

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

WAGNER ERIDSON DREHER DE OLIVEIRA

**IMPORTÂNCIA DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH EM INVERSORES DE  
FREQUÊNCIA NA MITIGAÇÃO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO DE  
CURTA DURAÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2019

WAGNER ERIDSON DREHER DE OLIVEIRA

**IMPORTÂNCIA DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH EM INVERSORES DE  
FREQUÊNCIA NA MITIGAÇÃO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO DE  
CURTA DURAÇÃO**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Walter Denis Cruz Sanchez

CURITIBA  
2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba



Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Automação Industrial

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### IMPORTÂNCIA DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH EM INVERSORES DE FREQUÊNCIA NA MITIGAÇÃO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

por

WAGNER ERIDSON DREHER DE OLIVEIRA

Esta monografia foi apresentada em 25 de Junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Walter Denis Cruz Sanchez  
Orientador

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Membro titular

---

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico esse trabalho aos meus familiares e amigos, que com amor e muita compreensão motivaram-me a concluir mais uma importante etapa da vida, incentivando-me a seguir em frente e a superar os novos desafios que a vida nos apresenta.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha esposa e filhos, pela paciência e compreensão na minha ausência e nos momentos em que tive que dedicar-me aos estudos, que tanto incentivaram-me a concluir esse trabalho, e a todos os meus familiares, amigos e colegas de curso, que de alguma forma ajudaram.

Meu obrigado também aos professores da UTFPR por toda a atenção e sabedoria com que nos transmitiram todos os valiosos conhecimentos ao longo do curso, em particular agradeço ao Professor M. Sc. Daniel Balieiro Silva, pelo incentivo e atenção dispensada.

E em especial, agradeço ao Professor Dr. Walter Denis Cruz Sanchez pela atenção, incentivo, interesse e principalmente pela dedicação que desde o começo me orientou neste trabalho.

## RESUMO

OLIVEIRA, Wagner Eridson Dreher de. **Importância da função ride-through em inversores de frequência na mitigação das variações de tensão de curta duração**. 2019. 64 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

As indústrias que trabalham com processos contínuos tem sofrido com fortes perdas produtivas devido a um problema de qualidade de energia conhecido como variação de tensão de curta duração ou afundamento de tensão. Este é um problema sutil, muitas vezes, difícil de ser notado, pois pode acontecer em milésimos de segundo e com amplitude de apenas 0,9 pu e que apesar disso pode causar uma parada repentina de produção. As demandas de um mundo globalizado obrigam as empresas investirem fortemente em automação para aumentar a produtividade e ao mesmo tempo reduzindo seu custo. Acontece que os dispositivos eletrônicos podem não operar nas condições adequadas no caso de um afundamento de tensão. Neste trabalho será abordado a importância da função *ride-through*, como recurso de mitigação deste problema, efetuando ensaios em laboratório para comprovar sua eficácia e também seus limites operativos. Na aquisição de equipamentos variadores de velocidade é importante saber especificá-lo e tirar o melhor proveito de suas funções. Ao longo deste trabalho estão descritos os ensaios efetuados e seus resultados. Estes resultados foram analisados e foram apresentadas as devidas conclusões e sugestões de mitigação dos afundamentos de tensão, seja pelo incremento da função *ride-through*, ou seja, pela adoção de boas práticas de engenharia nos processos produtivos e instalações industriais.

**Palavras chave:** Ride-throug. Inversor de frequência. Afundamento de tensão.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Wagner Eridson Dreher de. **The importance of the ride-through function on adjustable speed drives in a mitigation of voltage sags**. 2019. 64 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Industrial production processes have suffered heavy losses due to a power quality problem known as voltage sags. This issue is subtle, often difficult to notice, as it can happen in milliseconds and with a magnitude of only 0.9 pu. That can cause a suddenly production disruptions. The globalized world compel companies to invest heavily in automation to increase productivity while reducing their cost. It turns out that electronic devices may not operate under proper conditions in the event of a voltage sags. In this monography we discuss the importance of the ride-through function as a mitigation resource for this problem, performing laboratory tests to prove its effectiveness and its operational limits. When specify adjustable-speed drive, it is important to know how to get the most out of its functions. Throughout this work are described how the tests performed and their results. These results were discuss and analyzed to present on the conclusions some suggestions to mitigate the voltage sags disturbances on an adjustable-speed drive ride-through function, and suggest engineering good practices in the production processes on an industrial facilities.

**Keywords:** Ride-through. Adjustable-speed drive. Voltage sags.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Afundamento de tensão .....	12
Figura 2 – (a) e (b) - atuação do <i>ride-through</i> em modo V/f .....	23
Figura 3 – Link CC .....	24
Figura 4 – Configuração de uma rede Modbus .....	24
Figura 5 – Endereçamento mestre – escravo em rede Modbus.....	25
Figura 6 – Interfaces seriais RS232 e RS485 do CLP 300 WEG .....	26
Figura 7 – Trecho do programa Ladder desenvolvido.....	27
Figura 8 – Diagrama de arranjo da fonte de afundamento de tensão .....	30
Figura 9 – Características de tensão e corrente na saída de um inversor de frequência.....	32
Figura 10 – Sinal de tensão medido na saída do inversor CFW-09 WEG.....	32
Figura 11 – Diagrama de arranjo da fonte em teste com carga .....	33
Figura 12 – CFW-09 funcionando como fonte.....	33
Figura 13 – CFW-09 + motor funcionando como carga.....	34
Figura 14 – Curva de afundamento de tensão para CFW-11.....	34
Figura 15 – CFW-11 parametrizado como fonte de afundamento de tensão .....	36
Figura 16 – Afundamento de tensão 1º ensaio (170 V – 630 ms).....	36
Figura 17 – Afundamento de tensão tipo A .....	37
Figura 18 – Diagrama de arranjo completo para testar o <i>ride-through</i> .....	39
Figura 19 – Montagem do conjunto testado .....	39
Figura 20 – Montagem do conjunto funcionando em rede Modbus.....	41
Figura 21 – Resultados para afundamento de tensão de 0,73 pu.....	44
Figura 22 – Resultados para afundamento de tensão de 0,80 pu.....	44
Figura 23 – Resultados para afundamento de tensão de 0,85 pu.....	45
Figura 24 – Resultados para afundamento de tensão de 0,90 pu.....	45
Figura 25 – Resultados para afundamento de tensão de 0,73 pu – mini rede .....	46
Figura 26 – Resultados para afundamento de tensão de 0,80 pu – mini rede .....	47
Figura 27 – Resultados para afundamento de tensão de 0,85 pu – mini rede .....	47
Figura 28 – Resultados para afundamento de tensão de 0,90 pu – mini rede .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de VTCD conforme o PRODIST .....	19
Tabela 2 – Parametrização CFW-11 para afundamento de tensão .....	35
Tabela 3 – Parametrização CFW-09 para acionamento do motor .....	38
Tabela 4 – Síntese dos procedimentos laboratoriais - IHM.....	40
Tabela 5 – Síntese dos procedimentos laboratoriais - Modbus.....	42

## LISTA DE UNIDADES DE MEDIDAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CC	Corrente Contínua
CLP	Controlador Lógico Programável
CV	Cavalo Vapor
DIX	<i>Digital Input</i> de ordem X
F	Faraday
H	Henry
Hz	Hertz
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHM	Interface Homem Máquina
ms	Milissegundos
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PU	Valores por Unidade
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
rpm	Rotações por minuto
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volt
VTCD	Variações de Tensão de Curta Duração
WPS	<i>Weg Programming Suite</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 PROBLEMA .....	11
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.2.1 Objetivo Geral .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 QUALIDADE DE ENERGIA.....	18
2.2 IMPACTOS NO CONSUMIDOR .....	20
2.3 INVERSORES DE FREQUÊNCIA – FUNÇÃO RIDE-THROUGH.....	21
2.4 MONITORAMENTO VIA PROTOCOLO DE REDE MODBUS .....	24
<b>3 DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>28</b>
3.1 PREPARO DOS ENSAIOS E ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS.....	28
3.2 FONTE DE AFUNDAMENTOS DE TENSÃO.....	30
3.3 CONJUNTO INVERSOR-MOTOR SOB ENSAIO – MANUAL .....	37
3.4 CONJUNTO INVERSOR-MOTOR SOB ENSAIO – MINI REDE MODBUS .....	41
<b>4 ENSAIOS E VALIDAÇÃO.....</b>	<b>43</b>
4.1 ENSAIO DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH VIA IHM.....	43
4.2 ENSAIO DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH VIA MINI REDE MODBUS .....	45
<b>5 ANÁLISE DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICE A: CONFIGURAÇÕES DOS PARÂMETROS INVERSOR CFW-11 .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B: PROGRAMA LADDER.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No atual contexto da automatização industrial, fenômenos ligados a qualidade da energia elétrica causam vultosos prejuízos a indústria, quando se refere a variações de tensão de curta duração. Equipamentos que se utilizam de variadores eletrônicos de velocidade para partida e controle de motores em equipamentos de processo contínuo, tem sofrido interrupções por conta destas variações de tensão.

Diversas indústrias possuem unidades de processamento que operam continuamente (indústrias papeleras, refinarias, petroquímicas, dentre outras). A interrupção do fornecimento de forma abrupta, mesmo que momentânea, pode ocasionar avarias em equipamentos, produto final fora de especificação com consequente baixa na qualidade e insatisfação do cliente, parada de uma unidade com perda total de produção. O fornecimento ininterrupto de energia elétrica a estas unidades é fundamental.

Tantos transtornos, justificam a atenção que se tem dado ao tema.

Nesta monografia será abordada a relevância dos impactos na indústria, a conscientização do problema e avanços das tecnologias na área para mitigação e melhoria de equipamentos variadores de velocidade para máquinas de processos industriais, em particular serão demonstradas por monitoramento os efeitos das variações de tensão de curta duração no inversor de frequência da fabricante WEG, será apresentada a função *ride-through*, sua importância neste contexto, e o que alguns fabricantes e indústrias tem feito para aprimorar seu efeito.

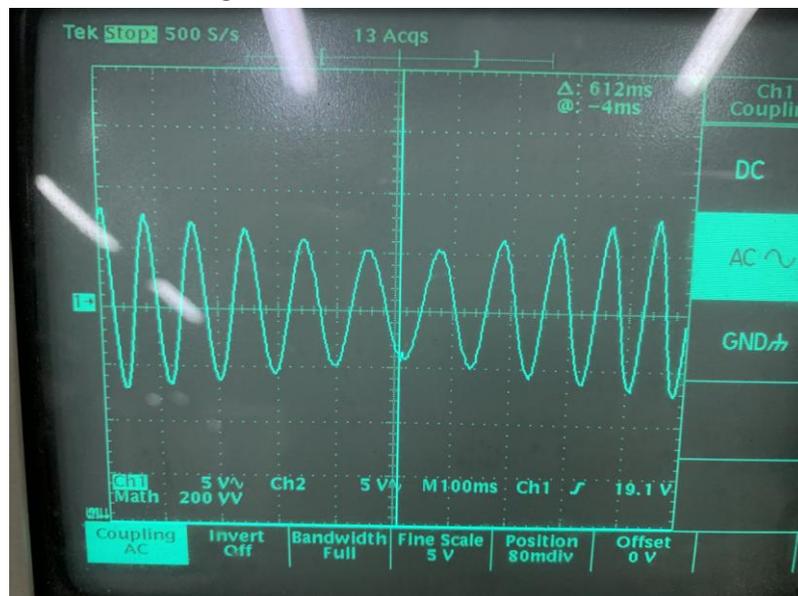
### 1.1 PROBLEMA

Devido as novas e crescentes exigências de qualidade, flexibilidade e produtividade impostas pelo mercado mundial, cada vez mais torna-se necessária a utilização de equipamentos automatizados por parte das indústrias que desejam ser competitivas. As grandes indústrias, não medem esforços para atingir melhores performances: velocidade de produção e controle dos processos, redução de custo, aumento de qualidade, entre outros.

Nos últimos anos, uma vertente da área da qualidade da energia que vem ganhando relevância crescente, diz respeito à investigação do comportamento

operacional de equipamentos elétricos em consequência das variações de tensão de curta duração, presentes nas redes em que estão conectados, tais distúrbios são conhecidos na literatura internacional como *voltage swell* e *voltage sags*, neste trabalho será estudado os efeitos de *voltage sags*, e serão tratados por afundamentos de tensão, que são definidos como uma diminuição momentânea no valor eficaz da tensão (amplitude entre 0,1 e 0,9 pu), com uma duração variando de meio ciclo até 1 minuto seguido de uma restauração (IEEE, 2009). A Figura 1, mostra um exemplo de afundamento de tensão de 200 V de amplitude e duração de 100 ms, obtido no laboratório.

**Figura 1 – Afundamento de tensão**



**Fonte: Autoria própria.**

Este massivo interesse, que abrange concessionárias de eletricidade e consumidores deste insumo, sustenta-se por um lado, no impacto econômico oriundo dos efeitos nocivos destes fenômenos em dispositivos e, num segundo momento, não menos importante, devido à proliferação de equipamentos Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e variadores eletrônicos de velocidade sensíveis a variações de tensão (inversores de frequência, *soft starts*, etc.), para partida e controle de motores e equipamentos em geral. Nesta perspectiva, este tema tem-se revelado de vital importância no contexto da qualidade da energia elétrica, no tocante à suportabilidade de equipamentos frente às variações momentâneas de tensão.

O efeito destes afundamentos pode equivaler a uma falta completa no fornecimento de energia elétrica se os equipamentos elétricos essenciais à operação forem afetados. Essas paradas de unidades causam grandes perdas operacionais e geram vultosas perdas financeiras, tornando importante a tomada de ações para mitigação desses efeitos danosos.

Há uma enorme oferta de variadores eletrônicos de velocidade no mercado. E os diferentes modelos apresentam diferenças importantes em relação à sua suportabilidade a afundamentos de tensão. Do ponto de vista dos fabricantes é necessário fornecer aos clientes equipamentos econômicos e, portanto, é importante apresentar uma solução que não inclua grandes mudanças na fabricação.

Sendo os afundamentos de tensão uma das principais causas nos desligamentos intempestivos dos processos industriais, causando prejuízos associados a paradas de produção, rejeito de produtos e tantos outros efeitos danosos, e os inversores um dos principais componentes utilizados no controle dos motores instalados nos equipamentos de processos industriais, conclui-se que o estudo de seu comportamento frente a este fenômeno se mostra de suma importância.

Como já mencionado, neste trabalho serão analisados os efeitos dos afundamentos de tensão num inversor de frequência, com a utilização da função *ride-through*, que aproveita a energia cinética do motor para manter sob tensão e sincronizada a eletrônica de potência do conjunto durante as simulações deste fenômeno, ou seja, o processo industrial ao qual o equipamento estiver envolvido não para, possibilitando a recuperação da operação do inversor, sem bloqueio por subtensão.

Através da análise dos resultados obtidos, pretende-se comprovar os efeitos da função *ride-through* e serão apresentadas algumas sugestões que amplificam seus efeitos, quando aplicados ao projeto de variadores com retificadores ativos. Finalmente, também serão apresentadas outras ações que tem por objetivo melhorar o desempenho de instalações quanto a mitigação dos efeitos dos afundamentos de tensão.

## 1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho, relativos ao problema anteriormente apresentado.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Comprovar com os resultados obtidos na investigação experimental do comportamento operacional do conjunto inversor de frequência-motor, quando submetidos à afundamentos de tensão, os efeitos danosos nos equipamentos industriais de operação contínua e avaliar os efeitos mitigadores da função *ride-through*.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral neste trabalho de conclusão de curso os seguintes objetivos específicos serão abordados:

- Caracterizar a metodologia do procedimento investigativo conforme normas aplicáveis;
- Implementar bancada experimental para simulação de afundamentos em variadores de frequência manualmente, através da IHM e automaticamente, por utilização de mini rede industrial Modbus (WEG, 2013);
- Verificar experimentalmente a atuação dos recursos dos variadores para mitigar o afundamento;
- Monitorar por medição o padrão de comportamento do conjunto inversor/motor, e consequente comprovação das falhas e causas dentro dos limites críticos;
- Analisar resultados e apresentar as soluções técnicas para a mitigação dos efeitos causados pelos afundamentos de tensão por parte dos fabricantes e consumidores industriais;
- Elaborar relatório conclusivo.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com o padrão do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* - IEEE 1159-2009 (IEEE, 2009), um afundamento de tensão é definido como uma diminuição entre 0,1 e 0,9 pu na tensão eficaz com durações de 0,5 ciclos a 1 minuto. Ainda segundo relatórios de pesquisa (VON JOUANNE; ENJETI; BANERJEE, 1998), os afundamentos de tensão de 10% a 30% abaixo do nominal para durações de 3 a 30 ciclos são responsáveis pela maioria dos distúrbios do sistema de energia e são a principal causa de interrupções nos processos indústrias.

Dentre os fenômenos que contribuem para a perda de qualidade de um determinado suprimento elétrico, aqueles associados às variações dos valores eficazes das tensões ocupam posição de destaque. Estas variações destacam-se como as mais significantes formas com que tais alterações se manifestam nas redes elétricas.

Os afundamentos de tensão são impossíveis de prever pois são causados por descargas atmosféricas, ventos, contaminação de isoladores, animais, corrente de magnetização de transformadores, energização de grandes cargas, mas principalmente por curtos-circuitos ou partida de grandes motores (VAN ZYL et al., 1998).

Um afundamento de tensão atinge de forma danosa e prejudicial todos os consumidores conectados àquela rede, mas principalmente as indústrias. Estas trabalham intensamente e em vários casos ininterruptamente com processos de produção dependentes entre si. Os processos utilizam-se de máquinas que cada vez mais utilizam microprocessadores, ou eletrônica de potência. Um afundamento pode acarretar paradas de unidades devido ao desligamento de equipamentos elétricos sensíveis a essas anormalidades ou levar um equipamento ao funcionamento inadequado de forma a fazer com que a produção perca a qualidade por defeitos surgidos nos produtos (MAIA, 2011).

É importante saber como os variadores eletrônicos de velocidade reagem a volta da tensão após o desligamento. As possibilidades são: os variadores podem ser religados imediatamente, religados após temporização e religados manualmente. Portanto é fundamental conhecer as necessidades/limitações do sistema elétrico, do processo e também os recursos do inversor.

O que se deseja é que os variadores de velocidade sejam capazes de reassumir o controle da rotação sem que haja parada do motor e nem a necessidade de um comando de partida remoto ou manual.

Sabendo a origem e características dos afundamentos de tensão e o comportamento variadores eletrônicos de velocidade, é possível implementar medidas de contenção, preventivas e mitigadoras.

Com a aplicação destas medidas, espera-se melhorar os resultados de controle e operação.

A comprovação da atuação dos meios de mitigação de afundamentos dos variadores é importante por que justifica: a atuação operacional das funções do variador, mostra as amplitudes e tolerâncias dos tempos de atuação, quantificação de erros de atuação e os impactos nos processos.

A metodologia empregada para a comprovação, será:

- Levantamento de literário;
- Trabalho de laboratório, montagem de bancada, seleção de equipamentos e materiais;
- Desenvolvimento de sistema de monitoramento;
- Utilização de ferramentas de hardware ou software.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho terá a estrutura apresentada a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução: serão apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.
- Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: serão abordadas as definições segundo os Procedimentos de Rede e algumas Normas aplicáveis para os afundamentos de tensão e os principais problemas de qualidade da energia elétrica, suas causas e efeitos para os equipamentos e instalações industriais. A apresentação do equipamento em estudo e da função mitigadora e uma vertente do ensaio utilizando-se uma mini rede Modbus (WEG, 2013).

- Capítulo 3 – Desenvolvimento Experimental: serão abordadas as premissas para o ensaio. Descrição da especificação dos equipamentos e materiais, e respectiva montagem de bancada. Execução das simulações para a validação da importância da função *ride-through*, descrevendo passo a passo todos os procedimentos adotados.
- Capítulo 4 – Ensaio e Validação: tendo como base os resultados obtidos no capítulo anterior, serão avaliados os resultados obtidos, limites críticos e os efeitos da função *ride-through*.
- Capítulo 5 – Análise de Resultados e Considerações Finais: serão descritas as conclusões e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros, uma vez que por hora não existe uma solução definitiva e sim uma melhoria contínua no avanço das tecnologias. Serão apresentadas algumas sugestões de continuidade para futuros trabalhos acadêmicos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos teóricos utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Estes conceitos podem ser considerados fundamentais para a análise do problema e implantação das soluções que serão desenvolvidas. Serão abordadas as definições segundo os Procedimentos de Rede e Normas aplicáveis, os principais problemas de qualidade da energia elétrica, suas causas e efeitos para os equipamentos e instalações industriais e em particular a função *ride-through*.

### 2.1 QUALIDADE DE ENERGIA

O crescimento exponencial da eletrônica na grande maioria dos equipamentos industriais e domésticos, torna a natureza de carga mais sensível à qualidade da energia elétrica consumida, por este motivo, é de suma importância para o desenvolvimento econômico do País o fornecimento contínuo de energia elétrica dentro de parâmetros pré-estabelecidos. Cabe ao órgão regulador estabelecer medidas de modo a assegurar níveis aceitáveis da qualidade no serviço prestado pelas distribuidoras de energia elétrica.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regula a qualidade de fornecimento de energia elétrica das concessionárias de distribuição com base em indicadores de continuidade de duração e frequência de interrupções, estabelecendo níveis máximos admissíveis para esses indicadores e penalização pelo não cumprimento destes.

Um sistema elétrico com qualidade é aquele que possui a tensão com a sua amplitude e forma de onda o mais próximo possível de um parâmetro ideal e adequado, sem alterações em tensão, frequência ou fase. De acordo com a ANEEL, “uma medida de quão bem a energia elétrica pode ser utilizada pelos consumidores. Essa medida inclui características de continuidade de suprimento e de conformidade com certos parâmetros considerados desejáveis para a operação segura, tanto do sistema supridor como das cargas elétricas”.

A qualidade do produto, segundo a ANEEL, estabelece os parâmetros e valores de referência relativos à conformidade de tensão em regime permanente e

às perturbações na forma de onda de tensão. Os aspectos considerados da qualidade do produto, em regime permanente ou transitório, são:

- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência;
- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Variações de tensão de curta duração (abordado neste trabalho);
- Variação de frequência.

Esses distúrbios são originados de operações nas concessionárias de energia, instalações industriais, comerciais, fenômenos naturais e gerados por causas aleatórias, podendo causar falha ou defeito em discos rígidos de computadores, desligamento de equipamentos de produção, interrupção de processos, sobreaquecimento de motores, abertura de disjuntores, imprecisão nas medições de energia, redução da vida útil de equipamentos dos sistemas elétricos, entre outros.

O Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) (ANEEL, 2016), classifica as Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) como afundamento momentâneo de tensão, quando o seu tempo de duração é superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos e afundamento temporário de tensão, quando o seu tempo de duração é superior a três segundos e inferior a três minutos, conforme Tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação de VTCD conforme o PRODIST**

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

**Fonte: ANEEL (2016).**

São duas as formas para se mensurar a continuidade do fornecimento de energia elétrica: a qualitativa e a quantitativa.

A qualitativa é feita através de pesquisas de satisfação do consumidor quanto à qualidade, continuidade, atendimento a reclamações, capacidade de atendimento a emergências, dentre outros.

A quantitativa feita através de medições no ponto de conexão.

Ambas formas, resultam em indicadores analisados pela ANEEL, que avalia a qualidade no fornecimento de energia elétrica tanto pela continuidade do fornecimento, atendimento a emergências, canais para reclamações e atendimento aos consumidores, quanto pelo atendimento a parâmetros técnicos de fornecimento avaliando a influência das perturbações. O não cumprimento das metas estabelecidas são convertidas em compensações ao consumidor pelas Distribuidoras.

## 2.2 IMPACTOS NO CONSUMIDOR

Não apenas a concessionária é responsável pela qualidade da energia, também o usuário pode poluir o sistema elétrico.

A partida simultânea de grandes equipamentos e/ou partida de grandes motores dentro das indústrias são exemplos de operações que podem causar graves distúrbios na rede próximos ao ponto de conexão daquele consumidor, principalmente o afundamento de tensão, afetando não somente a ele como também a todos os consumidores conectados nos arredores daquele ponto de conexão.

Em relação aos afundamentos de tensão, estima-se que são a principal causa de distúrbios e grandes responsáveis por perdas na produção atingindo assim de forma danosa e prejudicial os consumidores residenciais, comerciais e principalmente os industriais.

Outros problemas como a injeção de harmônicos de corrente. Cargas não lineares, como inversores de frequência para acionamento de motores, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), computadores, entre outras cargas, geram correntes que podem promover a distorção da onda de tensão, aumentando o problema da qualidade para toda a instalação.

Um baixo fator de potência também caracteriza uma pobre qualidade da energia da instalação, pois a circulação de uma potência reativa causa perdas por efeito Joule nos condutores e transformadores. Também, a potência reativa ocupa espaço da seção do condutor reduzindo a capacidade de transferir potência ativa.

Embora existam ações de mitigação para minimizar os efeitos dos distúrbios abordados sobre a rede, tanto por parte de quem fornece como no de quem consome energia elétrica, outros fatores podem causar afundamentos de tensão: curto circuitos na rede elétrica ou fenômenos naturais por exemplo (queda de raios, ação de ventos, etc).

Como já dito anteriormente, um afundamento pode levar um equipamento ao funcionamento inadequado de forma a fazer com que a produção perca a qualidade por supostos defeitos surgidos nos produtos, em algumas partes do processo, ou mesmo uma completa paralisação da operação. Várias indústrias trabalham intensamente e impreterivelmente com processos de produção dependentes entre si. Os processos utilizam-se de máquinas que cada vez mais se modernizam através da utilização de microprocessadores, ou eletrônica de potência.

Pelos motivos apresentados nos parágrafos anteriores, e segundo as Diretrizes da ANEEL, o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (para conexões na rede básica) e Empresas Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica, exigem que os acessantes de porte apresentem uma série de estudos técnicos que caracterizam o comportamento de sua carga perante ao sistema ao qual pretende ser interligado para garantir que os distúrbios causados por suas instalações estarão controlados e dentro de parâmetros pré-estabelecidos, podendo este agente penalizar o consumidor pelo não atendimento às regras.

### 2.3 INVERSORES DE FREQUÊNCIA – FUNÇÃO RIDE-THROUGH

O afundamento prejudica o funcionamento de equipamentos sensíveis como controladores lógicos programáveis e inversores de frequência. Estes equipamentos, largamente utilizados em processos industriais envolvendo motores elétricos de indução, são utilizados como interface entre uma determinada carga e o sistema supridor. Nesta perspectiva, a falha operacional deste equipamento, em virtude da presença de afundamentos de tensão, poderá levar a parada parcial ou total de

processos industriais, sendo que a plena retomada da produção poderá ser rápida, levar várias horas ou até dias.

Apresentar aspectos relacionados com a investigação experimental do comportamento operacional de equipamentos cujos motores são acionados/controlados por inversores de frequência, quando submetidos à afundamentos de tensão é o objetivo deste trabalho.

O inversor de frequência é um equipamento de controle que tem a função de acionar um motor elétrico de indução variando a frequência e a tensão que é fornecida ao motor com o objetivo de controlar a sua velocidade, corrente de partida, torque e potência. Basicamente a tensão e frequência fornecidas pela rede são transformadas em corrente contínua novamente “invertidas” à corrente alternada, porém atendendo as necessidades de partida e funcionamento operacional do motor/equipamentos atendidos pelo inversor.

Em função da eletrônica envolvida, os inversores são muito sensíveis aos afundamentos. A maioria dos inversores desliga com subtensões de duração de poucos ciclos, o que pode afetar seriamente um processo produtivo. É importante saber como o inversor reage à volta da tensão.

Como já comentado, após o desligamento, na volta da tensão, os inversores podem ser religados imediatamente, religados após temporização e religados manualmente. É fundamental conhecer o equipamento, as necessidades e limitações do processo e o sistema elétrico ao qual se está conectado.

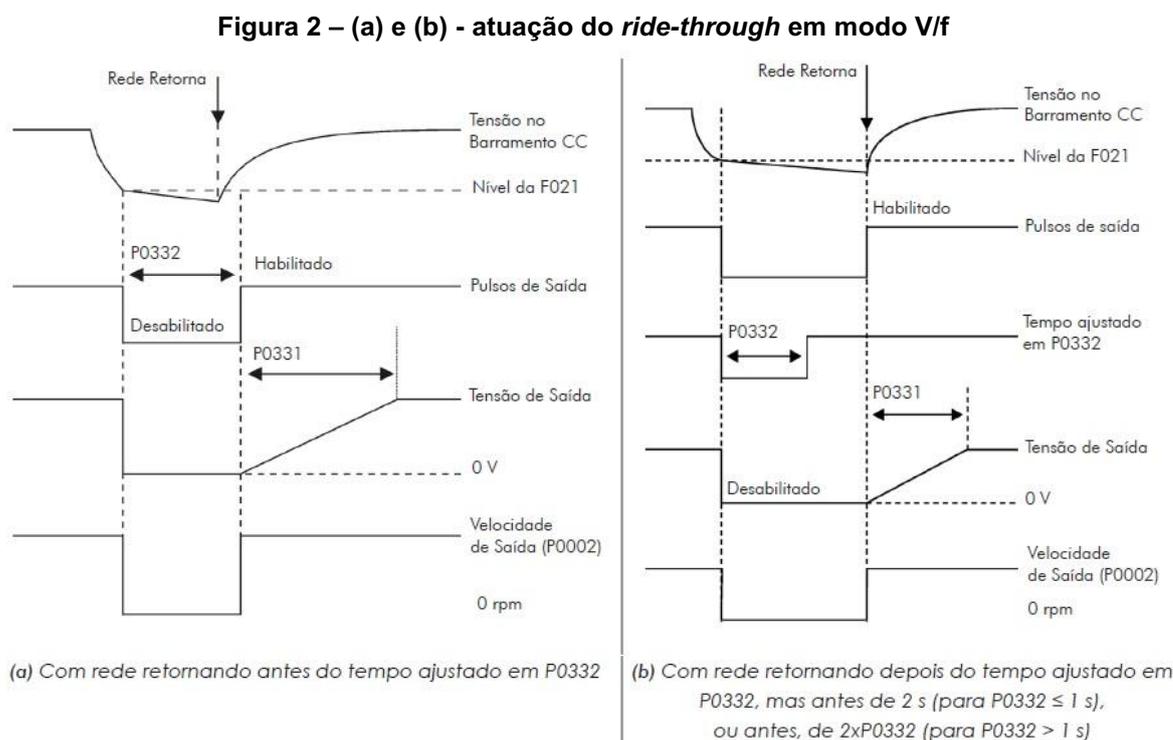
Normalmente, o maior problema é o desligamento com necessidade de religamento manual com conseqüente parada de produção, pois estes ocorrem num tempo incompatível com a continuidade operacional. Então são dois os problemas básicos:

- Comportamento dos inversores frente aos afundamentos.
- Religamento do inversor na volta da tensão.

Para evitar a parada do processo durante uma interrupção é necessário possuir algum tipo de energia armazenada.

De uma maneira geral, os fabricantes de inversores de frequência, oferecem equipamentos que apresentam funções que satisfazem as necessidades de continuidade de processo. Sua capacidade de operar durante afundamentos momentâneos, a chamada função *ride-through*, que deve ser parametrizada pelo

usuário de forma atender as condições específicas do processo. A Figura 2, mostra a atuação típica do *ride-through* do um inversor de frequência tipo CFW-11 da WEG (WEG, 2016a). Percebe-se que, durante a subtensão, o motor não é alimentado, mas quando a tensão retorna dentro de um determinado tempo, o motor volta a ser acionado.

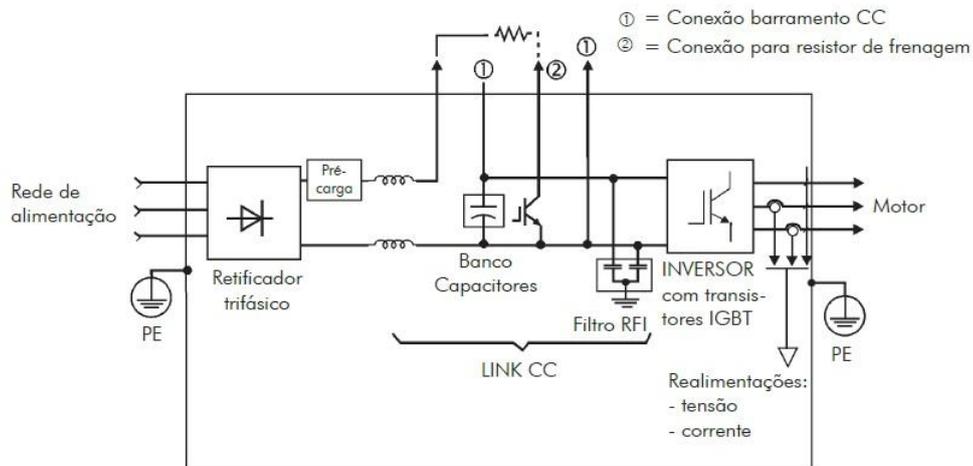


**Fonte: WEG (2016b, p. 171).**

O desejado é que o inversor mantenha os seus circuitos de controle eletrônico ativos durante o período do afundamento de tensão e quando do retorno as condições ideais, o inversor deverá ser capaz de reassumir o controle da rotação do motor sem que haja a necessidade de um comando de partida remoto ou local.

A função *ride-through* de um inversor, permite que após o início da subtensão, o fluxo de energia no *link* CC do inversor para o motor (Figura 3), seja revertido. Nesta situação, a própria inércia do conjunto motor-carga contribuirá para retardar a queda completa do nível de tensão neste *link*, desta maneira o capacitor permanecerá energizado por um período maior de tempo e sincronizado em tensão, frequência e fase com o motor e quando da normalização da tensão a reaceleração será mais suave evitando-se assim a sobrecorrente (evitando-se novos afundamentos), e sem a parada do equipamento (VALLE; LOPES; JESUS, 2003).

Figura 3 – Link CC

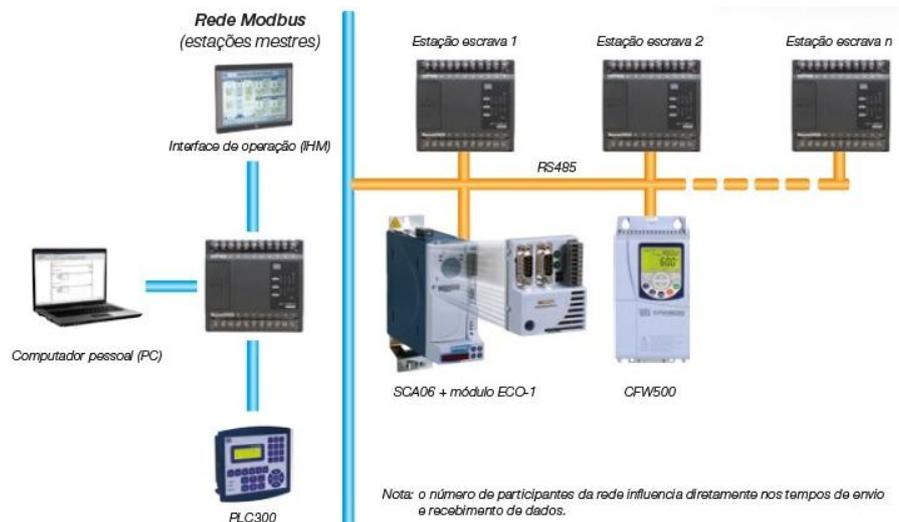


Fonte: WEG (2016, p. 56).

## 2.4 MONITORAMENTO VIA PROTOCOLO DE REDE MODBUS

De maneira resumida, pode-se definir rede de comunicação como sendo a forma de compartilhar dados e comandos, entre computadores e outros dispositivos, através de meios e protocolos padronizados, para executar uma determinada função. Com o advento das redes industriais houve a simplificação no meio físico das instalações, um número maior de informações é trocado com um único barramento, existe flexibilidade para ampliação ou modificação e é possível o diagnóstico de falhas. A Figura 4, mostra um exemplo de uma configuração de rede Modbus.

Figura 4 – Configuração de uma rede Modbus

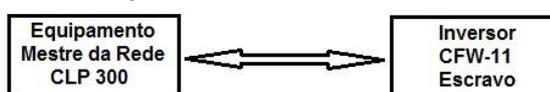


Fonte: WEG (2015, p. 15).

O CLP é um dispositivo desenvolvido para efetuar tarefas de intertravamento, temporização, contagem e operações matemáticas em alta velocidade, substituindo contactores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos, também neste caso acontece a simplificação do meio físico das instalações (menor utilização de cabos, menores painéis elétricos e modularização de máquinas e equipamentos), provocando significativa melhora nas atividades de manutenção.

O CLP deve configurado como mestre e o inversor como escravo em redes CANopen (rede CAN) e/ou Modbus RTU (rede RS-485) além de Modbus TCP (rede Ethernet), Figura 5.

**Figura 5 – Endereçamento mestre – escravo em rede Modbus**



Fonte: WEG (2018).

Como os equipamentos disponíveis para utilização nos experimentos são do fabricante WEG, a programação em linguagem Ladder será desenvolvida através do software *Weg Programming Suite* (WPS) (WEG, 2019), que é um software para ambiente Windows utilizado para a configuração e programação dos equipamentos mestre e dos escravos em rede desenvolvidos pela WEG (SILVA, 2018). A programação pode ser feita via USB, Ethernet ou Serial RS232 e RS485 e pode ser atualizada diretamente via computador, ou seja, é possível alterar os inputs do programa Ladder, com o programa atual rodando.

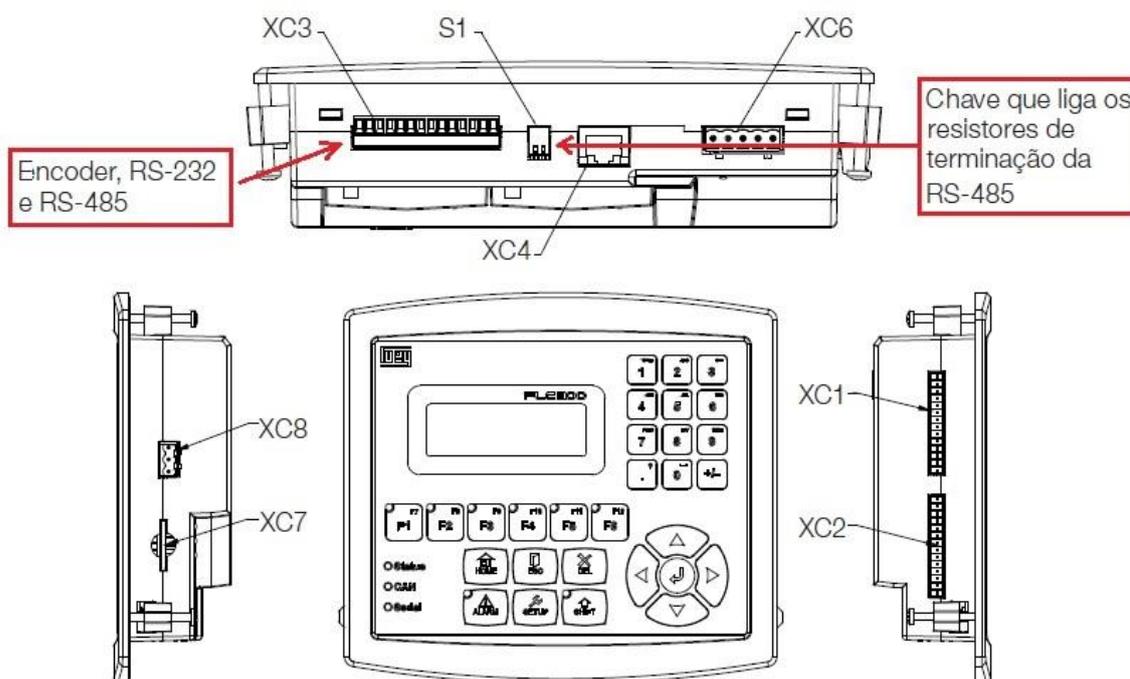
O software SuperDrive é uma ferramenta gráfica em ambiente Windows que permite que a parametrização do inversor seja feita através do computador, o que simplifica e agiliza o processo. Os dados podem ser recuperados, alterados e armazenados. O computador é conectado ao inversor de frequência usando comunicação serial ou então comunicação via USB (SILVA, 2018).

Para que seja possível troca de informações entre equipamentos distintos é necessário que ambos entendam os dados que cada um está enviando/recebendo, por este motivo foram desenvolvidos os protocolos de comunicação (FOROUZAN, 2006).

O protocolo Modbus é uma estrutura de mensagem desenvolvida para estabelecer comunicação entre os dispositivos mestre (CLP – endereço 1) e escravo

(inversor - endereço 2). No nosso caso será utilizado o protocolo no modo RTU (*Remote Terminal Unit* ou unidade terminal remoto), muito utilizado nas indústrias. É uma rede serial baseada em RS-485 ou RS-232. Cada mensagem de 8 bits contém dois caracteres hexadecimais de 4 bits. A Figura 6, mostra as características das interfaces seriais RS232 e RS485 para o CLP 300.

**Figura 6 – Interfaces seriais RS232 e RS485 do CLP 300 WEG**



Fonte: WEG (2018).

O programa Ladder permite que as alterações necessárias ao experimento, sejam definidos via teclado do computador, o que vai permitir verificar com maior precisão os valores limites necessários à avaliação dos ensaios.

A linguagem Ladder (escada em inglês) foi originalmente desenvolvida para construir e melhor documentar circuitos a relés, utilizados em processos de produção. Todos os dispositivos dos circuitos elétricos como botões, válvulas e solenoides podem ser representados em símbolos nos diagramas Ladder, incluindo suas conexões.

Atualmente, a linguagem ou diagrama Ladder é um auxílio gráfico para programação, no qual as funções lógicas são representadas através de contatos e bobinas, de modo análogo a um esquema elétrico com os contatos dos transdutores

e atuadores. A Figura 7, apresenta um pequeno trecho da lógica de programação Ladder desenvolvida.

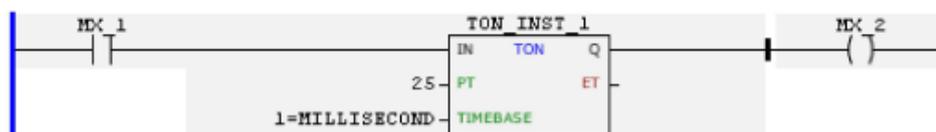
**Figura 7 – Trecho do programa Ladder desenvolvido**

1: temporizador - pulso modbus



Tag	Group	Datatype	Comment
MX_1	LOCAL	BOOL	
MX_4	LOCAL	BOOL	
TON_INST_0	LOCAL	TON	

2: temporizador - pulso modbus



Tag	Group	Datatype	Comment
MX_1	LOCAL	BOOL	
MX_2	LOCAL	BOOL	
TON_INST_1	LOCAL	TON	

3: temporizador - pulso modbus



Tag	Group	Datatype	Comment
MX_2	LOCAL	BOOL	
MX_3	LOCAL	BOOL	
TON_INST_2	LOCAL	TON	

Fonte: Autoria própria.

### 3 DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho os ensaios serão desenvolvidos de duas formas: a primeira será toda desenvolvida através da interface homem máquina – IHM e entradas digitais DIX do inversor de frequência, numa operação manual, a segunda e mais precisa, será através de uma mini rede industrial utilizando-se o protocolo Modbus que permitirá a comunicação entre o computador e o inversor através do CLP 300 da WEG, utilizando-se a linguagem de programação Ladder.

Para atingir aos propósitos deste estudo, serão realizados testes experimentais no equipamento inversor de frequência-motor, ou seja, será analisado o comportamento operacional deste conjunto, quando submetido à afundamentos de tensão com o inversor parametrizado, em princípio, para funcionamento com a função de falta de fase habilitada, e posteriormente com a função *ride-through*. A intenção é monitorar quais são os limites de funcionamento do inversor: tensão mínima suportada, tempo máximo suportado ligado em cada afundamento aplicado, retomada as condições nominais e qualquer outro distúrbio que o sistema possa apresentar.

Há tipificados 4 tipos de afundamentos: A, B, C e D, neste trabalho será explorado o tipo A onde há variação simultânea das amplitudes de tensão nas 3 fases.

Sempre é bom lembrar que estes equipamentos são largamente utilizados em processos industriais, saber operar e tirar todo o proveito do equipamento para mitigar problemas, em virtude da presença de afundamentos de tensão, poderá evitar a parada parcial ou total de processos produtivos industriais.

#### 3.1 PREPARO DOS ENSAIOS E ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Todo este projeto foi desenvolvido dentro do laboratório da universidade e todos os materiais e equipamentos que foram utilizados, são os disponibilizados pela instituição para o uso acadêmico.

Basicamente o projeto é composto de uma bancada de testes composta de um gerador de afundamentos de tensão que alimenta um conjunto inversor-motor. Este conjunto é monitorado por multímetro e osciloscópio, que são os equipamentos

necessários para a medição das grandezas elétricas e de tempo (da ordem dos milissegundos), a velocidade e frequência serão visualizadas na IHM do inversor.

A primeira dificuldade encontrada foi o desenvolvimento da fonte geradora de afundamento de tensão, algumas possíveis soluções foram estudadas, discutidas, e chegou-se a conclusão que dentre os equipamentos disponíveis, o mais viável seria a utilização de um inversor de frequência como fonte geradora, pois o mesmo é capaz de fornecer a tensão de saída durante o período de tempo necessários (conforme definição de afundamento de tensão), atendendo a potência do conjunto inversor-motor a ele acoplado.

Tendo sido definida a fonte de afundamentos de tensão, e como já comentado, ficou definido que o experimento seria desenvolvido de duas maneiras: a primeira é fazer o ensaio somente através do IHM do inversor fonte e de suas entradas digitais, e a segunda, devido inclusive a imprecisão de uma operação manual (impulsos dados através das entradas digitais), desenvolver uma mini rede industrial, que nos vai fornecer resultados mais precisos de tensão e tempo de suportabilidade do conjunto inversor-motor.

Por questões de limitação de montagem, também foi decidido que o motor deveria trabalhar em vazio, porém nada impede de se fazer o experimento com o motor em carga.

Tendo sido definidos esses parâmetros, e sabendo as grandezas envolvidas em bancada, baixa tensão 220 V trifásico, tempos de afundamento da ordem de milissegundos e correntes elétricas da ordem de 10 A, foram especificados os materiais e equipamentos listados:

- Inversor de Frequência CFW-09 WEG (WEG, 2016a);
- Inversor de Frequência CFW-11 WEG (WEB, 2016c);
- CLP 300 WEG;
- Motor de Indução Trifásico – 220 V – 0,33 cv – 60 Hz – 3.520 rpm;
- Laptop com os softwares WPS e SuperDrive;
- Osciloscópio Tektronix TDS 100 1 B - 2 canais Flutuação de tensão com ponteira 10 x;
- Multímetro Digital Hikari – HM-2030;
- Indutor Solettrafo – 0,582 H – 20 A – 60 Hz;
- Capacitor Siemens - 46  $\mu$ F -5 +10% – 50 / 60 Hz.

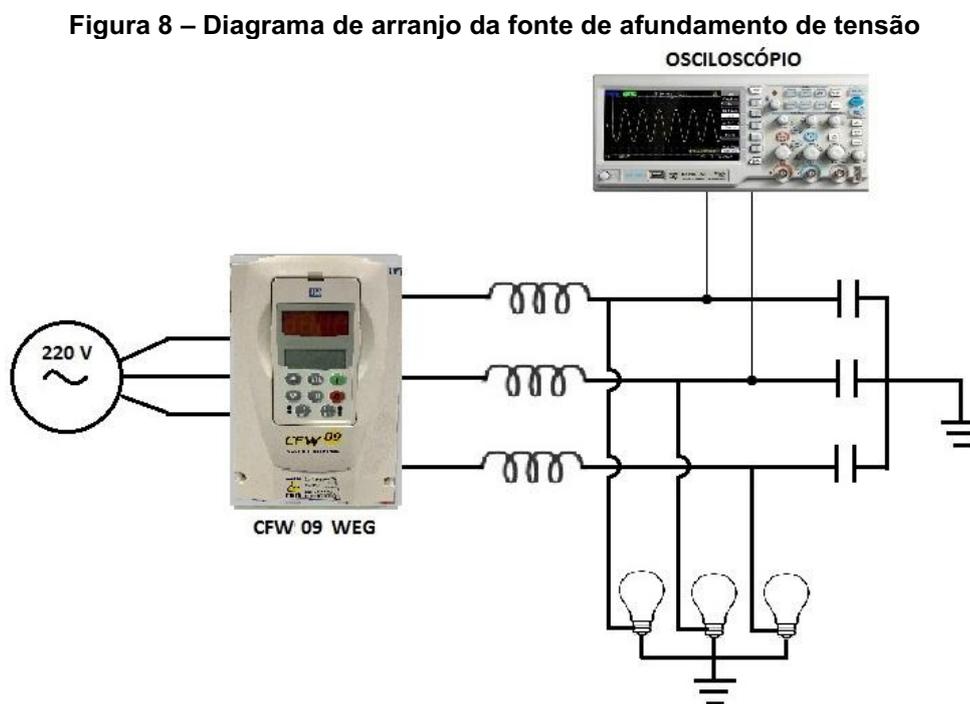
A utilização e dimensionamento do indutor e capacitor serão descritos na próxima sessão.

### 3.2 FONTE DE AFUNDAMENTOS DE TENSÃO

O primeiro desafio foi desenvolver uma metodologia que transformasse o inversor num gerador capaz de simular um afundamento de tensão dentro do especificado.

Os distúrbios que seriam aplicados ao equipamento deveriam ser implementados na forma de afundamentos de tensão de 0,1 e 0,9 pu na tensão eficaz com durações de 0,5 ciclos a 1 minuto.

Inicialmente foram realizados testes com o inversor do tipo CFW9 da WEG. A Figura 8, ilustra o diagrama esquemático da montagem para os trabalhos experimentais, identificando as conexões e os diferentes dispositivos utilizados.



Fonte: Autoria própria.

Como é de conhecimento, a forma de onda na saída do inversor para o motor não é uma senoide perfeita, e sim com ruído devido aos impulsos do inversor, essa forma de onda não impede o bom funcionamento do motor, porém não se adequaria ao objetivo de uma fonte de tensão para a geração de afundamentos de tensão, daí

a necessidade da aplicação de um filtro externo, que tornou a senoide adequada à aplicação no desenvolvimento do trabalho.

Não é escopo deste trabalho o detalhamento do desenvolvimento das fórmulas utilizadas para o cálculo do filtro LC, para tanto deve-se consultar literatura adequada, como sugestão: Estudo de Metodologias de Projeto para Filtros de Saída de Inversores - Capítulo 4.2 (DAL PUPO, 2015).

O importante é o valor de tensão eficaz da componente fundamental da senoide de tensão na saída do inversor, e como o inversor possui modulação senoidal PWM - *Pulse Width Modulation*, toma-se como premissa de cálculo que a tensão é monofásica, e a carga puramente resistiva (no nosso caso a carga é o motor de 0,33 cv). Essa metodologia se baseia na resposta de frequência do filtro.

As fórmulas utilizadas foram:

$$C_f = \frac{1}{4\pi\zeta f_0 R_0} \qquad L_f = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C_f}$$

Onde:

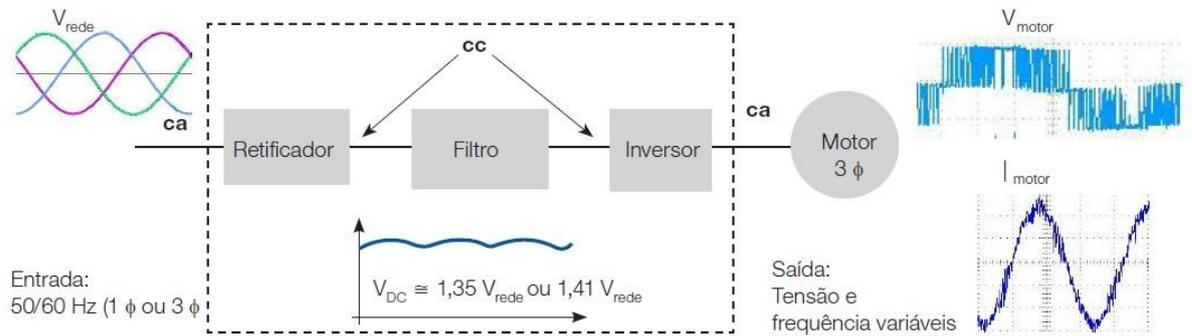
- $C_f$  = Capacitância do filtro;
- $L_f$  = Indutância do filtro;
- $\zeta$  = fator de amortecimento ( $0,707 < \zeta < 1$ ) = 0,707
- $f_0$  = frequência de ressonância = 60 Hz;
- $R_0$  = resistência equivalente da carga (motor 0,33 cv) = 200  $\Omega$ ;

Tem-se então:  $C_f = 9,38 \mu\text{F}$  e  $L_f = 0,750 \text{H}$ . Foram utilizados nos ensaios os materiais disponíveis no laboratório de: 46  $\mu\text{F}$  e 0,582 H respectivamente.

O cálculo foi feito para aplicação em um inversor monofásico. No nosso caso o sistema é trifásico, então, pode-se utilizar o mesmo cálculo, sendo que o filtro deverá ser composto por três filtros monofásicos com os capacitores conectados em estrela (Y), conforme já apresentado na Figura 8.

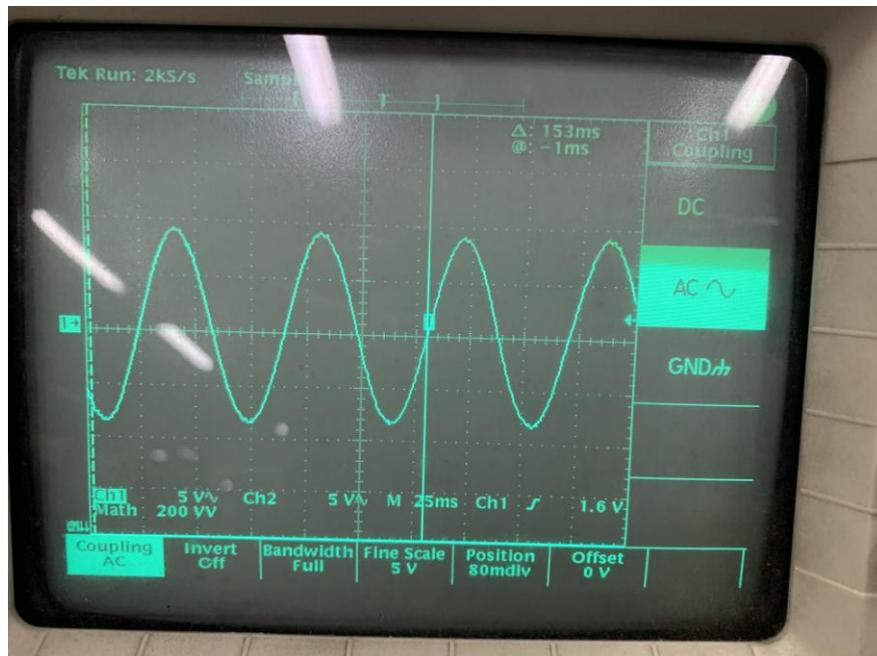
As Figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, a forma de onda de tensão típica de um inversor e o resultado (senoide sem ruídos com amplitude 200 V), após a aplicação do filtro no ensaio.

**Figura 9 – Características de tensão e corrente na saída de um inversor de frequência**



Fonte: WEG (2006, p. 7).

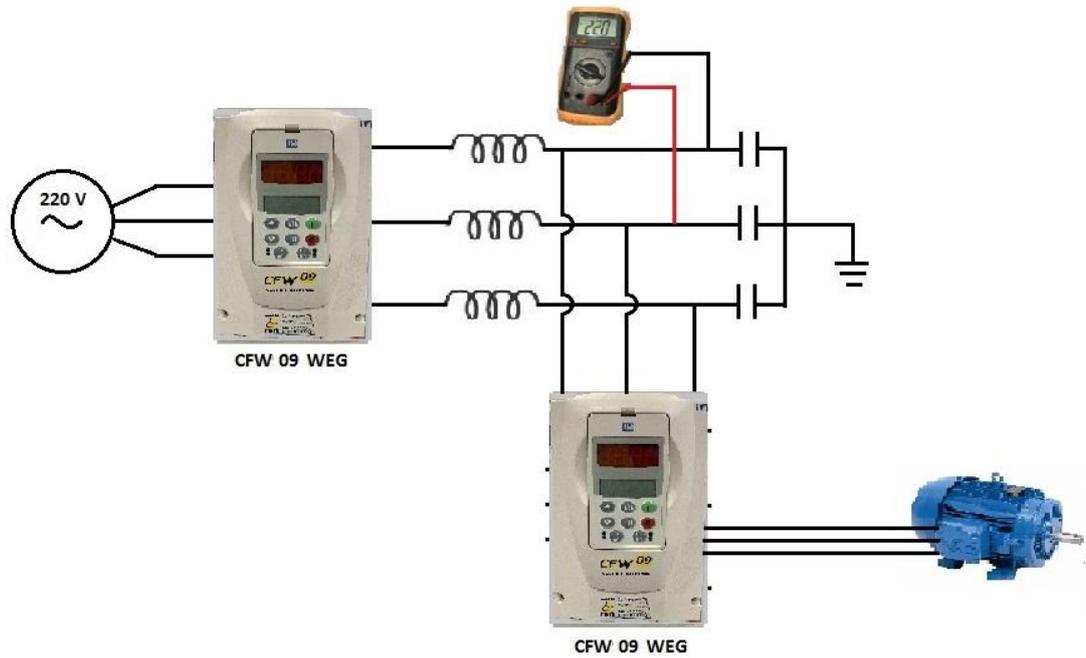
**Figura 10 – Sinal de tensão medido na saída do inversor CFW-09 WEG**



Fonte: Autoria própria.

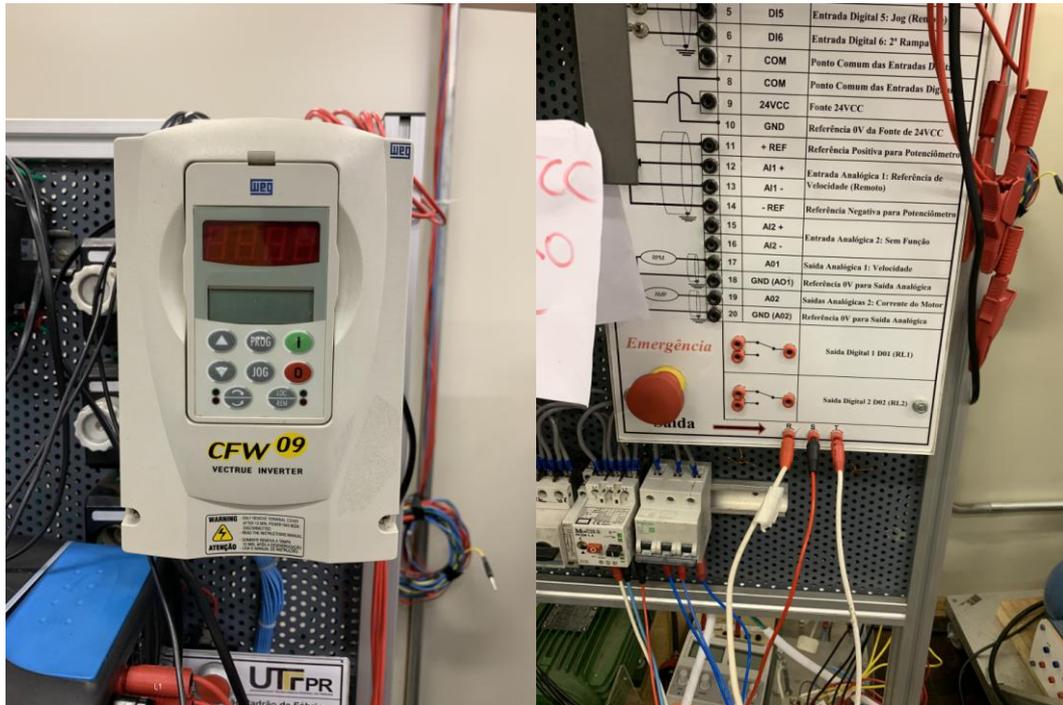
Após a obtenção da senoide de tensão adequada foram feitos ensaios com a fonte selecionada, alimentando um conjunto inversor/motor (CFW-09 e motor 0,33 cv 3520 rpm – ambos da WEG). A tensão fornecida ao conjunto foi de 220 V trifásicos. O Inversor controlador do motor foi parametrizado para atender às características nominais do motor. As Figuras 11, 12 e 13, mostram o desenvolvimento no laboratório.

Figura 11 – Diagrama de arranjo da fonte em teste com carga



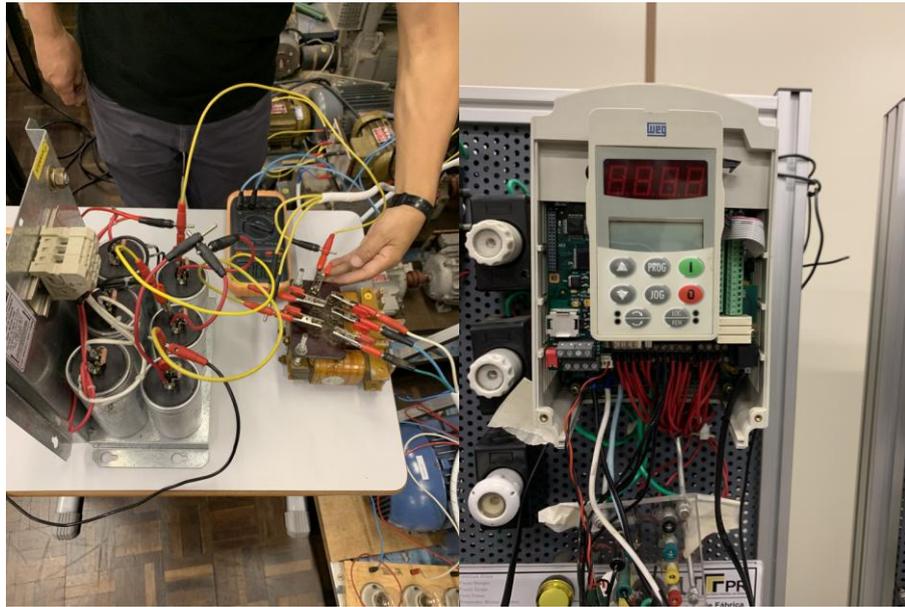
Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – CFW-09 funcionando como fonte



Fonte: Autoria própria.

**Figura 13 – CFW-09 + motor funcionando como carga**



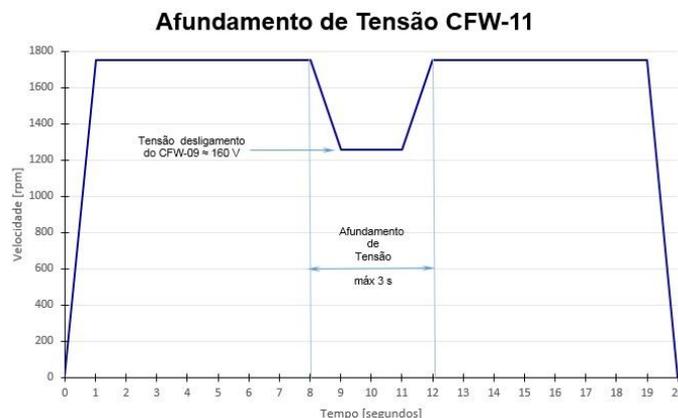
Fonte: Autoria própria.

Os ensaios foram bem sucedidos, e numa análise preliminar foi verificado que sem a função *ride-through* estar acionada o conjunto inversor/motor desligou quando a tensão de entrada chegou a cerca de 160 V.

Nesta parte do desenvolvimento, e devido ao sucesso dos ensaios anteriores, foi possível utilizar o inversor de frequência CFW-11 (WEG, 2016c), como fonte do afundamento de tensão, este equipamento é um modelo mais atual e possui outros recursos, o que facilita na geração dos afundamentos em função do tempo.

De posse dos dados necessários para a geração de afundamentos de tensão a ideia foi implementar uma curva, conforme mostrada na Figura 14, que pudesse padronizar o fenômeno e repeti-lo tantas vezes quanto fossem necessárias.

**Figura 14 – Curva de afundamento de tensão para CFW-11**



Fonte: Autoria própria.

A parametrização (feita através da Interface Homem Máquina – IHM), para o funcionamento do CFW-11, está disposta na Tabela 2. Somente estão mostrados os valores alterados, para maiores detalhes será preciso consultar o Manual de Programação do Inversor.

**Tabela 2 – Parametrização CFW-11 para afundamento de tensão**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Ajuste</b>
P0000	Acesso aos Parâmetros	5
P0100	Tempo Aceleração	1 s
P0101	Tempo Desaceleração	1 s
P0105	Seleção 1a/2a Rampa	2 = DIx
P0121	Referência pela IHM	1750 rpm
P0124	Ref. 1 <i>Multispeed</i>	1750 rpm
P0125	Ref. 2 <i>Multispeed</i>	1255 rpm
P0133	Velocidade Mínima	0 rpm
P0134	Velocidade Máxima	1750 rpm
P0205	Sel. Parâm. Leitura 1	2 = Veloc. Motor #
P0206	Sel. Parâm. Leitura 2	6 = Tensão Saída #
P0207	Sel. Parâm. Leitura 3	5 = Freq. Motor #
P0220	Seleção Fonte LOC/REM	0 = Sempre LOC
P0221	Sel. Referência LOC	8 = <i>Multispeed</i>
P0263	Função da Entrada DI1	1 = Gira/Para
P0264	Função da Entrada DI2	0 = Sem Função
P0265	Função da Entrada DI3	0 = Sem Função
P0266	Função da Entrada DI4	13 = <i>Multispeed</i>
P0267	Função da Entrada DI5	13 = <i>Multispeed</i>
P0268	Função da Entrada DI6	13 = <i>Multispeed</i>
P0296	Tensão Nominal Rede	0 = 200 - 240 V
P0400	Tensão Nominal Motor	220 V
P0401	Corrente Nom. Motor	10 A
P0402	Rotação Nom. Motor	1750 rpm
P0403	Frequência Nom. Motor	60 Hz
P0404	Potência Nom. Motor	6 = 3,0 CV
P0406	Ventilação do Motor	0 = Autoventilado

**Fonte: Autoria própria.**

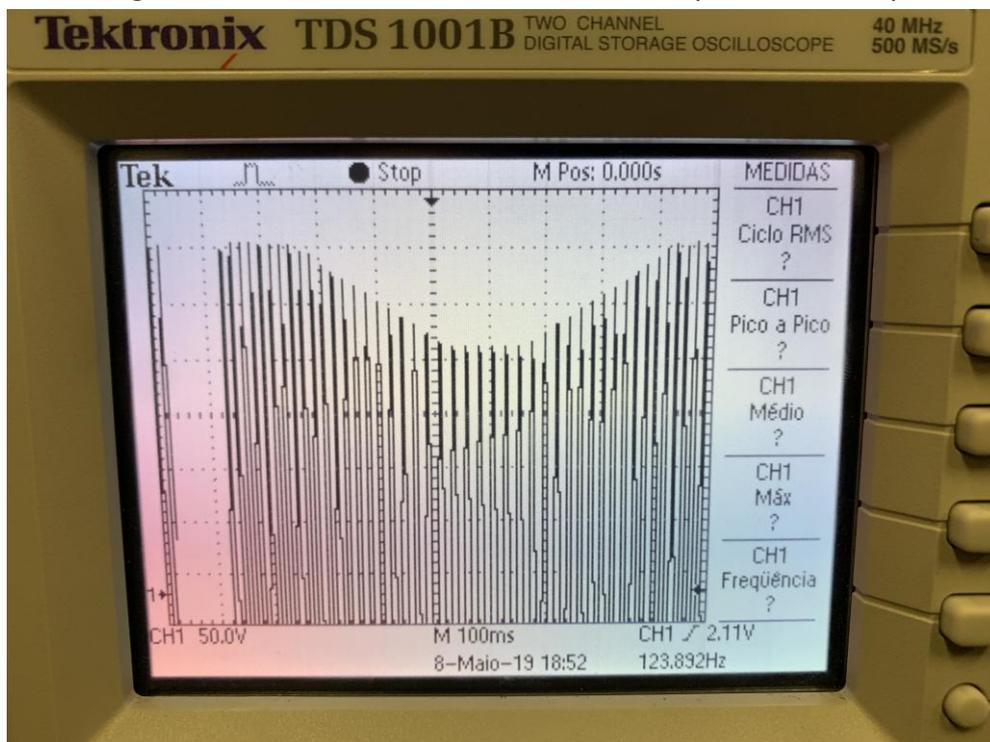
Após ajustados os parâmetros do inversor, novos ensaios foram efetuados, conforme Figuras 15 e 16.

**Figura 15 – CFW-11 parametrizado como fonte de afundamento de tensão**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 16 – Afundamento de tensão 1º ensaio (170 V – 630 ms)**

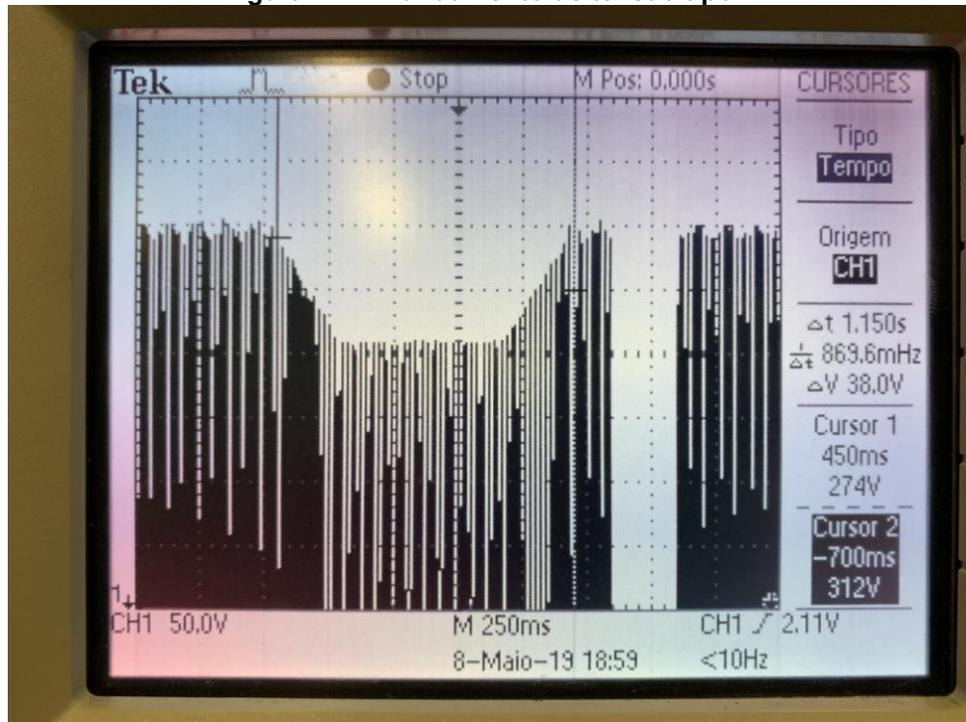


Fonte: Autoria própria.

Os afundamentos foram repetidamente gerados e monitorados. Para fim de simplificação a Figura 17, ilustra um dos afundamentos onde os valores médios medidos foram: amplitude de tensão no afundamento 146 V, tempo da rampa de

descida 240 ms, tempo da rampa de subida 290 ms, tempo de permanência na crista do afundamento 660 ms e tempo total do evento 1.150 ms.

Figura 17 – Afundamento de tensão tipo A



Fonte: Autoria própria.

### 3.3 CONJUNTO INVERSOR-MOTOR SOB ENSAIO – MANUAL

Por questões de layout do laboratório, disponibilidade e segurança de equipamentos, foram escolhidos o inversor CFW-09 (WEG, 2016a), para trabalhar no acionamento e controle do motor WEG – 220V – 0,33 CV – 3.520 rpm, sem carga.

O inversor CFW-09 foi parametrizado conforme apresentado na Tabela 3, para duas operações distintas, a primeira para atuação por detecção de sub tensão, habilitando a função P0214 (detecção de falta de fase na rede), e depois para atuação do *ride-through*, o que implica em desabilitar a função P0214, e habilitar as funções P0296 (3 = *ride-through*) e P0202 (3 = *vetorial sensorless*).

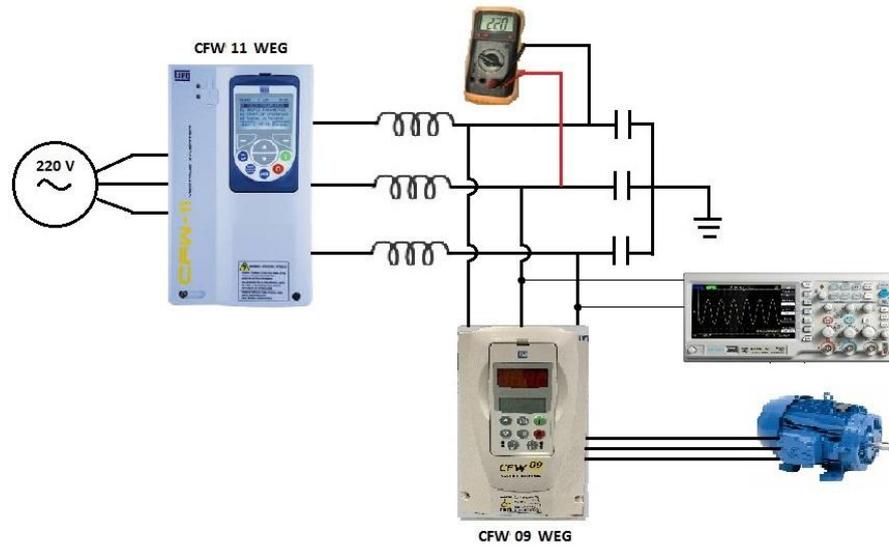
Tabela 3 – Parametrização CFW-09 para acionamento do motor

Parâmetro	Descrição	Ajuste
P000	Acesso aos Parâmetros	5
P100	Tempo Aceleração	20 s
P101	Tempo Desaceleração	20 s
P121	Referência pela IHM	3600 rpm
P133	Velocidade Mínima	0 rpm
P134	Velocidade Máxima	3600 rpm
P202	Tipo de Controle	0 = V/F 60Hz (inicialmente) 3 = Vetorial Sensorless
P205	Sel. Parâm. Leitura	2 = Velocidade do Motor
P214	Detecção de Falta de Fase	1 = Ativa (inicialmente) 0 = Inativa
P220	Seleção Fonte LOC/REM	0 = Sempre LOC
P221	Sel. Referência LOC	0 = IHM
P232	Seleção do modo de parada	0 = Gira/Para
P263	Função da Entrada DI1	1 = Gira/Para
P296	Tensão Nominal Rede	0 = 200 - 240 V
P320	Flying Start/Ride-Through	0 = Inativas (inicialmente) 3 = Ride-Through
P400	Tensão Nominal Motor	220 V
P401	Corrente Nom. Motor	1,5 A
P402	Rotação Nom. Motor	3600 rpm
P403	Frequência Nom. Motor	60 Hz
P404	Potência Nom. Motor	0 = 0,33 CV
P406	Ventilação do Motor	0 = Autoventilado

Fonte: Autoria própria.

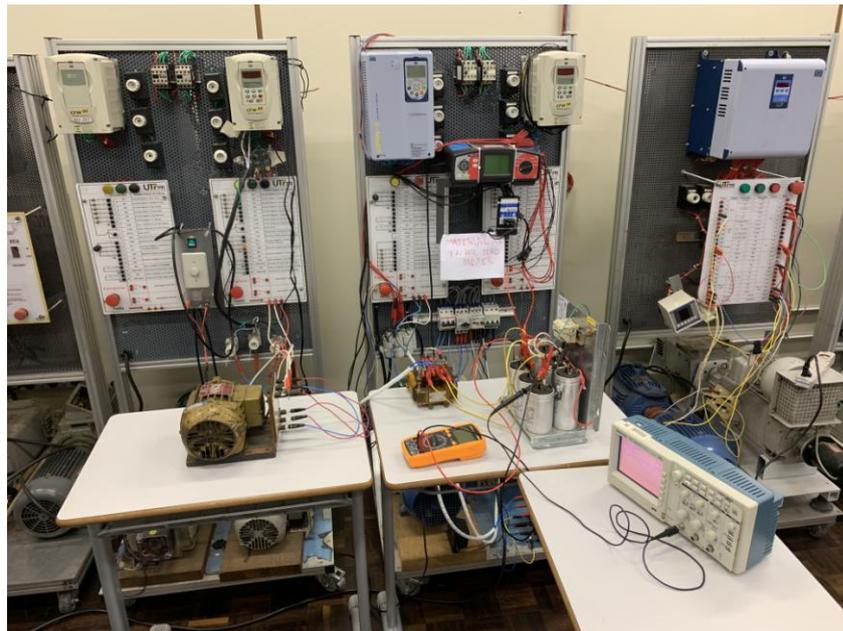
A Figura 18, ilustra o diagrama esquemático de montagem as conexões e os diferentes dispositivos utilizados para a análise da suportabilidade do equipamento enfocado, a montagem no laboratório pode ser observada na Figura 19.

Figura 18 – Diagrama de arranjo completo para testar o *ride-through*



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 – Montagem do conjunto testado



Fonte: Autoria própria.

Nos primeiros testes, o sensor de detecção de falta de fase desligou o conjunto, sinalizando erro (E02) quando a tensão aplicada alcançou o valor de 0,73 pu ou 160 V. Após a mudança na parametrização (habilitando a função *ride-through*), o inversor não desligou instantaneamente o motor para o mesmo afundamento de tensão aplicado, a velocidade do motor baixou gradativamente e quando o nível de tensão retornou a condição normal, o inversor acelerou o motor até que este atingisse as condições nominais.

Conforme já explicado, a função *ride-through* permite que haja o aproveitamento da inércia do conjunto motor-carga para manter o capacitor do link DC sob tensão, retardando assim o completo descarregamento deste capacitor, isto permite que quando da normalização da tensão de entrada o inversor volte a acelerar o motor de forma gradativa até a condição nominal, evitando-se assim o desligamento e a reaceleração do conjunto é feita de forma controlada evitando a sobrecorrente no conjunto. A duração deste efeito depende da amplitude e do tempo do afundamento de tensão sobre o equipamento e varia de inversor para inversor.

Note que quando habilitada a função *ride-through* (P0296), é de fundamental importância a habilitação do controle vetorial (função P0296), pois, em termos de Qualidade de Energia e de continuidade operacional em casos de afundamentos de tensão, em contraste ao sistema de controle escalar, o qual requer que seja considerado um tempo morto para decaimento do fluxo magnético do motor, tempo este que pode levar o processo a um estado de desligamento.

Continuando os testes, foram aplicados afundamentos de tensão de diferentes severidades, a intenção foi determinar o comportamento do inversor em termos suportabilidade operacional (tempo máximo que o inversor permanece sem desligar). Como ponto de partida utiliza-se como valor mais severo obtido para o desligamento instantâneo da função falta de fase (160 V), e foram aplicadas tensões de forma a obter os resultados mostrados na Tabela 4. Note que por definição a magnitude do afundamento de tensão deve ser entre 0,1 e 0,9 pu do valor eficaz da tensão de referência, no caso 220 V.

**Tabela 4 – Síntese dos procedimentos laboratoriais - IHM**

<b>Tensão Aplicada (V)</b>	<b>Valores em pu</b>	<b>Suportabilidade (ms)</b>
160	0,73	1330
176	0,80	2800
187	0,85	não desliga
198	0,90	não desliga

**Fonte: Autoria própria.**

Foram testados alguns valores abaixo de 0,73 pu e em todos os casos houve desligamento do inversor com sinalizando erro (E02).

Os resultados obtidos serão analisados no Capítulo 4.

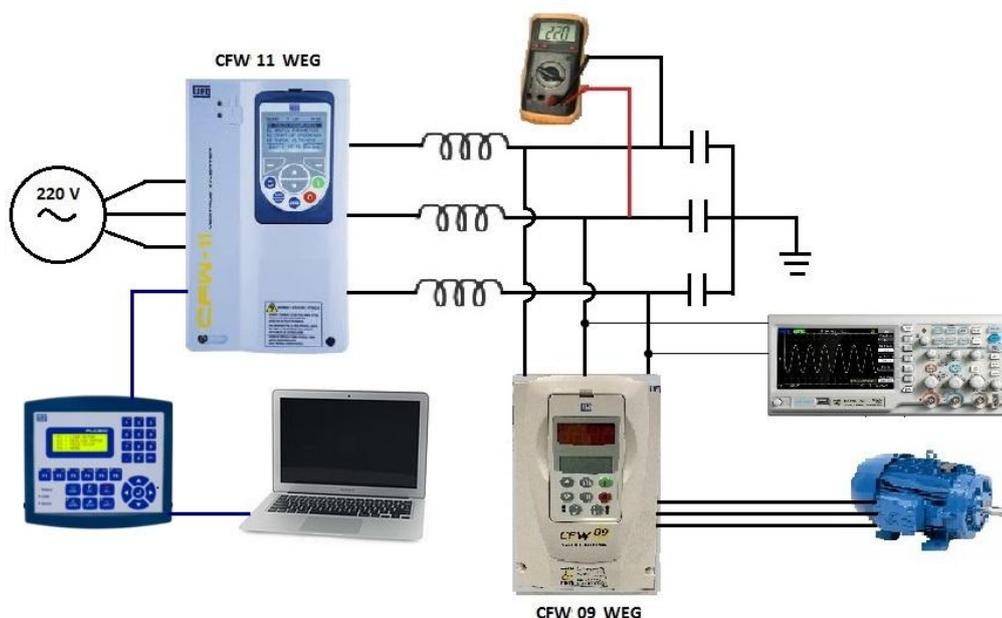
### 3.4 CONJUNTO INVERSOR-MOTOR SOB ENSAIO – MINI REDE MODBUS

Afim de aprimorar a técnica e precisão dos ensaios executados e uma melhor apuração nos resultados, foi desenvolvida uma mini rede Modbus para repetir os ensaios realizados no item 3.3.

Além do material aplicado no ensaio anterior, foram também utilizados um laptop com os softwares WPS (*Weg Programming Suite*) (WEG, 2019), e SuperDrive da WEG, e o CLP 300 WEG.

A Figura 20, ilustra o diagrama esquemático de montagem do ensaio agora funcionando através de uma mini rede Modbus.

**Figura 20 – Montagem do conjunto funcionando em rede Modbus**



**Fonte: Autoria própria.**

Desta vez a parametrização do inversor CFW-11 foi feita através do software SuperDrive, e encontra-se disponível no Apêndice A. O inversor CFW-09 permaneceu com a mesma parametrização utilizada no anterior ensaio, nas condições de funcionamento sem e com a função *ride-through*.

O programa desenvolvido na linguagem Ladder para esta etapa, encontra-se disponível no Apêndice B, e foi feito com a utilização do software WPS (WEG, 2019). Em resumo o programa permite que as alterações de tempo de duração do afundamento de tensão e velocidade, que determina a tensão de saída do CFW-11, sejam definidos via teclado do computador. Após todo o sistema estar em condições

nominais – entenda-se por sistema o inversor CFW-11 funcionando como gerador e o CFW-09 como inversor do motor de 0,33 CV – determina-se o valor da amplitude e duração do afundamento de tensão, e a mini rede executa exatamente o que foi determinado.

Foram repetidos os valores de amplitude dos afundamentos de tensão dos ensaios feitos anteriormente, estressando para cada tensão os valores dos tempos até que estes atingissem seu limite crítico, os resultados alcançados encontram-se na Tabela 5.

**Tabela 5 – Síntese dos procedimentos laboratoriais - Modbus**

<b>Tensão Aplicada (V)</b>	<b>Valores em pu</b>	<b>Suportabilidade (ms)</b>
160	0,73	2140
176	0,80	3360
187	0,85	não desliga
198	0,90	não desliga

**Fonte: Autoria própria.**

Tal qual os resultados dos ensaios do Capítulo 3.3, estes resultados serão analisados a seguir, no Capítulo 4.

## 4 ENSAIOS E VALIDAÇÃO

Os inversores de frequência atuais apresentam funções que podem satisfazer as condições de processos industriais. Sua capacidade de operar durante afundamentos momentâneos, a função *ride-through*, deve ser parametrizada pelo usuário de forma atender as condições específicas do processo.

A função *ride-through* é um recurso importante na mitigação dos afundamentos de tensão, porém alguns processos mais sensíveis podem requerer equipamentos com inversores com recursos mais robustos em termos de amplitude e suportabilidade (tensões abaixo dos 0,73 pu e/ou tempos acima dos encontrados).

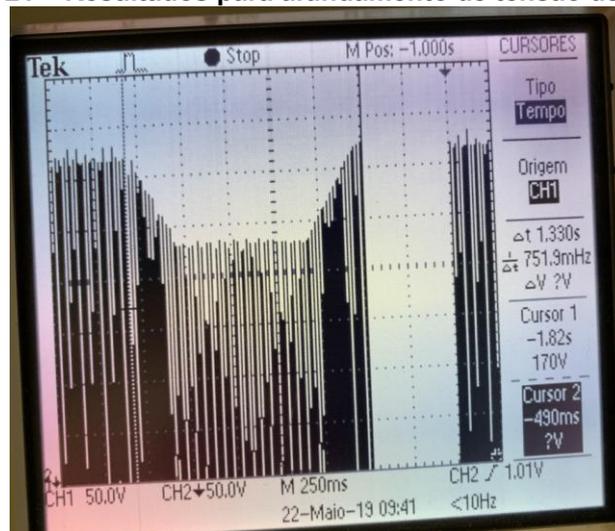
Avaliando os resultados dos ensaios realizados nos Capítulos 3.3 e 3.4, percebe-se que o comportamento dos inversores em relação aos afundamentos aplicados é semelhante, a menos dos tempos de suportabilidade obtidos, observa-se então os resultados a seguir.

### 4.1 ENSAIO DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH VIA IHM

Relembrando, nesta etapa a metodologia de trabalho consistiu no monitoramento do comportamento do inversor CFW-09, trabalhando no acionamento e controle do motor WEG – 220V – 0,33 CV – 3.520 rpm, sem carga e sendo alimentado pelo inversor CFW-11, com atuação de impulsos através das entradas DIX, mais especificamente: DI4, DI5 e DI6.

Para a tensão de 0,73 pu o inversor suportou o motor sem haver desligamento por 1.330 ms, conforme oscilograma da Figura 21, valores acima deste tempo o inversor aciona o erro por falta de fase E02.

Figura 21 – Resultados para afundamento de tensão de 0,73 pu

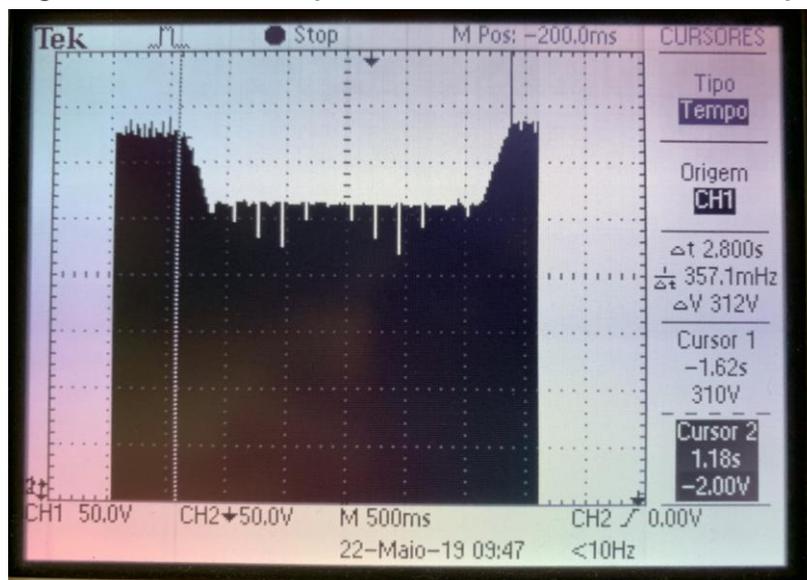


Fonte: Autoria própria.

É importante perceber que este é o limite da amplitude do afundamento de tensão, que este modelo suporta, abaixo dos 160V ou 0,73 pu, o equipamento em teste alarma sempre, mesmo com a função *ride-through* habilitada, e quando isto ocorrer o operador terá de reconhecer o alarme e reiniciar o ciclo.

Para a tensão de 0,80 pu o inversor suportou o motor sem haver desligamento por 2.800 ms, conforme Figura 22, para tempos superiores o inversor permanece ligado, porém cessa o giro do motor, e quando a tensão volta ao valor nominal, o inversor volta a acelerar o motor até que este alcance os valores nominais.

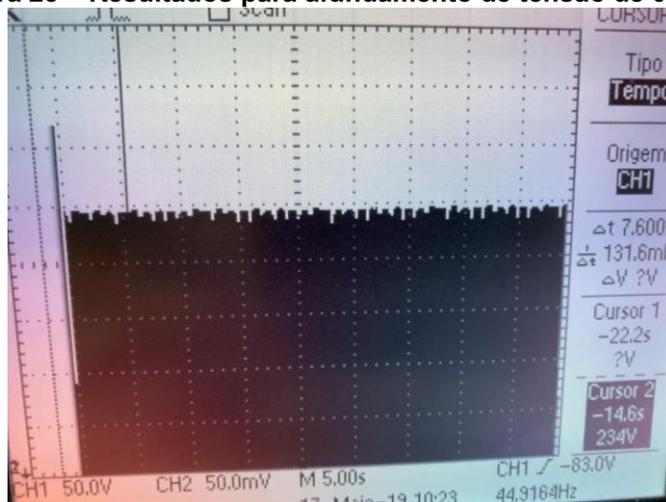
Figura 22 – Resultados para afundamento de tensão de 0,80 pu



Fonte: Autoria própria.

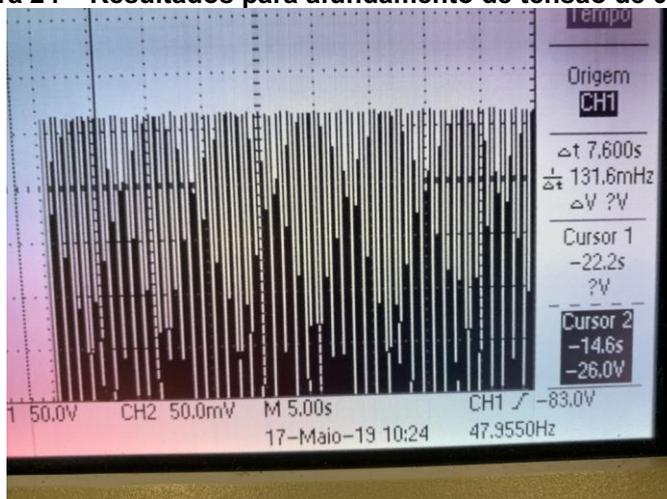
Para as tensões superiores: 0,85 e 0,90 pu, o inversor suportou indefinidamente o motor sem haver desligamento nem parada da rotação, vide as Figuras 23 e 24. A rotação do motor cai, porém, após o término do afundamento de tensão, o equipamento volta a condição nominal de 3520 rpm.

**Figura 23 – Resultados para afundamento de tensão de 0,85 pu**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 24 – Resultados para afundamento de tensão de 0,90 pu**



Fonte: Autoria própria.

#### 4.2 ENSAIO DA FUNÇÃO RIDE-THROUGH VIA MINI REDE MODBUS

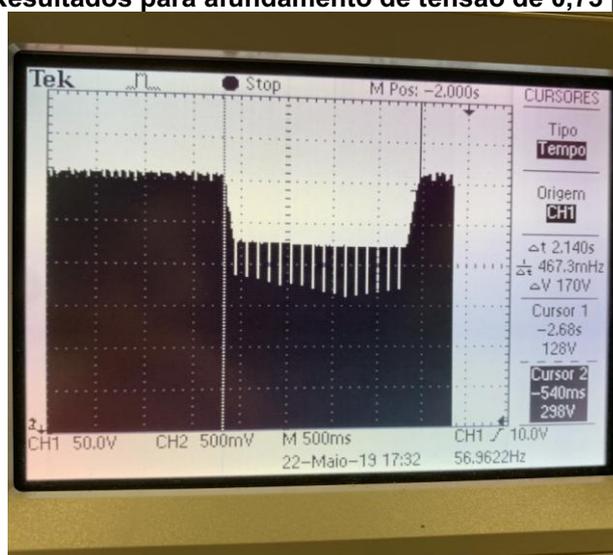
A mini rede aplicada no controle do inversor CFW-11 usado como gerador de afundamentos de tensão neste ensaio, permitiu verificar valores de suportabilidade de tempo mais precisos no conjunto inversor-motor em teste, um valor inicial de

tempo foi aplicado e testado, esse valor foi sendo aumentado gradativamente até atingir o limite máximo desejado.

Avaliando os resultados dos ensaios realizados e comparando com os resultados encontrados nos ensaios feitos de forma manual percebe-se que o comportamento dos inversores em relação aos afundamentos aplicados é semelhante em ambos os casos, somente variando os tempos de suportabilidade obtidos devido a maior precisão.

Para a tensão de 0,73 pu o inversor suportou o motor sem haver desligamento por 2.140 ms, conforme Figura 25 (maior que os 1.330 ms obtidos no outro ensaio), porém, igualmente acima deste tempo ou abaixo desta amplitude, o inversor aciona o erro por falta de fase E02.

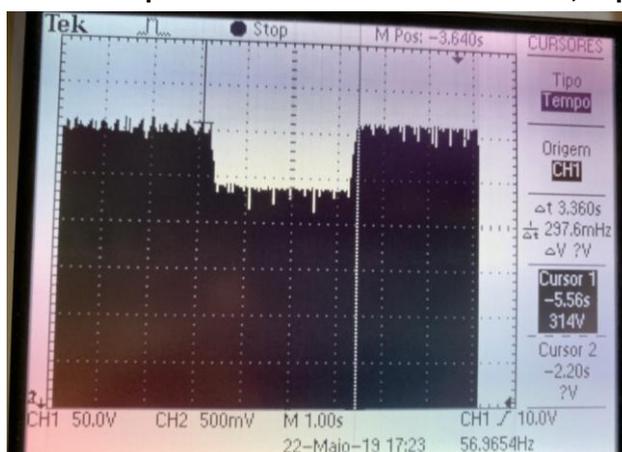
**Figura 25 – Resultados para afundamento de tensão de 0,73 pu – mini rede**



**Fonte: Autoria própria.**

Para a tensão de 0,80 pu o inversor suportou o motor sem haver desligamento por 3.360 ms, conforme Figura 26, tempo superior aos 2.800 ms no ensaio manual, igualmente acima deste tempo o inversor cessa o giro do motor, porém permanece ligado e quando a tensão volta ao valor nominal, o inversor volta a acelerar o motor até que este alcance os valores nominais.

**Figura 26 – Resultados para afundamento de tensão de 0,80 pu – mini rede**

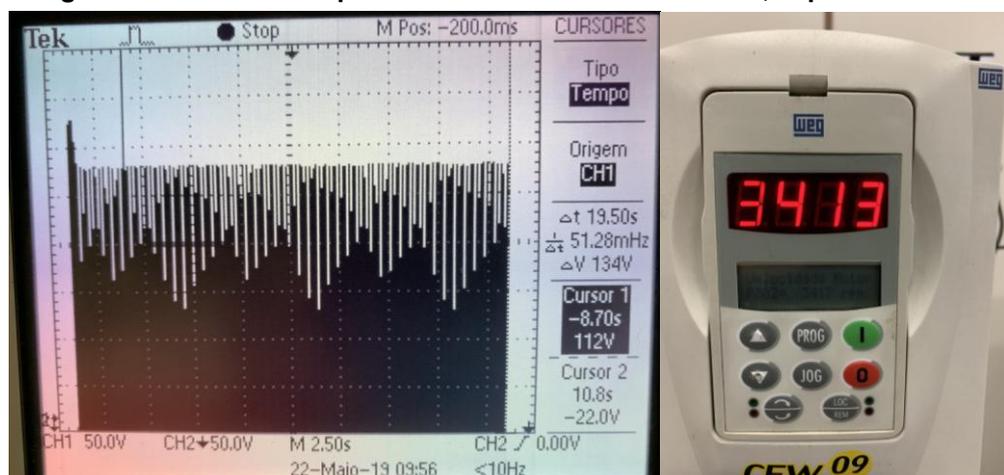


Fonte: Autoria própria.

A implementação do controle por rede, aumentou a precisão dos resultados dos tempos de suportabilidade nos dando melhor percepção do tempo de descarga do capacitor. Para tensão de 0,80 pu o capacitor não chega a descarregar, a amplitude de tensão do afundamento é suficiente para manter o inversor ligado, porém, o equipamento não tem energia suficiente para girar o motor, o que por si só interromperia um processo industrial, mas dispensa a necessidade de o operador ter de reconhecer um alarme para a retomada da operação, quando da normalização da rede.

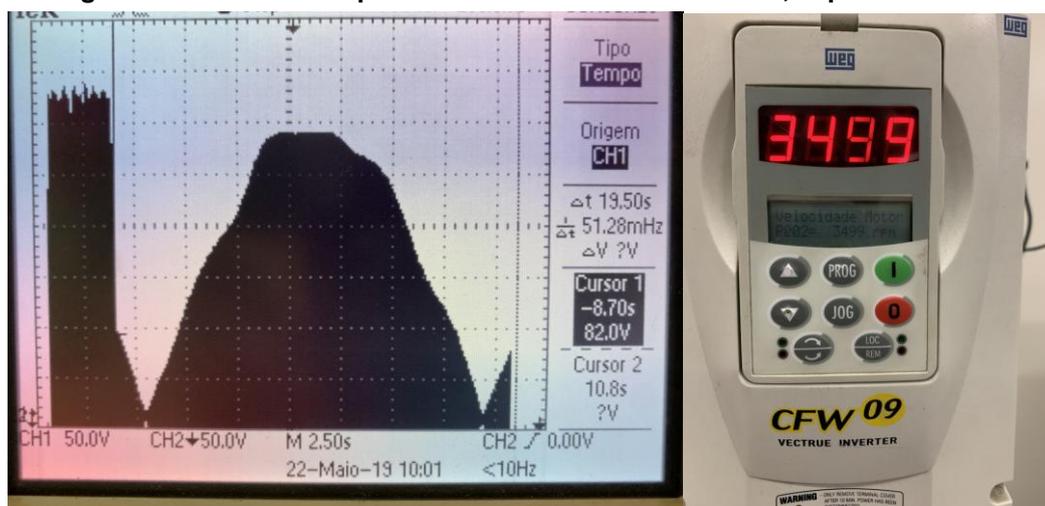
Tal qual no ensaio manual, para as tensões de: 0,85 e 0,90 pu, o inversor suportou indefinidamente o motor sem haver desligamento nem parada da rotação, vide as Figuras 27 e 28. A rotação do motor cai, porém, após o término do afundamento de tensão, o equipamento volta a condição nominal de 3520 rpm.

**Figura 27 – Resultados para afundamento de tensão de 0,85 pu – mini rede**



Fonte: Autoria própria.

Figura 28 – Resultados para afundamento de tensão de 0,90 pu – mini rede



Fonte: Autoria própria.

Como observação, foi notado um aumento significativo da vibração do motor quando da aplicação da função P0202 (3 = *vetorial sensorless*). O aumento no ruído na tensão de saída do inversor para o motor o fez vibrar bastante quando comparado ao funcionamento em condições normais de tensão corrente e velocidade.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia do trabalho consistiu no monitoramento da resposta do inversor de frequência CFW-09 da WEG (WEG, 2016a), operando com um motor a vazio de 0,33 cv em velocidade nominal, com e sem a função *ride-through* habilitada. Para o desenvolvimento, foi necessária a utilização de um outro inversor WEG, o CFW-11 como gerador de afundamentos de tensão, este equipamento foi operado de forma manual e através de uma mini rede, e se mostrou eficaz ao propósito do experimento.

Os resultados demonstram que o inversor em questão, e a função *ride-through*, podem ser bastante eficazes dentro de alguns limites do projeto construtivo do equipamento e da aplicação a que se destina.

O desempenho do inversor de potência se mostrou satisfatório, os resultados confirmam quão importante e adequada é a função *ride-through*, apesar de o modelo ensaiado não ter a robustez e eficácia necessária para alguns processos mais sensíveis, ou para condições mais severas de afundamentos de tensão, com amplitudes inferiores aos 0,73 pu, ou acima dos tempos máximos aqui obtidos.

Em alguns casos os processos industriais não podem tolerar a perda de velocidade ou controle de torque, mesmo que por alguns milissegundos. A tensão do barramento DC precisa ser mantida dentro de limites toleráveis durante um afundamento.

Levando em consideração a configuração do retificador de um inversor, ilustrado na Figura 3 (Capítulo 2.3), algumas modificações ou melhorias podem ser aplicadas ao projeto deste, para aumentar a eficácia da ação mitigadora da função *ride-through*, como por exemplo aumentar o tamanho do banco de capacitores ou instalar um *nobreak* no barramento DC. Medidas relativamente simples e pouco custosas podem garantir um melhor desempenho para o equipamento.

É importante também perceber como o inversor reestabelece as condições nominais após o desligamento ou parada do motor. Existem processos industriais, que o simples fato do inversor recuperar a condição nominal sem a necessidade da intervenção do operador, já é o suficiente para ser considerado eficaz.

Este problema na qualidade de energia fornecida pelas concessionárias, que a pesar de muito sutil, afeta as indústrias de forma muito agressiva. O afundamento

de tensão é um evento de curta duração que por vezes é pouco percebido, pois somente 10% do valor eficaz de tensão é reduzido em milésimos de segundo. Apesar disso, pode causar danos a produção na forma de parada de produção e avarias nos equipamentos, ou com perda de qualidade no produto final por exemplo.

Ações por parte das indústrias ou dos fabricantes, tais como os exemplos citados anteriormente para o banco de capacitores e o uso do *nobreak*, podem promover o aumento da robustez do equipamento no que se refere a manutenção da tensão do *link DC* e/ou velocidade do motor, adequando assim o equipamento à processos mais sensíveis.

A solução para o problema dos afundamentos de tensão nos sistemas industriais, também passa pelo estudo dos equipamentos individualmente e por uma visão do sistema elétrico como um todo. Estas duas partes não podem ser vistas isoladamente, há uma interação entre elas.

Outras ações podem e devem ser adotadas pelas indústrias, mesmo porque as normas e legislação brasileiras, ainda não avaliam a situação de maneira mais profunda e adequada, ou seja, estes custos de produção provocados por afundamentos de tensão de curta duração ainda não tem o suporte necessário ao consumidor.

Do que é sabido como boa prática, as indústrias podem classificar seus processos quanto a criticidade, executar partidas escalonadas de grandes equipamentos e instalar fontes alternativas de energia para garantir a continuidade das operações, como por exemplo geração própria ou quando alimentado pela rede, com ligação à circuitos de emergência com utilização de geradores e UPS. Cada ação é claro tem um custo que deve ser levantado e avaliado para a viabilização de sua implementação.

A implementação de inversores nas indústrias é uma realidade, é preciso aproveitar todos os recursos disponibilizados no equipamento para mitigar os efeitos nocivos dos afundamentos de tensão.

Este trabalho não tem o intuito de apresentar qual é o melhor inversor no mercado, a escolha depende muito do que se deseja, existem particularidades em sistemas produtivos distintos. Entre os fabricantes existem várias ofertas, onde se devem observar algumas características conforme as exigências que os processos fabris impõem. Neste contexto, além do desempenho e robustez, é considerado

também o custo de implantação e de manutenção, sendo preciso analisar se realmente o modelo escolhido é o ideal para determinada aplicação, por isso é importante conhecer as particularidades de cada um deles.

É de grande importância que todos os recursos do inversor, incluindo as parametrizações corretas, sejam bem conhecidas pelo usuário. Para isso é fundamental que haja um treinamento na recepção destes equipamentos.

Este trabalho pode ser tomado como base para projetos em futuros desenvolvimentos acadêmicos que queiram focar na área de automação industrial, mais especificamente no incremento da utilização dos inversores como importante aliado na mitigação de afundamentos de tensão, na melhoria da suportabilidade destes equipamentos, quando utilizando a função *ride-through* ou talvez a diminuição da vibração causada no motor quando o controle vetorial é habilitada, sugerindo alterações técnicas e custos envolvidos de implementação; e na área de energia, sugerindo maneiras de medir e controlar esse fenômeno, auxiliando na criação de novas normas e elaboração de legislação específica impondo regras e sanções tanto para concessionárias de energia quanto para consumidores.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília/DF, publicado em: 27 jan. 2016. Resolução normativa n. 794/2017 com vigência a partir de: 01 jan. 2018. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo\\_8-Revis%C3%A3o\\_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9)>. Acesso em: 10 abr. 2019.

DAL PUPO, Andreas. **Estudo de metodologias de projeto para filtros de saída de inversores**. 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco, 2015.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 3. ed. Bookman Artmed. 2006.

IEEE. **1159-2009 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), publicado em: 26 jun. 2009. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5154067>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

MAIA, Reinaldo Moreira. **Caracterização das variações de tensão de curta duração e seus impactos em uma planta da indústria alimentícia**. 2011. 88 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8U4HHF>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

SILVA, Evandro Rodrigues da. **Implementação de uma rede industrial para acionamentos de máquinas elétricas utilizando o protocolo CANopen**. 2018. 126 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, ago. 2018.

VALLE, Luiz Alberto Fernandes; LOPES, Dilermando Alberto Ragone; JESUS, Edmundo Gonçalves de. **Afundamento momentâneo de tensão**: minimização das paradas das unidades de refino de petróleo. 2003. 6 p. VSBQEE – Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica, Aracaju, ago. 2003. Disponível em: <<https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/AFUNDAMENTO-MOMENTA%CC%82NEO-DE-TENSA%CC%83O-MINIMIZAC%CC%A7A%CC%83O-DAS-PARADAS-DAS-UNIDADES-DE-REFINO-DE-PETRO%CC%81LEO.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

VAN ZYL, Annabelle; et al. **Voltage sag ride-through for adjustable-speed drives with active rectifiers**. IEEE Transactions on Industry Applications. v. 34, n. 6, nov.-dez. 1998. Disponível : <<https://ieeexplore.ieee.org/document/739005>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

VON JOUANNE, Annette; ENJETI, Prasad; BANERJEE, Basudeb. **Assessment of ride-through alternatives for adjustable speed drives**. Conference Record of 1998 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Third IAS Annual Meeting, v. 35, n. 4, St. Louis, MO, USA, 12-15 out. 1998. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/730345>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

WEG. **Controlador Lógico Programável – CLPs**: Relé programável. Catálogo de automação. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: dez. 2015. 28 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h02/h8e/WEG-controladores-logicos-programaveis-clps-10413124-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

WEG. **Inversor de frequência CFW-09**: Software versão 3.1X. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: mar. 2016a. 317 p.

WEG. **Inversor de frequência CFW-11 V5.8X**. Manual de programação. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: mai. 2016b. 307 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hf2/h08/WEG-cfw11-manual-de-programacao-10004273562-5-8x-manual-pt.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

WEG. **Inversor de frequência CFW-11**. Manual do inversor de frequência. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: nov. 2016c. 115 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h17/hc9/WEG-cfw-11-manual-do-usuario-400v-mec.-f-a-h-10000694773-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

WEG. **Modbus TCP – PLC300**. Manual do usuário. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: abr. 2013. 37 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h3b/h12/WEG-plc300-comunicacao-modbus-tcp-10001276962-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

WEG. **Motores de indução alimentados por inversores de frequência PWM**. Guia técnico. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: set. 2006. 36 p. Disponível em: < <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h10/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-50029351-brochure-portuguese-web.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

WEG. **Redes de comunicação entre equipamentos WEB**. Módulo 5: Curso teórico e prático. Apostila de treinamento. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC. 2018. 119 p.

WEG. **Software WPS v2.5X**. Manual do usuário. Copyright© 2019 WEG, Jaraguá do Sul/SC, publicado em: mar. 2019. 2179 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h17/hc9/WEG-cfw-11-manual-do-usuario-400v-mec.-f-a-h-10000694773-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

## APÊNDICE A: CONFIGURAÇÕES DOS PARÂMETROS INVERSOR CFW-11

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj 1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>
P0000 Acesso aos Parâmetros	5 (Alterado)	P0049 Falha Atual	0
P0001 Referência Velocidade	0 rpm	P0050 Última Falha	21
P0002 Velocidade do Motor	0 rpm	P0051 Dia/Mês Última Falha	13/05
P0003 Corrente do Motor	0 A	P0052 Ano Última Falha	19
P0004 Tensão Barram.CC (Ud)	318 V	P0053 Hora Última Falha	19:54
P0005 Frequência do Motor	0 Hz	P0054 Segunda Falha	21
P0006 Estado do Inversor	1: Run (Execução)	P0055 Dia/Mês Segunda Falha	10/05
P0007 Tensão de Saída	0 V	P0056 Ano Segunda Falha	19
P0009 Torque no Motor	2,2 %	P0057 Hora Segunda Falha	21:10
P0010 Potência de Saída	0 kW	P0058 Terceira Falha	21
P0012 Estado DI8 a DI1	00000100b	P0059 Dia/Mês TerceiraFalha	09/05
P0013 Estado DO5 a DO1	00000001b	P0060 Ano Terceira Falha	19
P0014 Valor de AO1	0 %	P0061 Hora Terceira Falha	22:26
P0015 Valor de AO2	0,21 %	P0062 Quarta Falha	21
P0016 Valor de AO3	0 %	P0063 Dia/Mês Quarta Falha	09/05
P0017 Valor de AO4	0,21 %	P0064 Ano Quarta Falha	19
P0018 Valor de AI1	0,22 %	P0065 Hora Quarta Falha	21:56
P0019 Valor de AI2	0 %	P0066 Quinta Falha	21
P0020 Valor de AI3	0 %	P0067 Dia/Mês Quinta Falha	27/04
P0021 Valor de AI4	0 %	P0068 Ano Quinta Falha	19
P0023 Versão de Software	1,61	P0069 Hora Quinta Falha	15:42
P0027 Config. Acessórios 1	00h	P0070 Sexta Falha	21
P0028 Config. Acessórios 2	CA40h	P0071 Dia/Mês Sexta Falha	22/04
P0029 Config. HW Potência	1100010000001000b	P0072 Ano Sexta Falha	19
P0030 Temperatura IGBTs U	32,6 °C	P0073 Hora Sexta Falha	21:39
P0031 Temperatura IGBTs V	32,6 °C	P0074 Sétima Falha	21
P0032 Temperatura IGBTs W	32,6 °C	P0075 Dia/Mês Sétima Falha	01/04
P0033 Temper. Retificador	32,6 °C	P0076 Ano Sétima Falha	19
P0034 Temper. Ar Interno	42,2 °C	P0077 Hora Sétima Falha	21:09
P0036 Velocidade Ventilador	0 rpm	P0078 Oitava Falha	21
P0037 Sobrecarga do Motor	0 %	P0079 Dia/Mês Oitava Falha	18/03
P0038 Velocidade do Encoder	0 rpm	P0080 Ano Oitava Falha	19
P0039 Contador Pulsos Enc.	0	P0081 Hora Oitava Falha	22:24
P0040 Variável Processo PID	0 %	P0082 Nona Falha	21
P0041 Valor do Setpoint PID	0 %	P0083 Dia/Mês Nona Falha	11/03
P0042 Horas Energizado	61 h	P0084 Ano Nona Falha	19
P0043 Horas Habilitado	7,1 h	P0085 Hora Nona Falha	21:57
P0044 Contador kWh	0 kWh	P0086 Décima Falha	21
P0045 Horas Ventil. Ligado	0 h	P0087 Dia/Mês Décima Falha	08/12
P0048 Alarme Atual	133	P0088 Ano Décima Falha	18

**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj 1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>
P0089 Hora Décima Falha	14:45	P0150 Tipo Regul. Ud V/f	0: Hold Rampa
P0090 Corrente Últ. Falha	0 A	P0151 Nível Regul. Ud V/f	400 V
P0091 Barram. CC Últ. Falha	223 V	P0152 Ganho Prop. Regul. Ud	1,5
P0092 Velocidade Últ. Falha	0 rpm	P0153 Nível Frenagem Reost.	375 V
P0093 Referência Últ. Falha	0 rpm	P0154 Resistor de Frenagem	0 ohm
P0094 Frequência Últ. Falha	0 Hz	P0155 Potência no Res.Fren.	2,6 kW
P0095 Tensão Mot Últ. Falha	0 V	P0156 Corr. Sobrecarga 100%	25,2 A
P0096 Estado Dlx Últ. Falha	00000001b	P0157 Corr. Sobrecarga 50%	21,6 A
P0097 Estado DOx Últ. Falha	00000001b	P0158 Corr. Sobrecarga 5%	12 A
P0100 Tempo Aceleração	5 s (Alterado)	P0159 Classe Térmica Motor	1: Classe 10
P0101 Tempo Desaceleração	5 s (Alterado)	P0160 Otimização Reg. Veloc	0: Normal
P0102 Tempo Acel. 2a Rampa	20 s	P0161 Ganho Prop. Veloc.	7,4
P0103 Tempo Desac. 2a Rampa	20 s	P0162 Ganho Integral Veloc.	0,023
P0104 Rampa S	0: Inativa	P0163 Offset Referência LOC	0
P0105 Seleção 1a/2a Rampa	2: Dlx	P0164 Offset Referência REM	0
P0120 Backup da Ref. Veloc.	1: Ativa	P0165 Filtro de Velocidade	0,012 s
P0121 Referência pela HMI	90 rpm	P0166 Ganho Difer. Veloc.	0
P0122 Referência JOG/JOG+	150 rpm	P0167 Ganho Prop. Corrente	0,5
P0123 Referência JOG-	150 rpm	P0168 Ganho Integ. Corrente	0,01
P0124 Ref. 1 Multispeed	90 rpm	P0169 Máx. Corrente Torque H	125 %
P0125 Ref. 2 Multispeed	300 rpm	P0170 Máx. Corrente Torque AH	125 %
P0126 Ref. 3 Multispeed	600 rpm	P0171 Corr. Torque H em Nmáx	125 %
P0127 Ref. 4 Multispeed	900 rpm	P0172 Corr. Torque AH em Nmáx	125 %
P0128 Ref. 5 Multispeed	1200 rpm	P0173 Tipo Curva Torque Máx	0: Rampa
P0129 Ref. 6 Multispeed	1500 rpm	P0175 Ganho Prop. Fluxo	2
P0130 Ref. 7 Multispeed	1800 rpm	P0176 Ganho Integral Fluxo	0,02
P0131 Ref. 8 Multispeed	1650 rpm	P0178 Fluxo Nominal	100 %
P0132 Nível Máx. Sobreveloc	10 %	P0179 Fluxo Máximo	120 %
P0133 Velocidade Mínima	0 rpm (Alterado)	P0181 Modo de Magnetização	0: Habilita Geral
P0134 Velocidade Máxima	1800 rpm	P0182 Veloc. p/ Atuação I/F	18 rpm
P0135 Corrente Máxima Saída	30 A	P0183 Corrente no Modo I/F	1
P0136 Boost de Torque Man.	1	P0184 Modo Regulação Ud	1: Sem perdas
P0137 Boost de Torque Autom	0	P0185 Nível Regulação Ud	400 V
P0138 Compensação Escorreg.	0 %	P0186 Ganho Proporcional Ud	18
P0139 Filtro Corrente Saída	0,2 s	P0187 Ganho Integral Ud	0,002
P0140 Tempo de Acomodação	0 s	P0188 Ganho Prop. V. Saída	0,2
P0141 Velocidade Acomodação	90 rpm	P0189 Ganho Integ. V. Saída	0,001
P0142 Tensão Saída Máxima	100 %	P0190 Tensão Saída Máxima	209 V
P0143 Tensão Saída Intermed	50 %	P0191 Busca de Zero Encoder	0: Inativa
P0144 Tensão Saída em 3Hz	8 %	P0192 Estado Busca Zero Enc	0: Inativo
P0145 Vel. Início Enf. Campo	1800 rpm	P0200 Senha	1: Ativa
P0146 Veloc. Intermediária	900 rpm	P0201 Idioma	0: Português

**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj 1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

Parâmetro	Ajuste do Usuário	Parâmetro	Ajuste do Usuário
P0202 Tipo de Controle	0: V/f 60 Hz	P0244 Offset da Entrada AI3	0 %
P0203 Sel. Função Especial	0: Nenhuma	P0245 Filtro da Entrada AI3	0 s
P0204 Carrega/Salva Parâm.	0: Sem Função	P0246 Função do Sinal AI4	0: Ref. Veloc.
P0205 Sel. Parâm. Leitura 1	2: Veloc. Motor #	P0247 Ganho da Entrada AI4	1
P0206 Sel. Parâm. Leitura 2	3: Corr. Motor #	P0248 Sinal da Entrada AI4	0: 0 a 10V/20mA
P0207 Sel. Parâm. Leitura 3	5: Freq. Motor #	P0249 Offset da Entrada AI4	0 %
P0208 Fator Escala Ref.	1800	P0250 Filtro da Entrada AI4	0 s
P0209 Unidade Eng. Ref. 1	114	P0251 Função da Saída AO1	2: Veloc. Real
P0210 Unidade Eng. Ref. 2	112	P0252 Ganho da Saída AO1	1
P0211 Unidade Eng. Ref. 3	109	P0253 Sinal da Saída AO1	0: 0 a 10V/20mA
P0212 Forma Indicação Ref.	0: wxyz	P0254 Função da Saída AO2	5: Corrente Saída
P0213 Fundo Escala Leitura1	100 %	P0255 Ganho da Saída AO2	1
P0214 Fundo Escala Leitura2	100 %	P0256 Sinal da Saída AO2	0: 0 a 10V/20mA
P0215 Fundo Escala Leitura3	100 %	P0257 Função da Saída AO3	2: Veloc. Real
P0216 Contraste Display HMI	27	P0258 Ganho da Saída AO3	1
P0217 Bloqueio por Vel.Nula	0: Inativo	P0259 Sinal da Saída AO3	4: 0 a 10 V
P0218 Saída Bloq. Vel. Nula	0: Ref. ou Veloc.	P0260 Função da Saída AO4	5: Corrente Saída
P0219 Tempo com Veloc. Nula	0 s	P0261 Ganho da Saída AO4	1
P0220 Seleção Fonte LOC/REM	2: Tecla LR (LOC)	P0262 Sinal da Saída AO4	4: 0 a 10 V
P0221 Sel. Referência LOC	0: HMI	P0263 Função da Entrada DI1	0: Sem Função (Alterado)
P0222 Sel. Referência REM	9: Serial/USB (Alterado)	P0264 Função da Entrada DI2	0: Sem Função (Alterado)
P0223 Seleção Giro LOC	2: Tecla SG (H)	P0265 Função da Entrada DI3	0: Sem Função
P0224 Seleção Gira/Pára LOC	0: Teclas I,O	P0266 Função da Entrada DI4	0: Sem Função
P0225 Seleção JOG LOC	1: Tecla JOG	P0267 Função da Entrada DI5	0: Sem Função (Alterado)
P0226 Seleção Giro REM	5: Serial/USB (H) (Alterado)	P0268 Função da Entrada DI6	0: Sem Função (Alterado)
P0227 Seleção Gira/Pára REM	2: Serial/USB (Alterado)	P0269 Função da Entrada DI7	0: Sem Função
P0228 Seleção JOG REM	0: Inativo (Alterado)	P0270 Função da Entrada DI8	0: Sem Função
P0229 Seleção Modo Parada	0: Por Rampa	P0275 Função Saída DO1(RL1)	13: Sem Falha
P0230 Zona Morta (AIs)	0: Inativa	P0276 Função Saída DO2(RL2)	2: N > Nx
P0231 Função do Sinal AI1	0: Ref. Veloc.	P0277 Função Saída DO3(RL3)	1: N* > Nx
P0232 Ganho da Entrada AI1	1	P0278 Função da Saída DO4	0: Sem Função
P0233 Sinal da Entrada AI1	0: 0 a 10V/20mA	P0279 Função da Saída DO5	0: Sem Função
P0234 Offset da Entrada AI1	0 %	P0281 Frequência Fx	4 Hz
P0235 Filtro da Entrada AI1	0 s	P0282 Histerese Fx	2 Hz
P0236 Função do Sinal AI2	0: Ref. Veloc.	P0283 Tempo para DO2 ON	0 s
P0237 Ganho da Entrada AI2	1	P0284 Tempo para DO2 OFF	0 s
P0238 Sinal da Entrada AI2	0: 0 a 10V/20mA	P0285 Tempo para DO3 ON	0 s
P0239 Offset da Entrada AI2	0 %	P0286 Tempo para DO3 OFF	0 s
P0240 Filtro da Entrada AI2	0 s	P0287 Histerese Nx/Ny	18 rpm
P0241 Função do Sinal AI3	0: Ref. Veloc.	P0288 Velocidade Nx	120 rpm
P0242 Ganho da Entrada AI3	1	P0289 Velocidade Ny	1800 rpm
P0243 Sinal da Entrada AI3	0: 0 a 10V/20mA	P0290 Corrente Ix	24 A

**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj.1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

Parâmetro	Ajuste do Usuário	Parâmetro	Ajuste do Usuário
P0291 Velocidade Nula	18 rpm	P0352 Config. Ventiladores	2: VD-CT,VI-CT
P0292 Faixa para N = N*	18 rpm	P0353 Conf.Sobretmp.IGBT/Ar	0: D-F/A, AR-F/A
P0293 Torque Tx	100 %	P0354 Conf. Veloc. Ventil.	1: Falha
P0294 Horas Hx	4320 h	P0356 Compens. Tempo Morto	1: Ativa
P0295 Corr. Nom. ND/HD Inv.	12: 24A / 20A	P0357 Tempo Falta Fase Rede	3 s
P0296 Tensão Nominal Rede	0: 200 - 240 V	P0359 Estab. Corrente Motor	0: Inativa
P0297 Freq. de Chaveamento	2: 5.0 kHz	P0372 Corr. Fren. CC Sless	40 %
P0298 Aplicação	0: Uso Normal(ND)	P0397 Compens. Escor.Regen.	1: Ativa
P0299 Tempo Frenag. Partida	0 s	P0398 Fator Serviço Motor	1
P0300 Tempo Frenagem Parada	0 s	P0399 Rendimento Nom. Motor	67 %
P0301 Velocidade de Início	30 rpm	P0400 Tensão Nominal Motor	220 V
P0302 Tensão Frenagem CC	2 %	P0401 Corrente Nom. Motor	4,3 A (Alterado)
P0303 Velocidade Evitada 1	600 rpm	P0402 Rotação Nom. Motor	1700 rpm (Alterado)
P0304 Velocidade Evitada 2	900 rpm	P0403 Freqüência Nom. Motor	60 Hz
P0305 Velocidade Evitada 3	1200 rpm	P0404 Potência Nom. Motor	4: 1.5 CV
P0306 Faixa Evitada	0 rpm	P0405 Número Pulsos Encoder	1024 ppr
P0308 Endereço Serial	3 (Alterado)	P0406 Ventilação do Motor	0: Autoventilado
P0310 Taxa Comunic. Serial	1: 19200 bits/s (Alterado)	P0407 Fator Pot. Nom. Motor	0,68
P0311 Config. Bytes Serial	1: 8 bits, par, 1 (Alterado)	P0409 Resistência Estator	0 ohm
P0312 Protocolo Serial	2: Modbus RTU	P0410 Corrente Magnetização	8,8 A
P0313 Ação p/ Erro Comunic.	0: Inativo	P0411 Indutância Dispersão	0 mH
P0314 Watchdog Serial	0 s	P0412 Constante Tr	0 s
P0316 Estado Interf. Serial	1: Ativo	P0413 Constante Tm	0 s
P0320 FlyStart/Ride-Through	0: Inativas	P0520 Ganho Proporc. PID	1
P0321 Ud para Falta de Rede	252 V	P0521 Ganho Integral PID	0,043
P0322 Ud para Ride-Through	245 V	P0522 Ganho Diferencial PID	0
P0323 Ud para Retorno Rede	267 V	P0523 Tempo de Rampa do PID	3 s
P0325 Ganho Prop. RT	22,8	P0524 Sel.Realimentação PID	1: AI2 (P0236)
P0326 Ganho Integr. RT	0,128	P0525 Setpoint PID pela HMI	0 %
P0327 Rampa Corr. I/f F.S.	0,07	P0527 Tipo de Ação PID	0: Direto
P0328 Filtro Flying Start	0,085	P0528 Fator de Escala VP	1000
P0329 Rampa Freq. I/f F.S.	6	P0529 Forma de Indicação VP	1: wxy.z
P0331 Rampa de Tensão	2 s	P0530 Unidade Eng. VP 1	37
P0332 Tempo Morto	1 s	P0531 Unidade Eng. VP 2	32
P0340 Tempo Auto-Reset	0 s	P0532 Unidade Eng. VP 3	32
P0342 Conf. Cor.Deseq.Motor	0: Inativa	P0533 Valor VPx	90 %
P0343 Config. Falta à Terra	1: Ativa	P0534 Valor VPy	10 %
P0344 Conf. Lim. Corrente	1: Desac. - LR ON	P0535 Saída N=0 PID	0 %
P0348 Conf.Sobrecarga Motor	1: Falha/Alarme	P0536 Ajuste Autom. P0525	1: Ativo
P0349 Nível para Alarme Ixt	85 %	P0550 Fonte Trigger Trace	0: Inativo
P0350 Conf.Sobrecarga IGBTs	1: F/A c/red. Fs	P0551 Valor Trigger Trace	0 %
P0351 Conf. Sobretemp.Motor	1: Falha/Alarme	P0552 Condição Trigg. Trace	5: Falha

**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj 1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>
P0553 Período Amostr. Trace	1	P0714 Leitura #6 DeviceNet	-1
P0554 Pré-Trigger Trace	0 %	P0715 Escrita #3 DeviceNet	-1
P0559 Memória Máxima Trace	0 %	P0716 Escrita #4 DeviceNet	-1
P0560 Memória Dispon. Trace	0 %	P0717 Escrita #5 DeviceNet	-1
P0561 CH1: Canal 1 do Trace	1: Ref. Veloc.	P0718 Escrita #6 DeviceNet	-1
P0562 CH2: Canal 2 do Trace	2: Veloc. Motor	P0719 Estado Rede DeviceNet	0: Offline
P0563 CH3: Canal 3 do Trace	3: Corr. Motor	P0720 Estado Mestre DNet	1: Idle
P0564 CH4: Canal 4 do Trace	0: Inativo	P0721 Estado Com. CANopen	0: Inativo
P0571 Inicia Trace	0: Inativo	P0722 Estado Nó CANopen	0: Inativo
P0572 Dia/Mês Disparo Trace	00/00	P0723 Identificação Anybus	0: Inativo
P0573 Ano Disparo Trace	00	P0724 Estado Comunic.Anybus	0: Inativo
P0574 Hora Disparo Trace	00:00	P0725 Endereço Anybus	0
P0575 Seg. Disparo Trace	00	P0726 Taxa Comunic. Anybus	0
P0576 Estado Função Trace	0: Inativo	P0727 Palavras I/O Anybus	2: 2 Palavras
P0680 Estado Lógico	000100111000000b	P0728 Leitura #3 Anybus	0
P0681 Velocidade 13 bits	0	P0729 Leitura #4 Anybus	0
P0682 Controle Serial/USB	00000011b	P0730 Leitura #5 Anybus	0
P0683 Ref. Vel. Serial/USB	0	P0731 Leitura #6 Anybus	0
P0684 Controle CANopen/DNet	00000000b	P0732 Leitura #7 Anybus	0
P0685 Ref. Vel. CANop./DNet	0	P0733 Leitura #8 Anybus	0
P0686 Controle Anybus-CC	00000000b	P0734 Escrita #3 Anybus	0
P0687 Ref. Vel. Anybus-CC	0	P0735 Escrita #4 Anybus	0
P0692 Estados Modo Operação	00000000b	P0736 Escrita #5 Anybus	0
P0693 Comandos Modo Operação	00000000b	P0737 Escrita #6 Anybus	0
P0695 Valor para DOx	00000000b	P0738 Escrita #7 Anybus	0
P0696 Valor 1 para AOx	0	P0739 Escrita #8 Anybus	0
P0697 Valor 2 para AOx	0	P0740 Estado Com. Profibus	0: Inativo
P0698 Valor 3 para AOx	0	P0800 Temper. Fase U Book 1	0 °C
P0699 Valor 4 para AOx	0	P0801 Temper. Fase V Book 1	0 °C
P0700 Protocolo CAN	2: DeviceNet	P0802 Temper. Fase W Book 1	0 °C
P0701 Endereço CAN	63	P0803 Temper. Fase U Book 2	0 °C
P0702 Taxa Comunicação CAN	0: 1 Mbps/Auto	P0804 Temper. Fase V Book 2	0 °C
P0703 Reset de Bus Off	1: Automático	P0805 Temper. Fase W Book 2	0 °C
P0705 Estado ControladorCAN	6: Não Alimentado	P0806 Temper. Fase U Book 3	0 °C
P0706 Telegramas CAN RX	0	P0807 Temper. Fase V Book 3	0 °C
P0707 Telegramas CAN TX	0	P0808 Temper. Fase W Book 3	0 °C
P0708 Contador de Bus Off	0	P0809 Temper. Fase U Book 4	0 °C
P0709 MensagensCAN Perdidas	0	P0810 Temper. Fase V Book 4	0 °C
P0710 Instâncias I/O DNet	0: ODVA Basic 2W	P0811 Temper. Fase W Book 4	0 °C
P0711 Leitura #3 DeviceNet	-1	P0812 Temper. Fase U Book 5	0 °C
P0712 Leitura #4 DeviceNet	-1	P0813 Temper. Fase V Book 5	0 °C
P0713 Leitura #5 DeviceNet	-1	P0814 Temper. Fase W Book 5	0 °C

**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

**Nome do Projeto:** Projeto1

**Arquivo de Conteúdo dos Parâmetros:** C:\WEG\SuperDrive G2 15.1.0.4776\Projects\Projeto1\Proj 1.par

**Tipo de Drive:** CFW-11 V1.61 200 - 240 V 24A / 20A

<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Ajuste do Usuário</b>
P0832 Função Entrada DIM1	0: Sem Função	P1046 Parâmetro SoftPLC 37	0
P0833 Função Entrada DIM2	0: Sem Função	P1047 Parâmetro SoftPLC 38	0
P0834 Estado DIM2 a DIM1	0000000b	P1048 Parâmetro SoftPLC 39	0
P1000 Estado da SoftPLC	3: Aplic. Parado	P1049 Parâmetro SoftPLC 40	0
P1001 Comando para SoftPLC	0: Pára Aplic.		
P1002 Tempo Ciclo de Scan	2 ms		
P1010 Parâmetro SoftPLC 1	0		
P1011 Parâmetro SoftPLC 2	0		
P1012 Parâmetro SoftPLC 3	0		
P1013 Parâmetro SoftPLC 4	0		
P1014 Parâmetro SoftPLC 5	0		
P1015 Parâmetro SoftPLC 6	0		
P1016 Parâmetro SoftPLC 7	0		
P1017 Parâmetro SoftPLC 8	0		
P1018 Parâmetro SoftPLC 9	0		
P1019 Parâmetro SoftPLC 10	0		
P1020 Parâmetro SoftPLC 11	0		
P1021 Parâmetro SoftPLC 12	0		
P1022 Parâmetro SoftPLC 13	0		
P1023 Parâmetro SoftPLC 14	0		
P1024 Parâmetro SoftPLC 15	0		
P1025 Parâmetro SoftPLC 16	0		
P1026 Parâmetro SoftPLC 17	0		
P1027 Parâmetro SoftPLC 18	0		
P1028 Parâmetro SoftPLC 19	0		
P1029 Parâmetro SoftPLC 20	0		
P1030 Parâmetro SoftPLC 21	0		
P1031 Parâmetro SoftPLC 22	0		
P1032 Parâmetro SoftPLC 23	0		
P1033 Parâmetro SoftPLC 24	0		
P1034 Parâmetro SoftPLC 25	0		
P1035 Parâmetro SoftPLC 26	0		
P1036 Parâmetro SoftPLC 27	0		
P1037 Parâmetro SoftPLC 28	0		
P1038 Parâmetro SoftPLC 29	0		
P1039 Parâmetro SoftPLC 30	0		
P1040 Parâmetro SoftPLC 31	0		
P1041 Parâmetro SoftPLC 32	0		
P1042 Parâmetro SoftPLC 33	0		
P1043 Parâmetro SoftPLC 34	0		
P1044 Parâmetro SoftPLC 35	0		
P1045 Parâmetro SoftPLC 36	0		

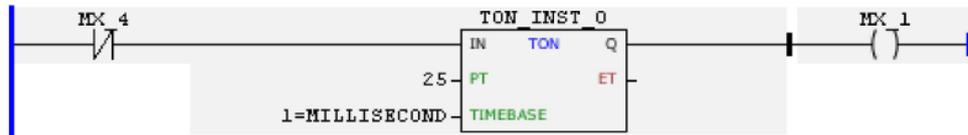
**Data:** 15/05/19 17:51:09

**SuperDrive G2 15.1.0**

## APÊNDICE B: PROGRAMA LADDER

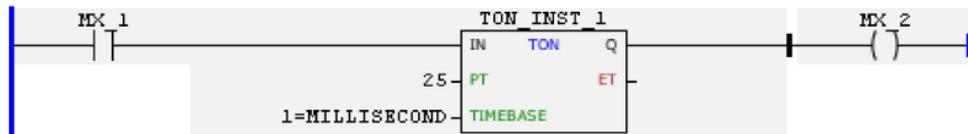
rede\_modbus\_4 - plc300 - Main Ladder - 15/05/2019 17:22 - 1 / 4

1: temporizador - pulso modbus



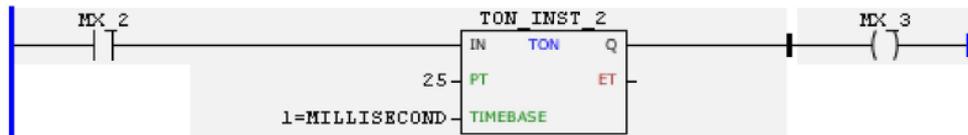
Tag	Group	Datatype	Comment
MX_1	LOCAL	BOOL	
MX_4	LOCAL	BOOL	
TON_INST_0	LOCAL	TON	

2: temporizador - pulso modbus



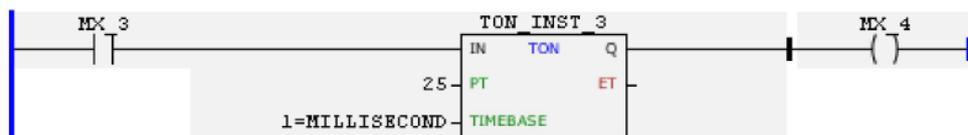
Tag	Group	Datatype	Comment
MX_1	LOCAL	BOOL	
MX_2	LOCAL	BOOL	
TON_INST_1	LOCAL	TON	

3: temporizador - pulso modbus



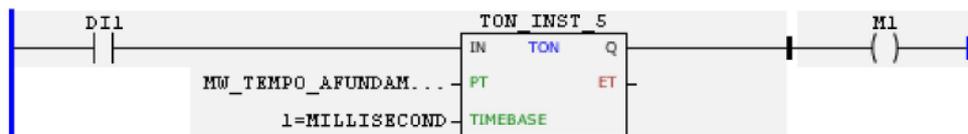
Tag	Group	Datatype	Comment
MX_2	LOCAL	BOOL	
MX_3	LOCAL	BOOL	
TON_INST_2	LOCAL	TON	

4: temporizador - pulso modbus



Tag	Group	Datatype	Comment
MX_3	LOCAL	BOOL	
MX_4	LOCAL	BOOL	
TON_INST_3	LOCAL	TON	

5: controle do TEMPO de afundamento de tensão



Tag	Group	Datatype	Comment
DI1	LOCAL	BOOL	Entrada digital 1
M1	LOCAL	BOOL	
MW_TEMPO_AFUNDAMENTO	LOCAL	WORD	
TON_INST_5	LOCAL	TON	

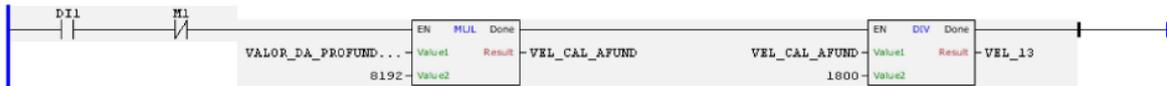
rede\_modbus\_4 - plc300 - Main Ladder - 15/05/2019 17:22 - 2 / 4

6:



Tag	Group	Datatype	Comment
DI1	LOCAL	BOOL	Entrada digital 1
M1	LOCAL	BOOL	
M2	LOCAL	BOOL	

7: controle da VELOCIDADE de afundamento de tensão



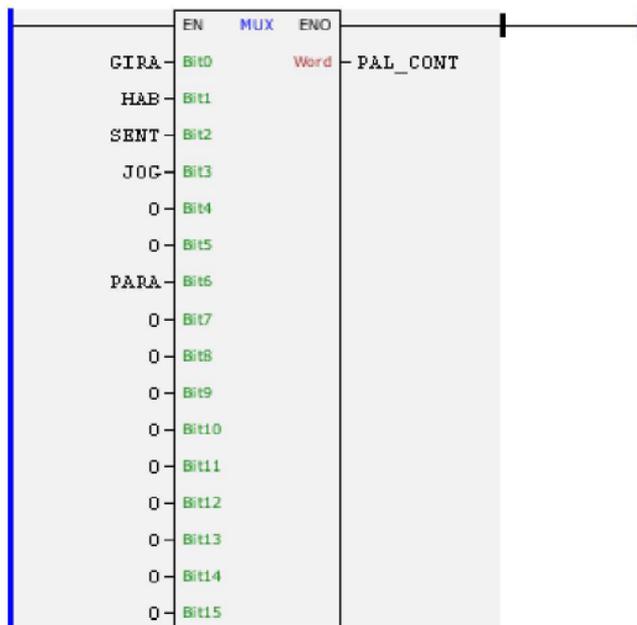
Tag	Group	Datatype	Comment
DI1	LOCAL	BOOL	Entrada digital 1
M1	LOCAL	BOOL	
VALOR_DA_PROFUNDIDADE	LOCAL	WORD	
VEL_13	LOCAL	INT	
VEL_CAL_AFUND	LOCAL	DWORD	

8: calculo de velocidade



Tag	Group	Datatype	Comment
M2	LOCAL	BOOL	
VEL_13	LOCAL	INT	
VEL_CAL	LOCAL	DWORD	
VEL_REF	LOCAL	INT	

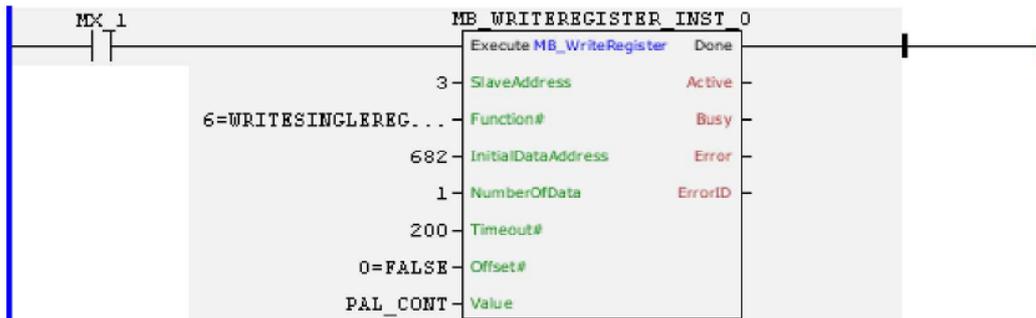
9: valor da palavra de controle



rede\_modbus\_4 - plc300 - Main Ladder - 15/05/2019 17:22 - 3 / 4

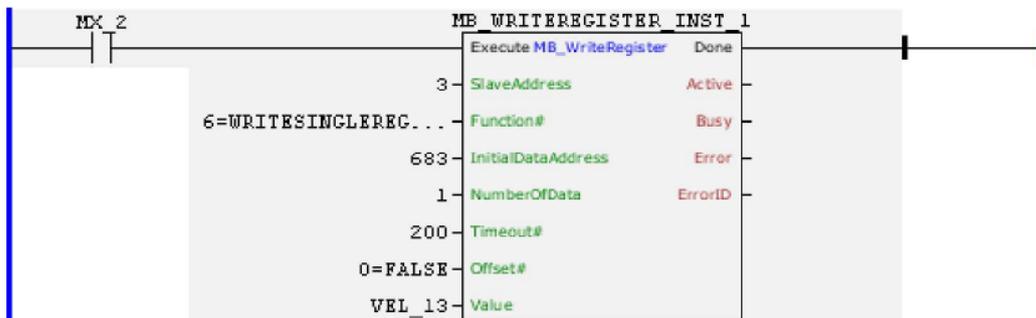
Tag	Group	Datatype	Comment
GIRA	LOCAL	BOOL	
HAB	LOCAL	BOOL	
JOG	LOCAL	BOOL	
PAL_CONT	LOCAL	WORD	
PARA	LOCAL	BOOL	
SENT	LOCAL	BOOL	

10: bloco de escrita da palavra de controle



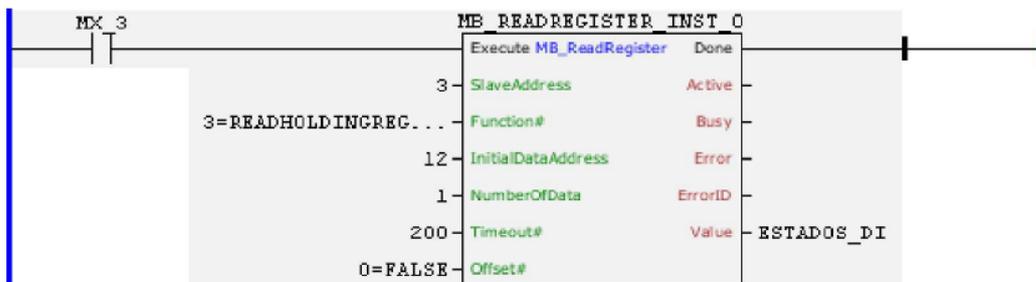
Tag	Group	Datatype	Comment
MB_WRITE_REGISTER_INST_0	LOCAL	MB_WriteRegister	
MX_1	LOCAL	BOOL	
PAL_CONT	LOCAL	WORD	

11: bloco de escrita da velocidade de referencia



Tag	Group	Datatype	Comment
MB_WRITE_REGISTER_INST_1	LOCAL	MB_WriteRegister	
MX_2	LOCAL	BOOL	
VEL_13	LOCAL	INT	

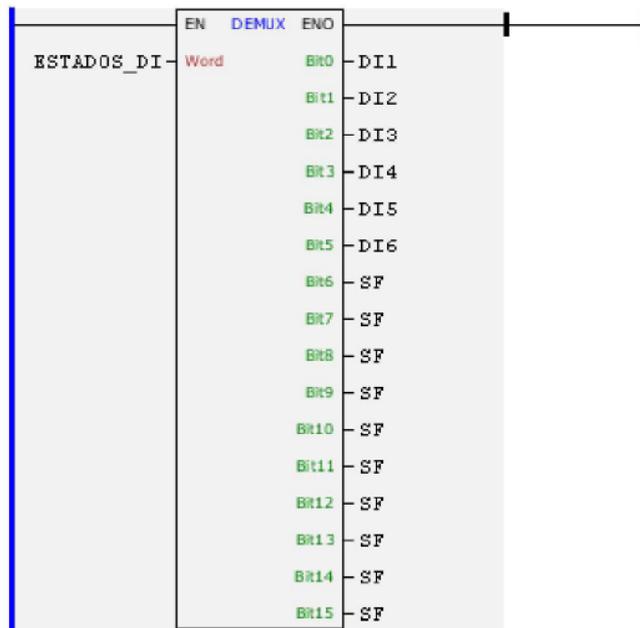
12: bloco de leitura das entradas digitais



Tag	Group	Datatype	Comment
ESTADOS_DI	LOCAL	INT	
MB_READ_REGISTER_INST_0	LOCAL	MB_ReadRegister	
MX_3	LOCAL	BOOL	

rede\_modbus\_4 - plc300 - Main Ladder - 15/05/2019 17:22 - 4 / 4

13: estado das entradas digitais



Tag	Group	Datatype	Comment
DI1	LOCAL	BOOL	Entrada digital 1
DI2	LOCAL	BOOL	Entrada digital 2
DI3	LOCAL	BOOL	Entrada digital 3
DI4	LOCAL	BOOL	Entrada digital 4
DI5	LOCAL	BOOL	Entrada digital 5
DI6	LOCAL	BOOL	Entrada digital 6
ESTADOS_DI	LOCAL	INT	
SF	LOCAL	BOOL	