  
*Dahlander WEG* duas velocidades.

<b>CARACTERÍSTICAS MECANICAS</b>		
CARCAÇA	80	
MASSA	15 (Kg)	
A	125	
AA	35	
AB	149	
AC	159	
AD	130	
B	100	
BA	40	
BB	125,5	
C	50	
CA	93	
PONTA DO EIXO DIANTEIRA	D	19j6
	E	40
	ES	28
	F	6
	G	15,5
	GD	6
PONTA DO EIXO TRASEIRA	DA	14j6
	EA	30
	TS	18
	FA	5
	GB	13
	GF	5
H	90	
HA	15	
HC	177	
K	10	
L	276	

LC	313	
S1	RWG 1/2"	
d1	A3.15	
d2		
ROLAMENTO	DIANTEIRO	6204-ZZ
	TRASEIRO	6203-ZZ

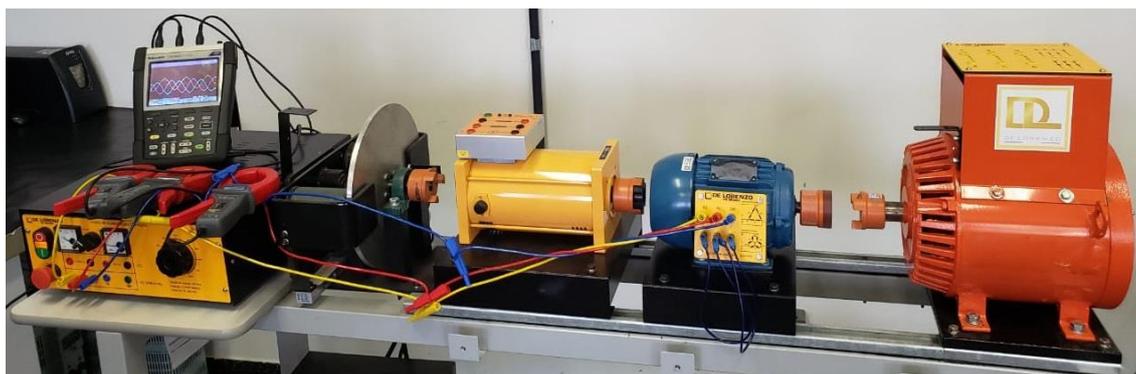
Fonte: (WEG, 2002).

## 4. USO PRÁTICO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÕES

### 4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dentre os quatro novos motores adquiridos pelo laboratório de máquinas da UFT, foi escolhido para a coleta dos dados o Motor de indução trifásico *Dahlander WEG* duas velocidades para mostrar as funcionalidades dos equipamentos de medição apresentados no capítulo 2. As medidas constituem de testes realizados a vazio, como mostrado na Figura 31a, e com uma pequena carga através de um gerador de corrente contínua como mostrado na Figura 31b. Os medidores utilizados foram: Fluke 345, Tektronix THS3024, WaveBook/516E e Fluke 1738 Power Logger.

Figura 31a – Configuração para o motor operando a vazio.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 31b – Configuração para o motor operando com carga.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

O Motor de indução trifásico *Dahlander WEG* foi configurado para operar no seu modo de maior rotação ligado em Y e conectado a uma fonte de alimentação, logo sua potência pode chegar a 0,80 CV.

As principais características contidas na placa do motor de indução são descritas na sua placa, essas informações são de suma importância pois através delas pode-se efetuar uma medição com maior segurança quanto as grandezas do equipamento. Os dados mais relevantes são mostrados na Tabela 23.

Tabela 23 – Dados de placa do motor WEG usado.

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Frequência	60 Hz
Tensão	220 V
Potência	0,60/0,80 CV 0,37/0,80 KW
FS	1,0

Fonte: (DADOS DA WEG).

#### 4.2. FLUKE 345

Antes de fazer as conexões é importante que o operador esteja acompanhado de um técnico responsável pelo laboratório de máquinas, para que todas as ligações sejam cheçadas antes de energizar o circuito do motor. Na garra de corrente do Fluke 345, na sua parte superior do equipamento, há um alicate amperímetro onde faz a leitura de corrente envolvendo uma das fases do motor, esse alicate tem em seu corpo uma seta que indica que sentido a fase deverá ser envolvida, como mostrado na Figura 32.

Figura 32– Fluke 345 envolvendo uma das fases no sentido da seta.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Com todas as revisões averiguadas o circuito do motor foi ligado e com o auxílio do Fluke 345 foram obtidos os valores de tensão, corrente, potência ativa (W), potência reativa (Var), potência aparente (VA) e fator de potência, como mostrado no comparativo das medidas feitas com o motor operando a vazio Figura 30(a) e com a carga do gerador Figura 33(b).

Figura 33 – Valores obtidos para o motor operando (a) a vazio (b) com carga.

Potência 1 fase			Potência 1 fase		
01-01-2000, 00:02			01-01-2000, 00:02		
59.9 Hz			59.9 Hz		
W	VA	VAR	W	VA	VAR
214	224	66	36	42	21
V rms	A rms	PF	V rms	A rms	PF
64.7	3.46	0.955	92.3	0.45	0.857

(a)

(b)

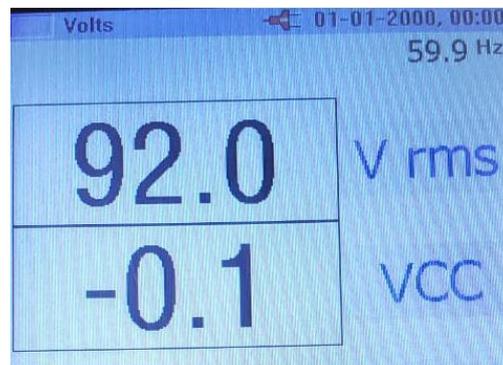
Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

#### 4.2.1. Tutorial do Fluke 345

O Fluke 345 dispõe de alguns acessórios como a fonte de alimentação de entrada DC mostrado na Figura 2 e terminal de entrada de ponteiros de medição que podem fazer medidas em até 600 (VRMS), conforme expresso na Tabela 1. Para realizar as medições de tensão as pontas de prova deverão estar conectadas a duas fases do circuito, como é ilustrado na Figura 3. Para medidas de corrente o alicate amperímetro deve envolver uma das fases atentando-se a seta no alicate que indica o sentido da corrente, conforme mostrado na Figura 4. Pelo aparelho é possível selecionar o tipo de medida desejado com uso do seletor de funções, rotacionando no sentido horário e obtendo valores como: Tensão V rms, corrente A rms, formas de onda de tensão e corrente, harmônicos e taxa de distorção harmônica, potências ativa, reativa e aparente em uma fase, e em três fases.

- Medição de Tensão: conectar as ponteiros em duas fases e utilizar o seletor de funções na opção (V), no visor do aparelho será mostrado a tensão V rms e o VCC, como mostrado na Figura 34.

Figura 34 – Visor do Fluke 345 medindo tensão.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

- Medição de Corrente: envolver uma das fases do circuito com o alicate amperímetro, levando em consideração o sentido da corrente envolvendo a fase na posição indicada pela seta do aparelho e posicionar o seletor de funções na opção de medir corrente (A). Na tela do Fluke 345 aparecerá os valores de corrente A rms e ACC como mostra na Figura 35.

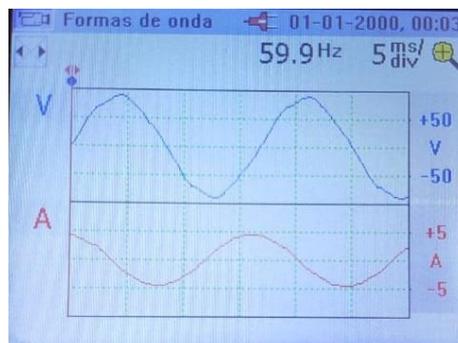
Figura 35– Visor do Fluke 345 medindo corrente.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

- Medição de Forma de Onda: para medir forma de onda de tensão e corrente deve-se conectar as ponteiros em duas fases do circuito e envolver uma das fases com o alicate amperímetro, assim poderá visualizar as respectivas formas de onda de tensão e corrente, posicionando o seletor de funções na terceira opção de medida sinalizado com uma senoide. Nessa opção é possível visualizar a frequência de operação do sistema e também posicionar um marcador na posição desejável da onda, usando as teclas do cursor do Fluke movendo para esquerda e direita, como mostra na Figura 36.

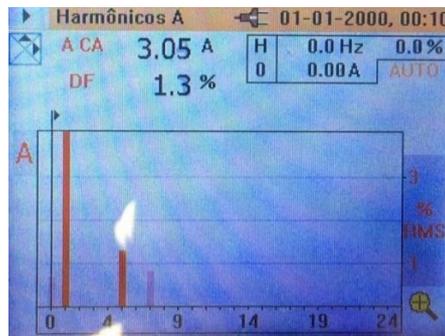
Figura 36– Visor do Fluke 345 medindo formas de onda de tensão e corrente.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

- Medição de Harmônicos: com as ponteiros conectadas em duas fases e o alicate amperímetro envolvendo a fase em questão, selecionar a quarta opção de medida sinalizado no corpo do aparelho com um gráfico de barras, então na tela do aparelho será mostrado valores de harmônicos de tensão (VCA) e corrente (ACA) e taxa de distorção harmônica (% DF). Com o auxílio das teclas do cursor (direita, esquerda, horizontal, vertical) é possível visualizar o gráfico de harmônicos ilustrado na Figura 37.

Figura 37 – Visor do Fluke 345 medindo harmônicos.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

- Potência em 1 fase: utilizando a Figura 3 como referência é possível obter os valores de potência em uma fase, basta selecionar essa função no aparelho através do seletor de funções, na tela do aparelho aparecerá os valores de: potência ativa, reativa e aparente, tensão, corrente e fator de potência, como mostrado na Figura 38.

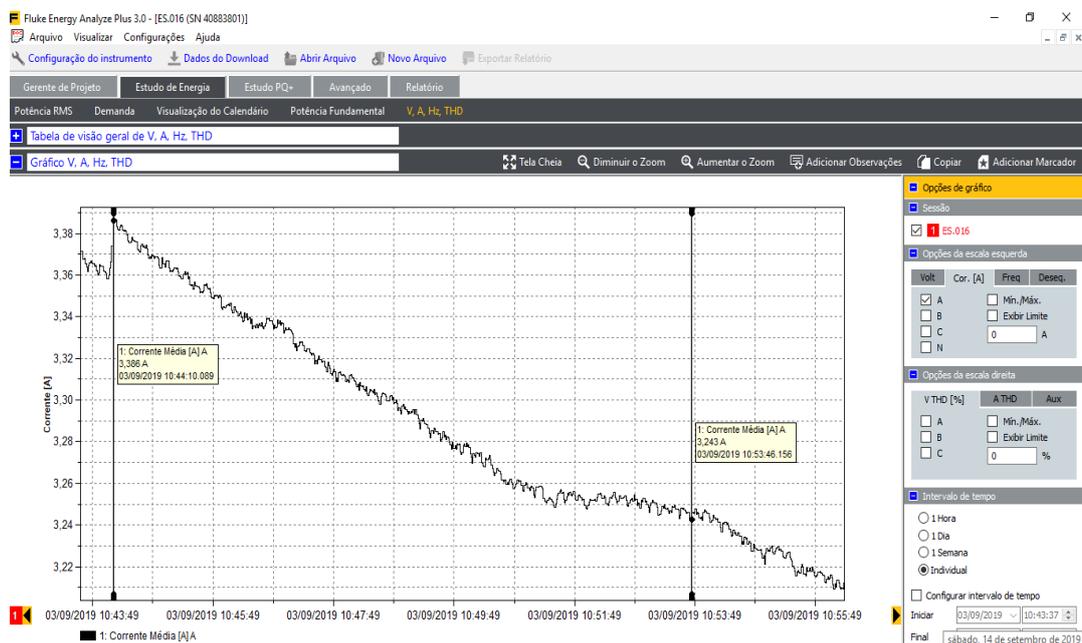
Figura 38 – Visor do Fluke 345 medindo potências em uma fase.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).



Figura 40 – Dados de corrente da fase A em forma de gráfico.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Nessa tela é possível analisar todos os dados mensurados no experimento, na parte superior e na lateral direita ficam as abas dos tipos de medições que serão detalhados abaixo:

- Gerente de projeto: nessa aba o usuário pode nomear a medição e configurar alguns dados como o tempo de duração de cada experimento, a descrição, os tipos de acessórios utilizados, entre outros.
- Estudo de energia: é a aba que estarão todos os dados de tensão, corrente, frequência e taxa de distorção harmônica.
- Estudo de PQ+: essa aba é onde serão guardadas as possíveis quedas, interrupções, níveis de tensão do sistema, duração, parada, surto, entre outros. Essas medidas são expressas graficamente, no tempo programado de cada medição.
- Relatório: nessa aba é possível gerar um relatório automático das medições executadas em tempo programado.
- Potência RMS: configura os dados de potências ativa (W), reativa (Var), e aparente (VA) bem como níveis de fator de potência.
- Demanda: visualiza a demanda em Watt por hora, durante o intervalo do experimento, podendo escolher qualquer uma das fases ou o somatório do total demandado.

Os dados da medição também podem ser acessados de forma numérica ao invés de gráficos, basta selecionar a configuração mostrada na Figura 41, onde pode ter acesso aos valores aproximado.

Figura 41 – Dados da medição mostrado em forma de tabela.

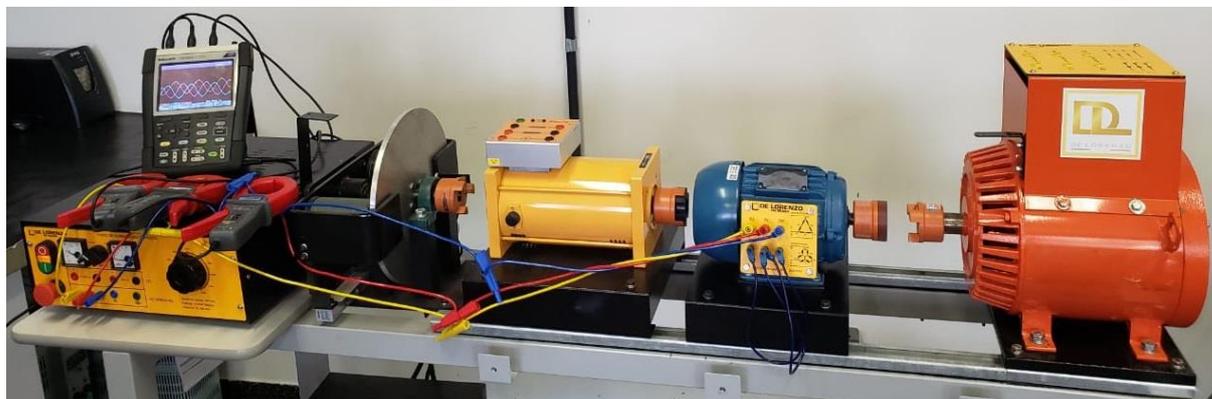
	A	B	C	Total
<b>Potência Ativa [W]</b>				
Máx.	19.36 W	18.17 W	12.64 W	50.17 W
Média	15.61 W	14.54 W	9.65 W	39.80 W
Min.	14.98 W	13.73 W	9.14 W	37.95 W
<b>Potência Aparente [VA]</b>				
Máx.	31.79 VA	27.07 VA	26.19 VA	84.67 VA
Média	29.18 VA	24.80 VA	24.58 VA	78.18 VA
Min.	28.36 VA	24.12 VA	24.08 VA	76.28 VA
<b>Potência não ativa [var]</b>				
Máx.	25.39 var	20.66 var	23.02 var	68.78 var
Média	24.65 var	20.10 var	22.61 var	67.29 var
Min.	23.90 var	19.64 var	22.20 var	65.84 var
<b>Fator de Potência [1]</b>				
Máx.				
Média				
Min.				

Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

#### 4.4. TEKTRONIX THS3024

Para realizar medições relacionada a energia elétrica utilizando o Tektronix THS3024 é necessário conectar o equipamento como ilustrado na Figura 42, de forma que os três canais no superior da tela envolvem as três fases do circuito através do alicate amperímetro.

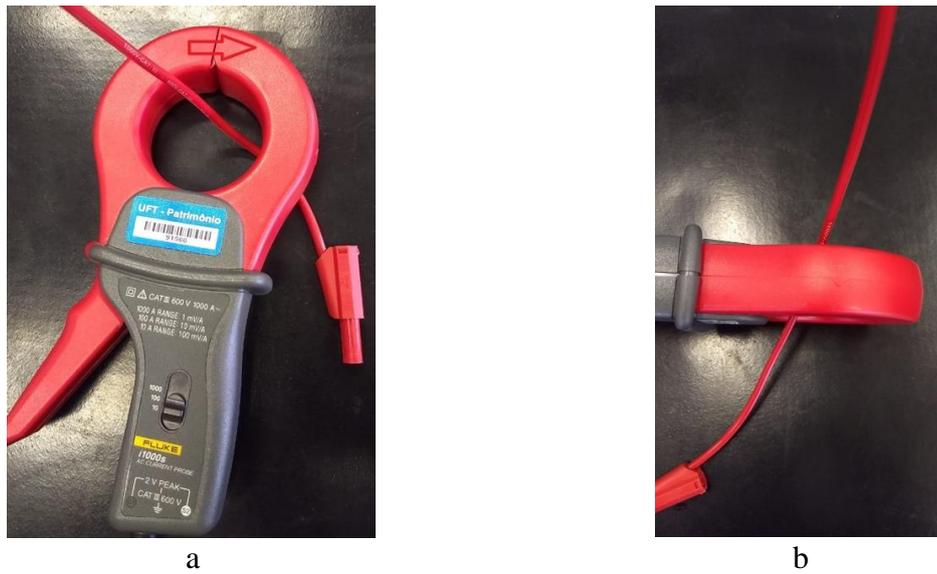
Figura 42 – Conexão do Tektronix THS3024 no motor WEG.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

A Figura 43a mostra como a fase deve ser envolvida pelo alicate amperímetro. Existe um cuidado que deve ser observado que é o sentido da seta do alicate. Ela indica o sentido da corrente, que neste caso é da fonte para carga. A Figura 43b mostra como será no corpo do alicate.

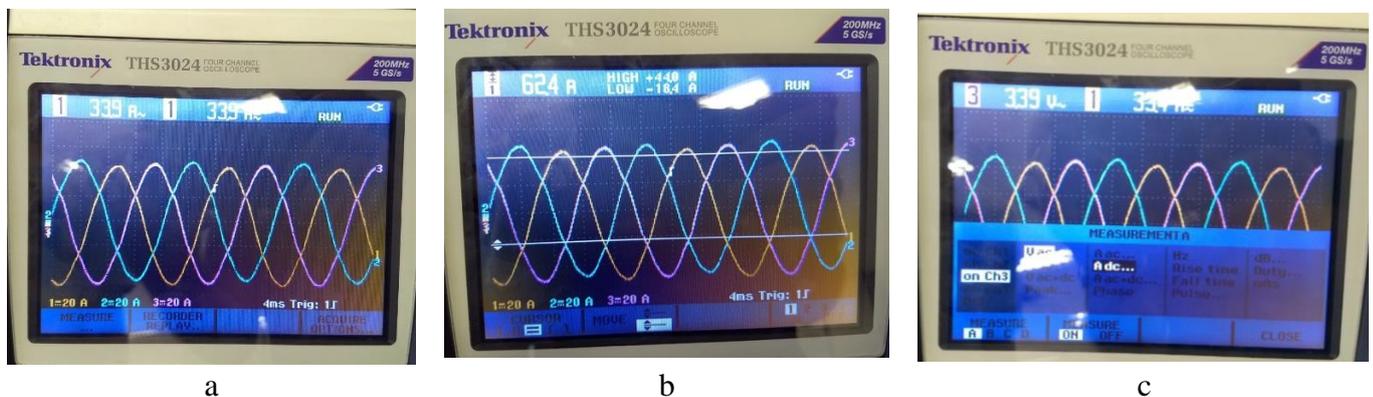
Figura 43 – Alicate amperímetro envolvendo uma fase.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Após realizada as medidas, o equipamento mostrará em sua tela as formas de onda (tensão e/ou corrente). A Figura 44a mostra a forma de onda da tela medindo corrente. A Figura 44b mostra o posicionando o cursor para observar os intervalos e valores de corrente nas fases habilitadas. Observe que a fase 1 que está habilitada nesse momento (fase 1 cor amarela). Por fim, na Figura 44c, mostra como se configura os canais para se fazer medidas de tenção AC ou DC e corrente AC e DC. Nesta figura, por exemplo, está configurando-se o canal 3.

Figura 44 – Formas de onda na tela do Tektronix THS3024.

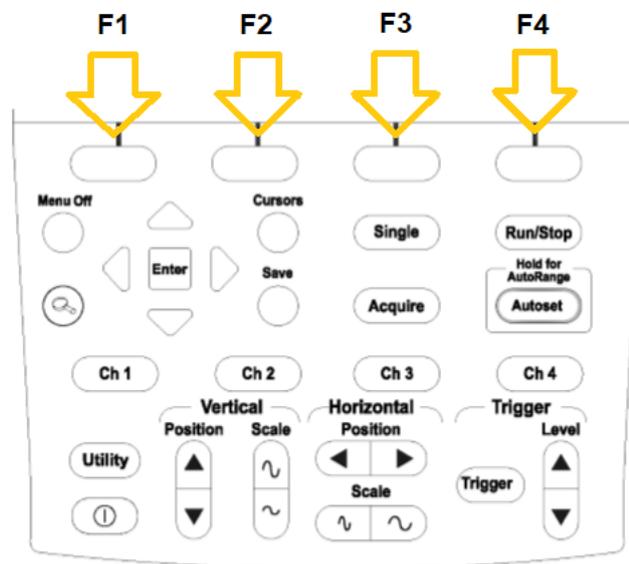


Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

#### 4.4.1. Tutorial para salvar arquivo no USB

O Tektronix THS3024 possui uma porta entrada USB com a opção de salvar um arquivo e transferir para um computador, ao efetuar uma medição deve se salvar o arquivo na memória interna do osciloscópio e depois copiar para um pendrive, a Figura 45 mostram as teclas de navegação editada com a função F1, F2, F3 e F4.

Figura 45 – Painel de navegação do Tektronix THS3024.



Fonte: (TEKTRONIX, 2012).

Ao ligar o equipamento aparecerá uma tela inicial, nesse caso as ponteiros estão desconectadas logo a forma de onda é dada pela Figura 46 que mostra o equipamento como um todo e com um pendrive conectado, ilustrando tanto a tela do aparelho quanto seu painel de navegação.

Figura 46 – Aparelho Tektronix THS3024.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

O próximo passo é acessar as imagens salvas no osciloscópio, o primeiro passo é clicar na tecla SAVE do painel de navegação do Tektronix, o segundo passo é clicar na tecla F1 escolhendo a configuração SAVE, como mostrado na Figura 47a. O terceiro passo é escolher a opção Screen + Setup e pressionar a tecla ENTER, como mostra a figura 47b, é importante descrever que primeiro o equipamento estará acessando os dados da memória interna, logo ele irá carregar todos os dados da memória interna do aparelho mostrando uma barra de carregamento, basta olhar na parte inferior da tela que a opção INT está selecionada.

Figura 47 – Acessando imagens salvas do Tektronix THS3024.



a

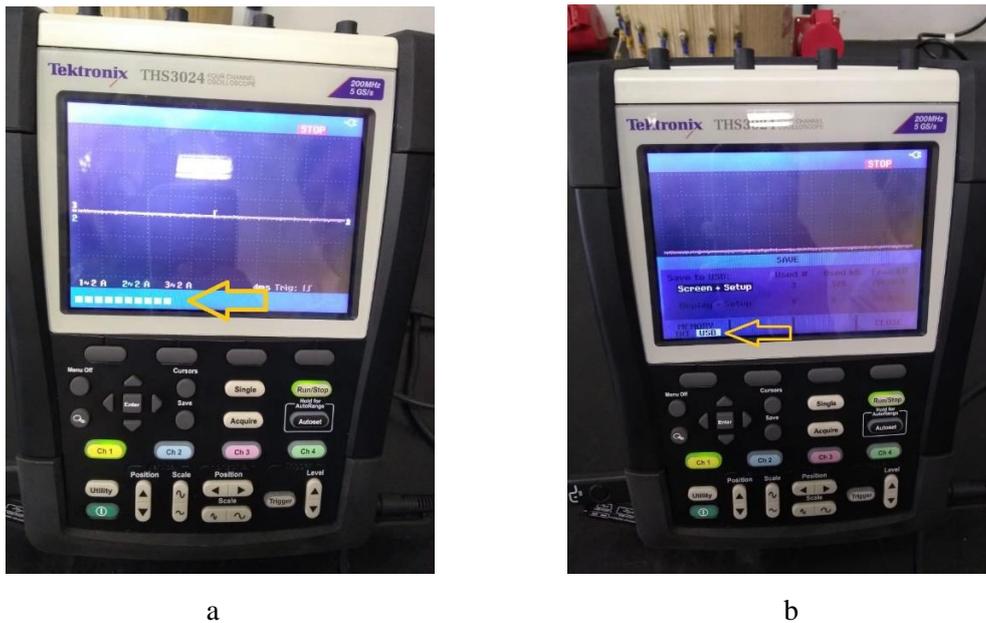


b

Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

O quarto passo é selecionar a opção USB do aparelho usando a tecla F1 para passar de INT para USB, a tecla F1 sendo pressionada mais de uma vez seleciona a próxima opção de configuração, escolhendo a opção USB o osciloscópio irá reconhecer o pendrive mostrando uma barra de carregamento como mostrada na Figura 48a, na Figura 48b mostra a opção USB habilitada.

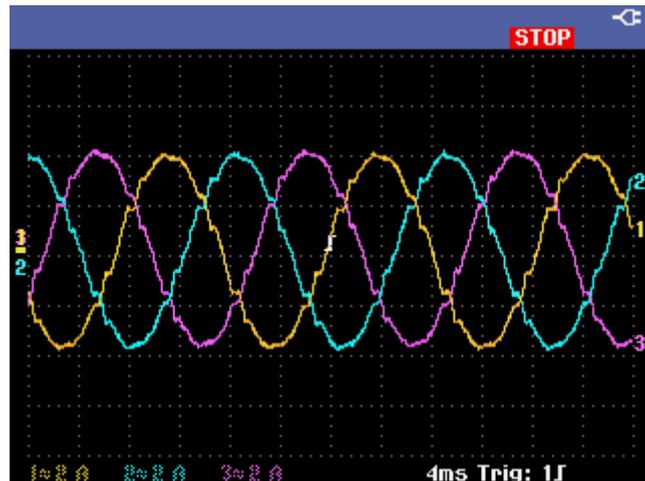
Figura 48 – Carregando e acessando USB.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

O quinto passo é selecionar a opção Screen + Setup pressione Enter, entrando no banco de imagens da memória interna para passar para o pendrive, escolha a imagem pressione Enter e Renomeie da maneira que preferir, clicando em Ok SAVE a imagem será carregada para o pendrive. Depois disso basta introduzir o pendrive no seu computador e abrir a imagem do Tektronix como mostrado na Figura 49, é importante lembrar de alterar o formato da imagem para .BMP para conseguir visualizar no seu computador.

Figura 49 – Imagem das três fases capturadas do Tektronix.



Fonte: (TEKTRONIX, 2012).

#### 4.5. WAVEBOOK/516E

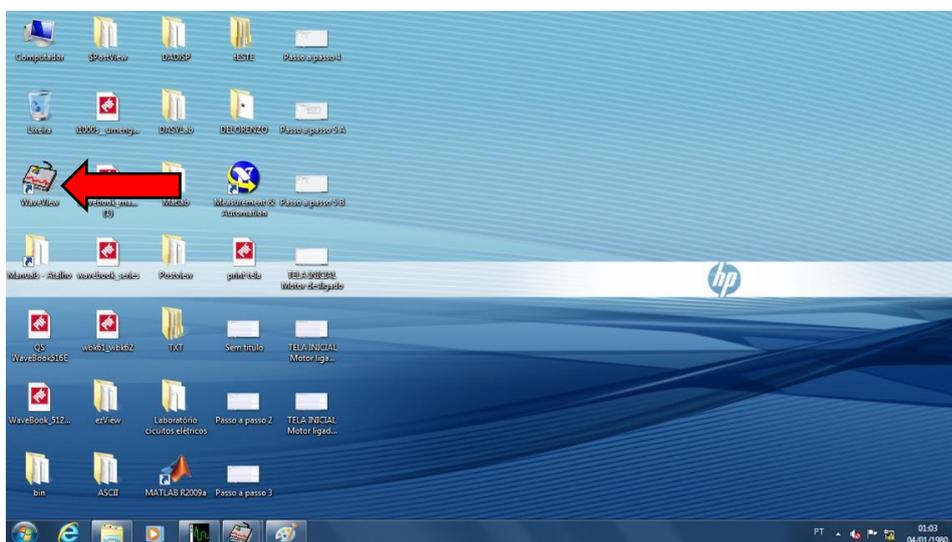
Para realizar medições relacionadas a energia elétrica utilizando o *WaveBook/516E* é necessário conectar o equipamento como ilustrado na Figura 50. Ao montar a bancada para fazer medidas com *WaveBook/516E*, o aparelho deve ser ligado ao Desktop HP compac 6005 do laboratório de máquinas (patrimônio 62760 e NS: BRG103F7FH). Note esses números de série e os números do patrimônio, pois existem vários computadores no laboratório de máquinas. Com estes números o usuário deverá acessar o computador correto que possui o software relacionado ao *WaveBook/516E*. Somente com este software é possível ter acesso às medições feitas com este equipamento. A Figura 51 mostra o software (*Waveview*) na área de trabalho do computador. Outra observação pertinente, é que a ligação é feita diretamente na fonte variável.

Figura 50 – Conexão do *WaveBook/516E* no motor WEG.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

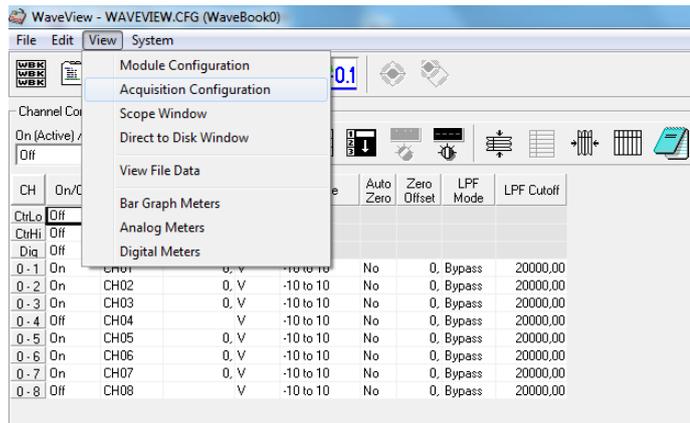
Figura 51 – Software *Waveview* na área de trabalho do computador.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

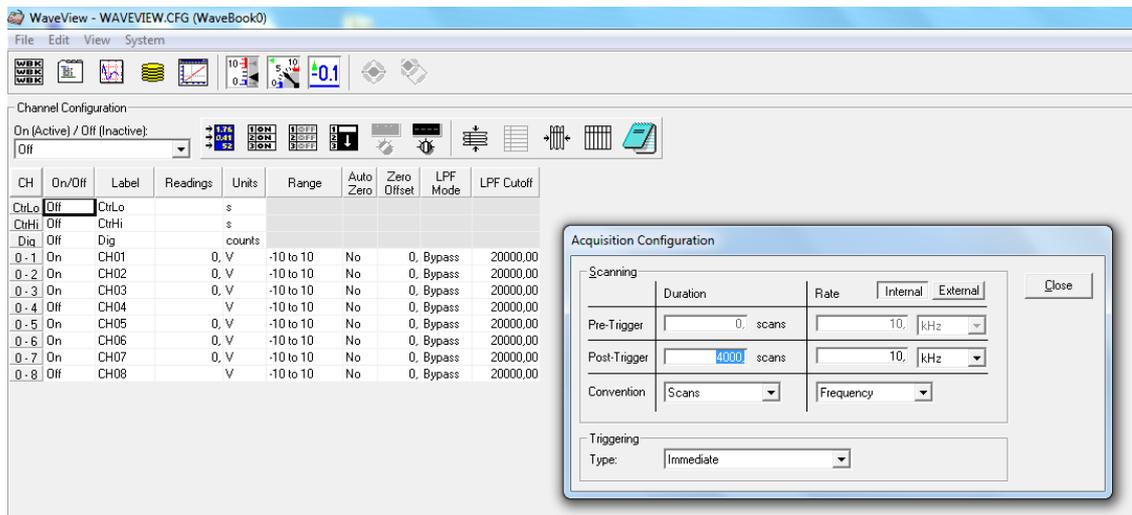
Normalmente o software já está configurado para a aquisição das medições, no entanto, caso não esteja configurado, a Figura 52 mostra como fazer esta configuração padrão do equipamento através dos passos: view > acquisition configuration > escolher os valores da janela como mostra a Figura 53.

Figura 52 – Configuração padrão do equipamento.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 53 – Escolha dos valores.

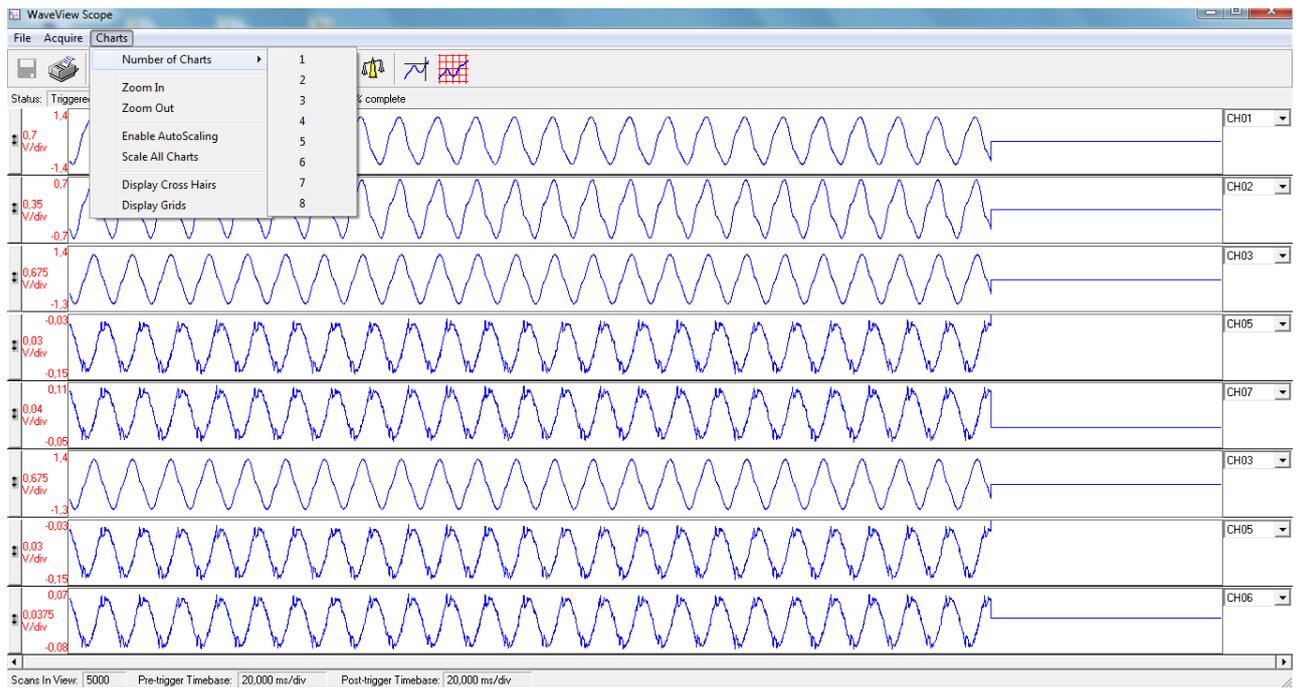


Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

A Figura 54 mostra as formas de onda obtidas de tensão e corrente. É necessário configurar os canais que serão utilizados nas medidas e recomenda-se que seja usado os canais 1, 2 e 3 para medidas de tensão e 5, 6 e 7 para medidas de corrente. Desta forma, o canal 4 deve estar na opção *off* e 1, 2, 3, 5, 6 e 7 na opção *on*, como exemplificado na Figura 55.

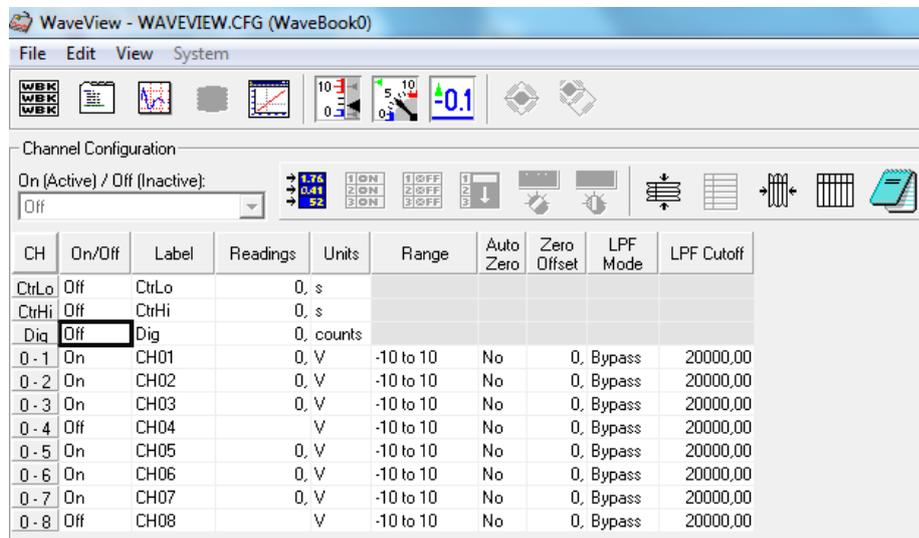
Note que, aparecem 8 formas de onda na Figura 54, e esse fato se dá devida a capacidade do equipamento, ou seja, ele tem capacidade de fazer 8 medições simultâneas, portanto aparece as 8 formas de onda. Neste caso, como só foram usados 6 canais, o software repeliu as formas de onda do canal 3 e 5.

Figura 54 – Formas de onda obtidas de tensão e corrente.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 55 – Capacidade do equipamento, até 8 medições simultâneas.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

A Tabela 24 serve de apoio de como executar a configuração do *Waveview* para ambos os casos do experimento deste trabalho (motor a vazio e com carga).

Tabela 24– Configuração do *Waveview* com onda senoidal.

Canais	Forma	Entrada	Nível
1	Ativado	Tensão	-10 a 10
2	Ativado	Tensão	-10 a 10
3	Ativado	Tensão	-10 a 10
4	Desativado	--	--
5	Ativado	Corrente	-10 a 10
6	Ativado	Corrente	-10 a 10
7	Ativado	Corrente	-10 a 10
8	Desativado	--	--

Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

A Tabela 25 apresenta as principais funções deste software de acordo com a numeração contida da Figura 53.

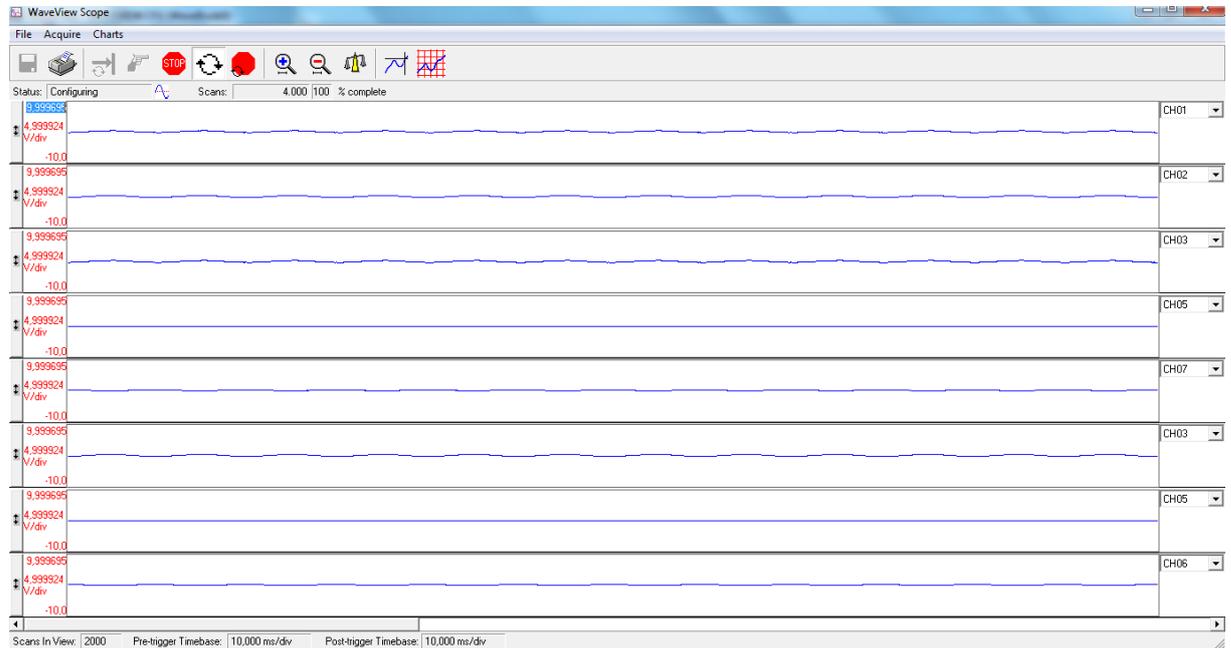
Tabela 25 - Principais funções do *WaveView*.

Número	Funções	Propriedades
1	Módulo Configuração	A coluna Configuração do módulo exibe o inventário atual do WaveBooks e opções relevantes do WBK. Abre a janela de exibição da Configuração de Aquisição para permitir a
2	Aquisição Configuração	seleção do Fonte: (Manual do WaveView) Número de varreduras, taxa de varredura e o método de disparo a ser usado para iniciar a digitalização.
3	Janela Escopo	Abre a janela Escopo para exibir formas de onda de aquisição de dados em tempo real.
4	Janela direta	Fornece um meio de escrever dados adquiridos em arquivos de disco
5	Ver dados do arquivo	Inicia um programa independente de visualização de aquisição de dados pós-dados.
6	Gráfico de barras	Usado para exibir um ou mais canais no formato do gráfico de barras.
7	Medidores analógicos	Usado para exibir um ou mais canais no formato de medidor analógico.
8	Medidores digitais	Usado para exibir um ou mais canais no formato do medidor digital.

Fonte: (MEASUREMENT COMPUTING, 2002).

A Figura 56 mostra a tela quando o motor está desligado. Ou seja, nenhuma medição está sendo aferida. Depois que o motor é ligado, para que o software exiba as formas de onda, como foi mostrado na Figura 54, é necessário acessar o menu anquite > auto-rearm.

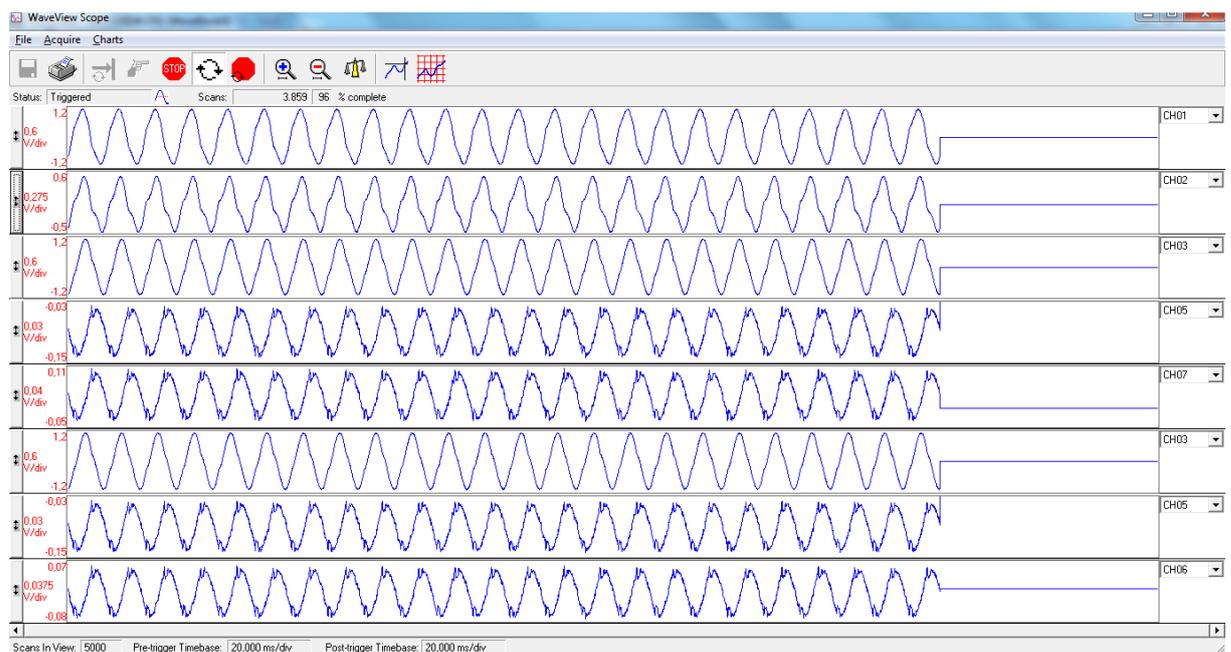
Figura 56 – Tela quando o motor está desligado.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

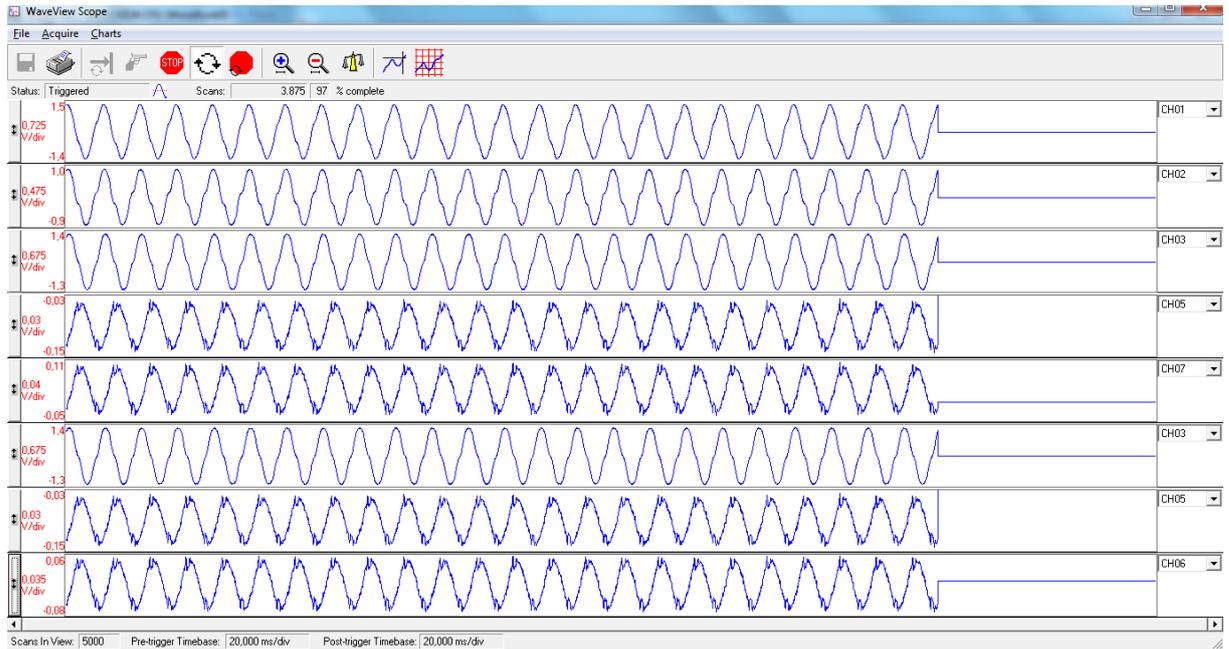
Como já mencionado anteriormente, foram feitas medidas com o motor trabalhando à vazio e com carga. As Figuras 57 e 58 mostram as formas de onda para estes dois casos, respectivamente.

Figura 57 – Formas de onda obtidas com motor WEG operando à vazio.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

Figura 58 – Formas de onda obtidas com motor WEG operando com carga.



Fonte: (ACERVO DO AUTOR, 2019).

É possível notar que este equipamento possui a função de armazenar dados com finalidade de que o usuário possa realizar suas análises. Também é possível notar que os valores para os dois tipos de ensaios (motor a vazio e motor com carga) foram bastante semelhantes.

## 5. CONCLUSÃO

Esse trabalho de conclusão de curso teve como objetivo fazer leituras relacionadas a energia elétrica e traçar um diretório para a comunidade acadêmica quanto ao uso dos analisadores de energia elétrica do laboratório de máquinas da Universidade Federal do Tocantins. Contudo foi visto que cada equipamento de medição possui diferentes configurações e leituras bem como a precisão e visualização das análises coletadas. No primeiro capítulo foram levantadas as problemáticas que foram detalhadas no decorrer do trabalho e justificada com base nas medidas aferidas pelos equipamentos de medição. No segundo capítulo foi realizado uma revisão bibliográfica dos manuais mostrando informações importantes quanto ao tipo de funcionamento de cada equipamento bem como níveis de tensão e forma de ligação para executar determinadas medições. Foram também abordados os tipos de motores que poderiam ser utilizados nesses experimentos, o escolhido para realização desse trabalho foi o Motor de indução trifásico Dahlander da WEG, nos capítulos seguintes foram realizados os experimentos com o motor operando a vazio e logo após conectado com uma carga através de um gerador, esses dados foram coletados e comparados através de tabelas e gráficos. Além disso o trabalho detalha o procedimento que o usuário deve tomar ao fazer uma medida utilizando os analisadores de energia em questão.

### 5.1. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

A abordagem utilizada neste trabalho de conclusão de curso é apenas uma das diversas possibilidades de estudo de aplicação dos equipamentos medidores e do motor. Diante dos resultados obtidos na execução dos testes, que possibilitaram alcançar os objetivos propostos, algumas sugestões para a exploração desse estudo podem ser destacadas:

- Utilizar os estudos contidos no capítulo 3, dos outros três novos motores, para a realização de ensaios a vazio e com carga;
- Realizar as medidas com esses 3 novos motores com os 4 equipamentos de medição de forma a se fazer uma análise crítica da funcionalidade e eficácia dos equipamentos medidores mediante a diferentes configurações de motores.
- Realizar estudo de outras grandezas elétricas além de tensão e corrente, e aplica-las de forma direta no impacto da importância do engenheiro eletricitista na sociedade.

Como observado, a aplicação destes estudos não se limita apenas ao que se foi apresentado neste trabalho. Dessa forma, é de grande importância a ampliação de seu estudo, de forma a permitir muitas contribuições à sociedade.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

FLUKE 345 *Power Quality Clamp Meter Manual do Usuário*. 2006. 74p.

Disponível em:

< <https://www.fluke.com/en-us/support/manuals>> Acesso em: 28 jun. 2019

FLUKE 1738 *Power Logger Meter Manual do Usuário*. 2015. 86p.

Disponível em:

< <https://www.fluke.com/en-us/support/manuals>> Acesso em: 28 jun. 2019.

MEASUREMENT COMPUTING. (2002). *WaveView and WaveCal*. 2002. 48 p. Disponível em: < [https://www.mccdaq.com/pdfs/manuals/waveview\\_wavecal.pdf](https://www.mccdaq.com/pdfs/manuals/waveview_wavecal.pdf) > Acesso em: 28 jun. 2019.

MEASUREMENT COMPUTING. (s.d.). *Ethernet-Based Portable High-Speed Waveform Acquisition*. (s.d.). 13 p. Disponível em: <

[http://www.mccdaq.com/pdfs/specs/wavebook\\_data.pdf](http://www.mccdaq.com/pdfs/specs/wavebook_data.pdf) > Acesso em: 28 jun. 2019.

MEDEIROS FILHO, S. *Fundamentos de medidas elétricas*. 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1981, 305p.

MOTRON INDUSTRIA DE MOTORES *Manual Técnico*. 2012. 14p.

Disponível em:

< [http://www.motron.com.br/downloads/catalogo\\_pdf.rar](http://www.motron.com.br/downloads/catalogo_pdf.rar) > Acesso em: 28 jun. 2019.

TEKTRONIX. *THS3000 Series Oscilloscopes User Manual*. 2012. 140 p. Disponível em: <

[http://download.tek.com/manual/077060701\\_web\\_0.pdf](http://download.tek.com/manual/077060701_web_0.pdf) > Acesso em: 28 jun. 2019.

WEG Motores Elétricos *Manual Técnico*. 2002. 34p.

Disponível em:

< [https://www.hd.ind.br/PDF/manual\\_TECNICO-motores.pdf](https://www.hd.ind.br/PDF/manual_TECNICO-motores.pdf)> Acesso em: 28 jun. 2019