

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

DANILO DE PAULA BANACHI

**SEGURANÇA EM CENTROS DE COMANDOS DE MOTORES (CCM)
APLICADA À REALIDADE DE UMA UNIDADE DE RECEBIMENTO DE
GRÃOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**LONDRINA/PR
2016**

DANILO DE PAULA BANACHI

**SEGURANÇA EM CENTROS DE COMANDOS DE MOTORES (CCM)
APLICADA À REALIDADE DE UMA UNIDADE DE RECEBIMENTO DE
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Mangili Jr.

**LONDRINA/PR
2016**



TERMO DE APROVAÇÃO

SEGURANÇA EM CENTROS DE COMANDO DE MOTORES APLICADA À REALIDADE DE UMA UNIDADE DE RECEBIMENTO DE GRÃOS

por

DANILO DE PAULA BANACHI

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização foi apresentado em 12 de novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

José Fernando Mangili Jr
Prof.(a) Orientador(a)

Fábio Cezar Ferreira
Membro titular

José Luís Dalto
Membro titular

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente ao Pai Celestial, que me serve como guia e refúgio.

Agradeço à minha família, que nunca deixou de me apoiar, mesmo nos momentos difíceis em minha vida.

Agradeço a todos os professores e amigos que conheci nesse curso. A especialização não seria nada sem a presença de todos.

Agradeço a todos os amigos que, direta ou indiretamente, me apoiaram e ajudaram no curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho e na confecção dessa monografia.

“Non nobis, Domine, non nobis, sed Nomini Tuo da Gloriam”
(Bíblia Sagrada, Salmo 115, 1)

RESUMO

Banachi, Danilo. **Segurança em Centros de Comando de Motores (CCM) aplicada à realidade de uma Unidade de Recebimento de Grãos**. 2016. 69 páginas. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

O presente trabalho de conclusão de curso visa destacar diferenças entre dois projetos de automação industrial para uma Unidade de Recebimento de Grãos de uma empresa. As normas NR-10 e NR-12 foram aplicadas para a implementação do projeto mais seguro possível. Cada inovação em relação ao projeto anterior foi mostrada e sua vantagem discutida. Portanto, os resultados foram satisfatórios sob a ótica da engenharia de segurança e também atestada economia em manutenção e paradas da unidade.

Palavras-chave: Centro de Comando de Motores. Automação industrial. Segurança do trabalho.

ABSTRACT

Banachi, Danilo. **Safety in Motor Control Center (MCC) applied to a Grain Receiving Unit reality**. 2016. 69 pages. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Federal Technology University - Paraná. Londrina, 2016.

This course conclusion work aims to highlight differences between two industrial automation projects for a Grain Receiving unit of a company. The NR-10 and NR-12 standards were applied for implementing the safest possible design. Each innovation from the previous project was shown and their advantage discussed. So, this was found to be satisfactory from the point of view of safety engineering and also attested savings on maintenance and stops the unit.

Keywords: Motor Control Center. Industrial Automation. Workplace safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxo de uma Unidade de Recebimento de Grãos	16
Figura 2 - Foto de uma máquina de pré-limpeza.....	17
Figura 3 - Foto de um secador	17
Figura 4 - Esquema de um elevador	18
Figura 5 - Uma moega	19
Figura 6 - Silos armazenadores	20
Figura 7 - CLP escolhido	22
Figura 8 - Relé de sobrecarga para partidas diretas	23
Figura 9 - Contator utilizado para partidas diretas.....	24
Figura 10 - Um dos disjuntores motor utilizados	25
Figura 11 - Inversor de frequência da Rockwell Automation	26
Figura 12 - Relé de segurança utilizado	27
Figura 13 - Disjuntor Geral Siemens utilizado	28
Figura 14 - Botão de emergência utilizado	28
Figura 15 - Software para confecção de supervisórios	29
Figura 16 - Controlador de fator de potência.....	30
Figura 17 - Página da internet com os arquivos do Prontuário.....	45
Figura 18 - Detalhe de barramento com luva termo contrátil	46
Figura 19 - Situação real de bloqueio de disjuntor	48
Figura 20 - Painel elétrico montado com adesivos informando o perigo	49
Figura 21 - Painel elétrico montado com adesivos informando o perigo	49
Figura 22 - Uma das portas abertas. Há a advertência de choque elétrico e os cabos anilhados.....	49
Figura 23 - Detalhe do aterramento da porta do CCM (carcaça do painel já aterrada)	50
Figura 24 - Sala do supervisório.....	51
Figura 25 - Sala do supervisório: mesa e computador	52
Figura 26 - Sala do supervisório: detalhe da tela com o software em execução.....	52
Figura 27 - Tela inicial do Supervisório	53
Figura 28 - Supervisório: fluxo linha 1. Motores ligados em vermelho e desligados em verde	54
Figura 29 - Supervisório: Tela especial para ligar motor	54
Figura 30 - Supervisório: Tela especial com o motor ligado, tempos máximos de falha e situação OK	55
Figura 31 - Botão de emergência setorial	56
Figura 32 - Outro botão de emergência setorial	57
Figura 33 - Porta do CCM com emergência geral e disjuntor de proteção.....	57
Figura 34 - Porta do CCM com várias partidas que utilizam dois contatores em série	58

Figura 35 - Detalhe no projeto. Duas saídas do relé de segurança em dois bornes do inversor	58
Figura 36 - Detalhe dos relés de segurança monitorando o setor de emergência	59
Figura 37 - Foto de um CCM antigo ainda utilizado	61
Figura 38 - CCM antigo: botões no painel.....	61
Figura 39 - CCM antigo: transformador sem barreiras que possa evitar contato de alguém	62
Figura 40 - CCM antigo: detalhe de facilidade em alcançar um barramento de energia	62
Figura 41 - CCM antigo: Falta de identificação de cabos e circuitos.....	63
Figura 42 - CCM novo: Organização com partidas e identificação de cabos, bem como acrílico para separação dos componentes e dos barramentos	63
Figura 43 - CCM antigo: não é possível trancar as portas	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CCM	Centro de Comando de Motores
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade de Processamento Central (Central Processing Unit)
IHM	Interface Homem-Máquina
Rpm	Rotações por minute
URG	Unidade de Recebimento de Grãos
NR	Norma Regulamentadora
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
PIE	Prontuário de Instalações Elétricas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 UNIDADE DE RECEBIMENTO DE GRÃOS.....	16
2.2 EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS.....	21
2.2.1 Controlador Lógico Programável	21
2.2.2 Relés de Sobrecarga	23
2.2.3 Contatores	24
2.2.4 Disjuntor Motor.....	24
2.2.5 Inversores de Frequência	25
2.2.6 Relés de Segurança	26
2.2.7 Disjuntor Geral.....	27
2.2.8 Botões de Emergência.....	28
2.2.9 Sistema Supervisório	28
2.2.10 Controlador de Fator de Potência	29
2.3 NORMAS	30
2.3.1 Norma Regulamentadora 10.....	31
2.3.1.1 Medidas de controle.....	31
2.3.1.2 Medidas de proteção coletiva	32
2.3.1.3 Medidas de proteção individual.....	32
2.3.1.4 Segurança em projetos	33
2.3.1.5 Proteção contra incêndio e explosão	35
2.3.1.6 Sinalização de segurança	35
2.3.2 Norma Regulamentadora 12.....	36
2.3.2.1 Instalações e dispositivos elétricos	36
2.3.2.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada	38
2.3.2.3 Sistemas de segurança.....	40
2.3.2.4 Dispositivos de parada de emergência	42
3 DESENVOLVIMENTO.....	43
3.1 O PROJETO	43
3.1.1 Soluções baseadas na NR10.....	43
3.1.1.1 Medidas de controle.....	43
3.1.1.2 Medidas de proteção coletiva	45
3.1.1.3 Medidas de proteção individual.....	46
3.1.1.4 Segurança em projetos	47
3.1.1.5 Proteção contra incêndio e explosão	48
3.1.1.6 Sinalização de segurança	48
3.1.2 Soluções baseadas na NR12.....	50
3.1.2.1 Instalações e dispositivos elétricos	50
3.1.2.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada	51

3.1.2.2.1 Sistema supervisorio.....	51
3.1.2.2.2 Seguranca no CLP para partidas.....	55
3.1.2.2.3 Seguranca de partidas quanto a emergencias.....	56
3.1.2.2.4 Seguranca de partidas no quesito grau de risco.....	57
3.1.2.3 Sistemas de seguranca.....	59
3.1.2.4 Dispositivos de parada de emergencia	59
4 RESULTADOS	60
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a agricultura brasileira alcançou patamares altos no enfoque da economia do país. As terras brasileiras são consideradas férteis e abundantes, tornando muito propício o cultivo. Os avanços tecnológicos nessa área de atuação são essenciais para melhorar a produção, poder enfrentar a concorrência mundial, aumentar a qualidade para manter-se competitivo no mercado e sobretudo, garantir uma melhor movimentação da economia.

Dentro do amplo grupo da agricultura, destaca-se o setor de grãos. A soja, milho e trigo são muito difundidos dentro e fora da nação brasileira e por isso, merecem atenção especial.

Como as safras desses tipos de grãos são sazonais, ou seja, ocorrem em períodos certos do ano, os produtores sempre investem para produzir quantidades enormes a fim de conseguir utilizá-lo durante todo o período de entressafra (período entre duas safras). Para auxiliar o processo de estocagem, existem empresas especializadas no armazenamento desses grãos. O tratamento é feito na forma de limpeza, secagem, armazenamento, expurgo de agentes biológicos nocivos, dentro outros. O local em que essas empresas armazenam os grãos é chamada de **Unidade de Recebimento de Grãos**.

A Unidade de Recebimento de Grãos deve possuir instalações adequadas para recebimento, armazenamento, conservação e embarque futuro. O fluxo de uma unidade de recebimento deve garantir que todos os processos possam ocorrer em ordem.

Para que o grão consiga passar por todos os processos pertinentes, motores para funcionamento de correias transportadoras, máquinas de limpeza, filtros, elevadores, e outros tipos de máquinas utilizadas nesse tipo de indústria. Esses motores estão espalhados pelo complexo industrial, no entanto, a forma de poder controlar esses motores, ou seja, a base para partida das máquinas é colocada em apenas um lugar, denominado **Centro de Comando de Motores**, ou CCM. Nesse lugar está disposta toda a parte elétrica necessária para que o funcionamento do motor seja garantido. Do painel elétrico, saem apenas os cabos necessários para conexão com os motores.

No quesito segurança da planta, o Centro de Comando de Motores precisa atender normas que tentam evitar acidentes. Garantir que o trabalhador fique seguro mesmo com instalações elétricas perigosas é primordial para o bom funcionamento da URG e, por isso, são investidos cada vez mais em melhorias. (BANACHI, 2013)

Na empresa estudada, os Centros de Comando de Motores são dispostos em uma sala específica para condicionamento dos painéis. Por mais que já houvesse, na época, preocupação com a segurança, o CCM possui algumas desvantagens consideradas graves pela empresa nos dias de hoje. São elas:

- Os motores são iniciados por botões presentes nas portas do CCM, deixando o operador, pessoa treinada para operações com grãos, mas não habilitada para serviços elétricos, em contato direto com partes elétricas perigosas, as quais somente o eletricitista treinado poderia ter acesso.

- Intertravamentos, ou seja, travas mecânicas, elétricas e/ou eletromecânicas colocadas para garantir segurança de operadores e bom funcionamento dos equipamentos em caso de problemas, quando existem, são de difícil alteração caso a planta sofra mudanças.

- Qualquer problema elétrico necessita a parada da unidade inteira para diagnóstico. Isso é problemático pois, quando em safra, os produtores formam filas e, segundo os gerentes dessas URGs, todo o tempo importa. O tempo de parada ainda pode aumentar porque os eletricitistas possuem várias unidades para manutenção e pode não estar no local naquele momento.

- Muitos equipamentos utilizados para segurança dos operadores necessitam ser ligados pelos próprios, deixando margem para falhas e possível acidente. A título de exemplo, os fossos de elevadores são considerados espaços confinados e acumulam gases tóxicos. Os exaustores para retirada desses gases precisam ser acionados manualmente pelos operadores, estando sujeito ao esquecimento.

Um novo projeto de CCM foi confeccionado e vários dos problemas descritos foram solucionados. Utilizou-se, além das normas NR-10 e NR-12 para interação da unidade com o CCM, utilizou-se do advento da automação industrial para melhorar e automatizar processos dentro da URG, tornando a filial mais eficiente e, acima de tudo, mais segura.

Este projeto de conclusão foi aplicado na unidade e o objetivo principal do trabalho foi a adequação da empresa aos quesitos da segurança do trabalho, bem

como melhoria para a empresa, demonstrando os avanços tecnológicos não só para a proteção dos operadores e eletricitas da empresa, mas para adequação completa aos itens envolvidos da Norma Regulamentadora 10 e 12. A aceitação da engenharia de segurança é tomada como fator decisivo no sucesso do projeto. O treinamento dos funcionários para projetos futuros pode ser considerado um objetivo também.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 UNIDADE DE RECEBIMENTO DE GRÃOS

A agricultura evoluída atual possui métodos para controle do que é produzido. Na parte de produção de grãos, como são enormes plantações e o consumo não é imediato, o armazenamento é necessário. Pensando nisso, algumas empresas oferecem esse serviço, a fim de utilizar o grão conforme necessidade de mercado.

O grão, em sua maioria, é armazenado a granel devido aos avanços tecnológicos disponíveis, como colheitadeiras e estrutura para armazenamento/secagem de grãos. As empresas especializam-se no armazenamento de forma a manter o grão sempre pronto para comércio e, para isso, precisam tomar vários cuidados com o produto estocado.

Vários processos são realizados para garantir a qualidade. Os processos estão descritos na Figura 1:

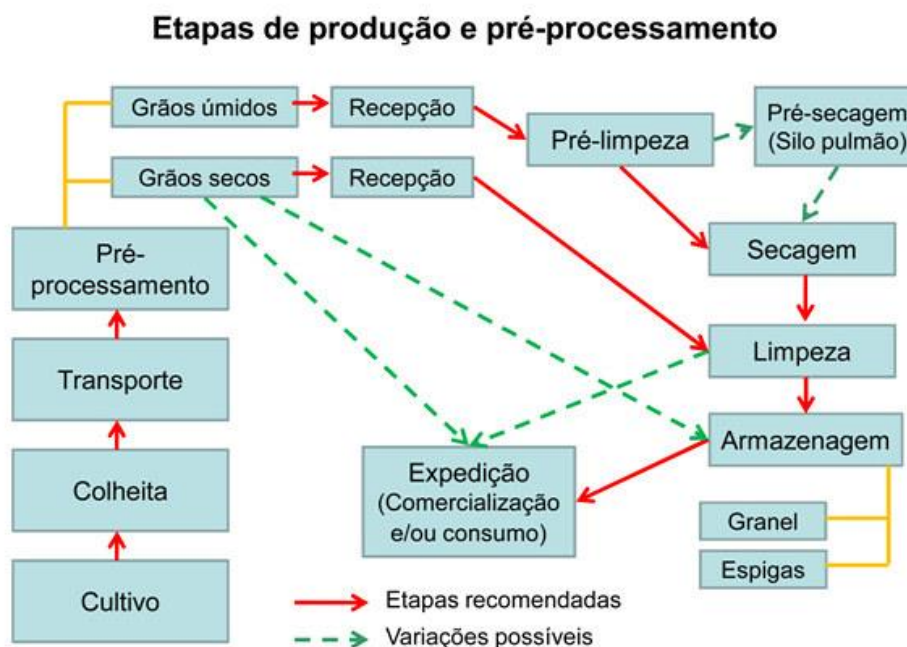


Figura 1 - Fluxo de uma Unidade de Recebimento de Grãos
 Fonte: Embrapa (2016)

Os processos são realizados com maquinários próprios para o segmento de armazenamento de grãos. Podemos separar em algumas categorias:

- Maquinários em geral:

1. Pré-limpeza e pós-limpeza:

São máquinas capazes de selecionar os grãos e retirar parte da sujeira (terra, grãos quebrados, etc.). Os rejeitos são utilizados para outros fins (briquetes, grãos quebrados como ração, etc.) e são direcionados a outros processos.



Figura 2 - Foto de uma máquina de pré-limpeza
Fonte: Artabas (2016)

2. Secadores



Figura 3 - Foto de um secador
Fonte: Becker (2016)

São máquinas em que o ar é aquecido (geralmente por queima de lenha) e ventilado até o grão. Possui a função de controlar a umidade do grão até níveis aceitáveis para o armazenamento.

- Transportadores de grãos:

1. Correias transportadoras

São esteiras que transportam o grão até o próximo passo dos processos realizados na unidade de recebimento. São utilizados geralmente para transporte declinado ou plano do grão em relação ao piso.

2. Elevadores

São utilizados para elevação totalmente vertical do grão. Complementados com esteiras horizontais, transportam o grão pelos processos da URG.

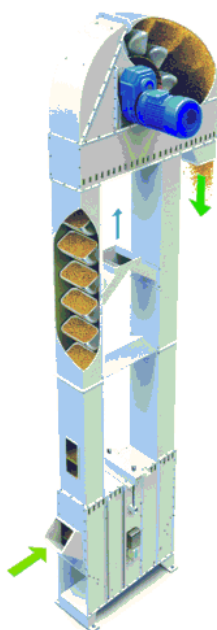


Figura 4 - Esquema de um elevador
Fonte: Fábrica de Projetos (2016)

3. Redlers, ou correntes transportadoras para transporte inclinado do grão

Transportam o grão em direção ascendente, geralmente. Utilizados para empurrar o grão e levá-lo a uma altura acima da anterior, porém não tão grande que justificasse um elevador (transporte vertical).

4. Transportadores helicoidais ou pneumáticos

Além dos redlers, os transportes helicoidais, ou roscas transportadoras também conseguem empurrar o grão a alturas relevantes sem a utilização de elevadores.

- Estruturas para acondicionamento dos grãos, como:

1. Moegas

O produtor, após a colheita do grão, transporta o estoque de grãos até uma URG utilizando caminhões. Na unidade de recebimento, ele descarrega o produto em um depósito abaixo do caminhão. Esse lugar é chamado **moega**. Pode ser utilizado tombadores, os quais erguem os caminhões em ângulo para que o grão caia mais facilmente na moega.



Figura 5 - Uma moega
Fonte – Centro Oeste (2016)

2. Silos-pulmão

Um silo-pulmão é responsável pelo armazenamento temporário do grão. Quando a moega está muito cheia e ainda restam caminhões a ser descarregados, é de praxe colocar o grão nos silos-pulmão com a finalidade de manter o produto longe de mais impurezas, fungos, bactérias e esvaziar as moegas e ainda poder realizar mais cedo a pré-limpeza do grão, como em (Banachi, 2013).

3. Silos e/ou graneleiros para armazenagem

O Silos para armazenamento podem ser metálicos, de alvenaria ou de concreto (Silva, 2010). Os silos armazenadores são utilizados para seca-aeração e armazenamento dos grãos. Os mais utilizados são os silos metálicos devido ao seu preço e durabilidade. Sua construção envolve a fundação específica para o silo, a criação de um anel principal e a elevação do silo até a altura desejada de acordo com o número de anéis (ou comumente chamado de chapas). São geralmente colocados ao lado um do outro a fim de que a distância de transporte diminua e, portanto, diminua o número de redlers, roscas e correias transportadoras.



Figura 6 - Silos armazenadores
Fonte: Cia Multi, 2016

4. Sistema de expedição

O sistema de expedição consiste no transporte do grão partindo silo até o caminhão para saída da unidade de recebimento. Silos menores são utilizados para agrupar a carga do caminhão e facilitar o embarque.

Analisando o descrito, fica claro a quantidade grande de motores elétricos, seja para movimentação dessas máquinas, despoejamento do sistema de limpeza, exaustores para espaços confinados, dentre outros. O acondicionamento de todas as partidas em um único lugar torna mais fácil a manutenção, o resfriamento e o controle de acesso a partes perigosas. Dessa forma o Centro de Comando de Motores é justificável e aplicado em várias empresas do ramo.:

2.2 EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS

Um breve comentário sobre os dispositivos empregados nas instalações elétricas, responsáveis por comando e proteção dos equipamentos, que melhorarão o entendimento do porquê utilizá-los e como estes ajudarão nos procedimentos de segurança. Cada dispositivo citado foi escolhido justamente por atender um ou mais itens das normas NR-10 e NR-12. Todos os equipamentos e dispositivos serão novamente citados no desenvolvimento.

2.2.1 Controlador Lógico Programável

O Controlador Lógico Programável – CLP – nasceu dentro da General Motors, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro

Os painéis de relés utilizados na indústria foram pouco a pouco sendo substituídos pelos novos equipamentos e desde então, a automação cresceu exponencialmente.

Resumindo, o CLP é um dispositivo eletrônico-digital que tem uma memória capaz de guardar uma sequência de ações programadas pelo autor do programa. Essas instruções servem para definir a ação do CLP de acordo com a informação recebida.

A partir de sinais de entrada, o CLP os interpreta e, conforme o autor programou, age acionando ou não as saídas. Dessa forma, possui módulos de entrada e saída. O primeiro recebe informações do campo para reconhecimento de variáveis pré-programadas, os envia para decisão de acordo com o software e, por fim, envia o julgamento para as saídas, acionando ou desligando equipamentos.

O advento do CLP trouxe algumas vantagens em relação aos antigos painéis de relés utilizados na indústria:

- Menor espaço
- Reutilizável
- Programáveis
- Interfaces de comunicação com outros CLPs e computadores

A lógica de programação de um CLP é baseada nos antigos painéis de relés, em que sensores medem grandezas e essas são controladas com o uso de atuadores. Uma linguagem feita para ser simples e de fácil entendimento. É a

linguagem LADDER. Utilizando conceitos como contatos abertos e fechados (entradas), pode-se organizar a saída conforme lógica do programador, conforme Banachi (2013)

A base a ser utilizada no Centro de Comando de Motores é o Controlador Lógico Programável, ou CLP. É o responsável pelos acionamentos elétricos necessários. É o equipamento que ligará ou desligará os motores, cuidará de parte da segurança. Por isso, o CLP escolhido precisa ser robusto o suficiente para conseguir gerir toda a URG. Assim, o CLP escolhido foi o CLP CONTROLLOGIX 1756-L72.

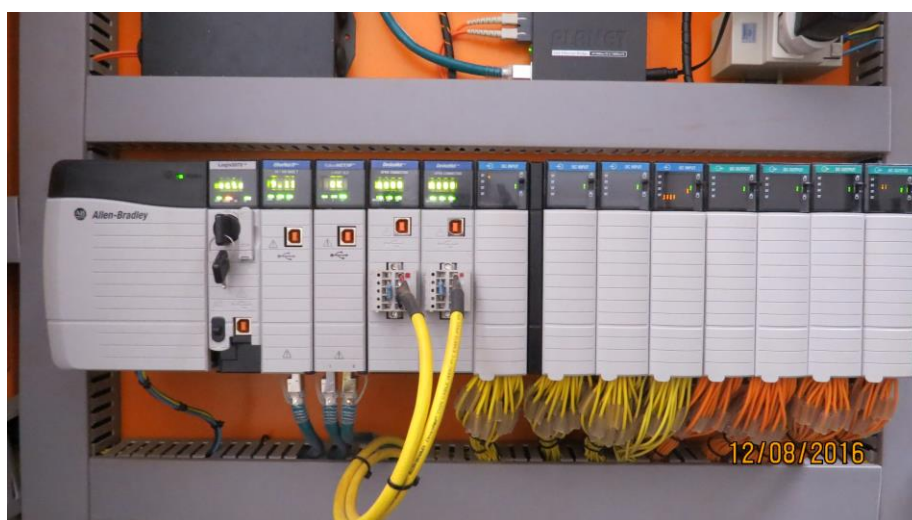


Figura 7 - CLP escolhido
Fonte: O autor (2016)

O CLP CONTROLLOGIX 1756-L72 é um controlador da empresa Rockwell Automation, especializada em processos de automação. Possui software próprio para programação. Algumas vantagens do equipamento escolhido:

- Software intuitivo e com funções facilitadas, diminuindo tempo de programação.
- Possui tecnologia modular, ou seja, um rack a qual pode-se ligar vários módulos de entrada e saída, permitindo uma configuração personalizada por projeto.
- Suporte a conexões utilizando a rede Ethernet/IP e DeviceNet, melhorando o processo de conexão e permitindo que essa seja feita remotamente. As duas topologias de rede são industriais e robustas o bastante para aplicação em uma unidade de recebimento de grãos.

- O tipo de programação, de acordo com as peculiaridades de cada projeto, é definido pelo programador, tornando o controle do CCM totalmente compatível com a URG.

O CLP contribuirá firmemente no acordo com as normas, pois sua programação será feita com tal propósito, além de melhorar o procedimento de diagnóstico de falhas.

2.2.2 Relés de Sobrecarga

Segundo Rockwell Automation (2016), um relé de sobrecarga atua na detecção de sobrecarga em motores. Possui pares bimetálicos que vão aquecendo quando há a sobrecarga e interrompem o circuito caso fique tempo demais em situação anormal. O relé não interrompe o circuito de fato, e sim aciona o dispositivo de manobra responsável pela interrupção.

Esse tipo de equipamento é melhor aplicado em circuitos de comando, para proteção de sobre-corrente, temporização de contatos, sensoriamento de fase, monitoramento de corrente, entre outros.

O relé de sobrecarga utilizado é o E1 da Allen Bradley. Esse é um tipo de relé de sobrecarga desenvolvido para ser melhor compatível com CLPs da Rockwell. Eletrônico e de estado sólido, atinge um alto intervalo de corrente em motores, possuindo então, aplicações para diversos motores.



Figura 8 - Relé de sobrecarga para partidas diretas
Fonte: Rockwell Automation (2016)

2.2.3 Contatores

A definição de contator é um dispositivo eletromecânico que comuta seus contatos quando ocorre uma energização. O contato normalmente aberto (antes da energização) fechará e o normalmente fechado abrirá.

Isso acontece pois é constituído de uma bobina que, quando energizada, produz um campo magnético capaz de atrair uma parte móvel e movimentá-la. Essa parte móvel é a responsável por alternar os estados dos contatos, entre fechado e aberto.

É utilizado, geralmente, para partidas de motores e manobras para ligar capacitores.



Figura 9 - Contator utilizado para partidas diretas
Fonte: Rockwell Automation (2016)

2.2.4 Disjuntor Motor

O disjuntor motor é um equipamento a ser utilizado para proteção do sistema de partida do motor. Possui disparadores térmicos e magnéticos, protegendo a partida e o motor contra: queima causada por variação de tensão e corrente. Elevação da temperatura do motor, elevação de temperatura dos condutores, contra sobrecargas. Além disso, é um dispositivo de proteção contra curtos-circuitos e sobre-correntes.

É proteção bastante interessante, confiável e robusta para partidas de motores. A configuração varia de acordo com a corrente do motor utilizado.



Figura 10 - Um dos disjuntores motor utilizados
Fonte: Rockwell Automation (2016)

2.2.5 Inversores de Frequência

Um inversor de frequência, ou conversor de frequência, é capaz de gerar uma tensão de frequência monofásica (ou trifásica) ajustáveis, para controlar a velocidade de um motor de indução (Rockwell Automation, 2016)

Possui, basicamente, três blocos de funcionamento: O primeiro irá retificar a tensão alternada que alimenta o inversor. O segundo bloco é responsável por coletar essa tensão retificada e novamente transformá-la em alternada, porém dessa vez poderá ser com uma frequência diferente. Essa frequência é aplicada ao motor, controlando sua velocidade. Um terceiro bloco realiza todos os cálculos e envia essas informações às outras partes para funcionamento correto do sistema. Funciona com base na equação:

$$n_s = \frac{120 \cdot f_e}{p}$$

Em que:

n_s é a velocidade síncrona do motor em rpm (rotações por minuto)

f_e é a frequência das correntes trifásicas nas bobinas do estator

p é a quantidade de polos do motor

Em outras palavras, as características do motor são configuradas dentro do inversor de frequência, como potência, corrente nominal, número de polos e o inversor conseguirá partir o motor de forma suave, evitando aumentos de corrente desnecessários, além de poder controlar sua velocidade final, estimar corrente de saída, ter blocos de segurança, dentre outras vantagens para o projeto elétrico.

Novamente, para melhor utilização das qualidades da marca, o inversor de frequência a ser utilizado será o PowerFlex 753 da Rockwell Automation, o qual permite vários tipos de controle e diagnósticos em rede e remotamente.



Figura 11 - Inversor de frequência da Rockwell Automation
Fonte: Rockwell Automation (2016)

2.2.6 Relés de Segurança

Os relés de segurança são equipamentos que monitoram circuitos para garantir a segurança dos sistemas e dos operadores. Deve agir rapidamente e garantir a segurança caso algo dê errado e, por isso, deve estar em constante monitoramento. Um relé de segurança possui vários tipos de configurações possíveis dependendo do modelo e da marca escolhida. As funções podem ser:

- Função Cortina de Luz
- Função Intertravamentos
- Função Bimanual
- Função Tapetes de Segurança
- Função Paradas de Emergência
- Função Portas de segurança

A função escolhida para a aplicação é a função para botões de emergência, entendendo que a qualquer momento, um operador poderá apertar um dos botões de emergência e parar a planta. A URG será setorizada e cada um desses setores terá seu botão de emergência.

O relé de segurança escolhido é o Relé de Segurança GuardMaster 440R-D22R2 e a expansão 440R-EM4R2, ambos da Allen-Bradley (Rockwell Automation), que atende os padrões ISO 13849-1 e IEC 62061, consequentemente atendendo aos requisitos da NR-12. A tensão de trabalho é 24V, ou seja, atendendo também a NR-12. Suas entradas são de segurança dupla, para haver uma redundância e caso algum estágio dê problema, todo o circuito parará de forma rápida. A Figura 12 ilustra o relé de segurança escolhido.



Figura 12 - Relé de segurança utilizado
Fonte: Rockwell Automation (2016)

2.2.7 Disjuntor Geral

O Disjuntor Geral recebe os cabos vindos diretamente do transformador e os distribui, via barramentos de cobre, pelo CCM inteiro. Conta com a mesma função de um disjuntor comum, ou seja, detecta curtos circuitos e/ou sobrecargas e age interrompendo a passagem de corrente no circuito com a finalidade de protegê-lo.

Pelas funções e características robustas, como o alta confiabilidade em proteção de curto circuito, presença da alavanca para armar o disjuntor, dentre outras características elétricas, foi escolhido o disjuntor geral da linha 3WT da Siemens, como mostra a Figura 13:



Figura 13 - Disjuntor Geral Siemens utilizado
Fonte: Siemens (2016)

2.2.8 Botões de Emergência

O botão de emergência é um botão a ser utilizado somente em caso de falhas. Quando apertado, deve manter o ambiente parado, em emergência, até que, quando solucionado o problema, o botão seja solto.

A lógica do botão de emergência é que seja normalmente fechado e abra o circuito caso pressionado. Assim é a forma mais segura dos botões de desligamento e emergência.

Pensando nisso, o botão a ser utilizado é um botão de impulsão do tipo cogumelo, iluminado por LED e do tipo girar para destravar, ou seja, uma vez apertado o botão ficará travado e só poderá ser destravado girando o cogumelo. Ilustrado pela Figura 14:



Figura 14 - Botão de emergência utilizado
Fonte: Allen Bradley (2016)

2.2.9 Sistema Supervisório

Segundo Fonseca(2016), supervisório ou software de supervisão: Software que se presta a fazer a comunicação entre um computador e uma rede de automação, trazendo ferramentas padronizadas para a construção de interfaces entre o operador e o processo. Sua função básica é permitir a visualização e a operação do processo de forma centralizada.

O sistema supervisorio aliado ao CLP pode ser bem vantajoso, pois mostra, de forma gráfica e de fácil entendimento o que está acontecendo dentro da unidade. Se bem configurado, pode ser utilizado para mostrar fluxos, alarmes, construir banco de dados, relatórios e comunicar com o software de recursos e planejamento corporativo (ERP) da empresa.

O sistema supervisorio a ser utilizado é o Factory Talk View da Rockwell Automation, já que esse se comporta da melhor maneira com o CLP utilizado. Assim a leitura e escrita da TAGs, comunicação em rede industrial, sistema amigável, bonito e enxuto são algumas das vantagens em utilizar o software escolhido. O software de configuração é ilustrado na Figura 15:

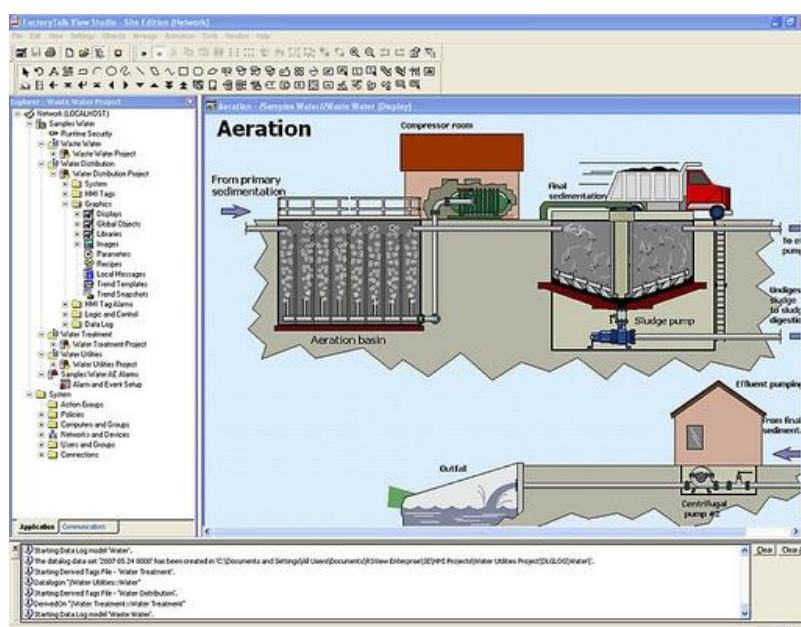


Figura 15 - Software para confecção de supervisórios
Fonte: Intereng (2016)

2.2.10 Controlador de Fator de Potência

Ao utilizar motores de indução do tipo gaiola de esquilo, é fundamental a observação de que existe a potência ativa, a potência reativa e a potência total.

A potência ativa é a responsável por realizar trabalho. A potência reativa é a parcela de energia utilizada para criação e manutenção dos campos elétricos e magnéticos necessários para o motor. A potência total, ou aparente, é dada pela soma vetorial das duas potências.

Fator de potência pode ser definido como a razão entre a potência ativa, aquela que realiza trabalho, e a potência total do sistema. Ou seja, caso a potência reativa seja nula, o fator de potência será máximo e igual a unidade. Porém, como a

potência reativa é necessária para o funcionamento de vários equipamentos elétricos, o fator de potência abaixará.

Esse fenômeno, além de causar prejuízo à concessionária de energia, a qual tenta recuperar o prejuízo da rede na forma de multa de energia reativa excedente, ainda deprecia a instalação elétrica do complexo como um todo. Um fator de potência baixo pelo lado indutivo (pouca carga capacitiva) age negativamente, ocasionando quedas de tensão, aumento das perdas ativas e diminuição de vida útil dos maquinários.

A utilização de bancos de capacitores ligados em paralelo à carga (motor) é utilizada nesse caso. Os bancos de capacitores fornecerão a energia reativa para os motores e o fator de potência, bem como a saúde da rede, melhorarão.

Pensando nisso, foi escolhido um controlador de fator de potência, o qual recebe informações de potência da concessionária e liga ou desliga os bancos, melhorando o fator de potência, evitando gastos na fatura de energia elétrica e melhorando a rede interna da Unidade de Recebimento de Grãos.

Para esse projeto, foi utilizado o controlador de fator de potência da Gestal, conforme Figura 16:



Figura 16 - Controlador de fator de potência
Fonte: Gestal (2016)

2.3 NORMAS

As normas regulamentadoras em destaque são:

- Norma Regulamentadora 10, ou NR-10. Trata de **Segurança Em Instalações E Serviços Em Eletricidade.**

- Norma Regulamentadora 12, ou NR-12. Trata de **Segurança No Trabalho Em Máquinas E Equipamentos**.

Para cada norma, todos os parágrafos relevantes ao projeto do CCM são apresentados e discutidos.

2.3.1 Norma Regulamentadora 10

2.3.1.1 Medidas de controle

10.2.3 - As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

10.2.4 - Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:

a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;

b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;

c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;

d) documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;

e) resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;

f) certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificada

g) relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de “a” a “f” (MTE, 2016)

O Centro de Comando de Motores precisará de um esquema unifilar para utilização caso precise. Sempre que houver manutenção, qualquer dúvida ou a justiça assim o exigir. O esquema unifilar ficará disponível no local, dentro do Prontuário de Instalações Elétricas

A URG possui carga instalada superior a 75 kW, por isso será mandatório a constituição do Prontuário de Instalações elétricas devidamente atualizado, contendo todas as exigências de "a" a "f", como conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, inspeções e medições do SPDA e aterramento elétrico, especificação de EPIs, comprovação de trabalhadores e treinamentos realizados, laudos de testes em EPIs.

2.3.1.2 Medidas de proteção coletiva

10.2.8.1 - Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores.

10.2.8.2 - As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme estabelece esta NR e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança.

10.2.8.2.1 - Na impossibilidade de implementação do estabelecido no subitem 10.2.8.2., devem ser utilizadas outras medidas de proteção coletiva, tais como: isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático (MTE, 2016)

Dentro do projeto de um novo CCM, deve sempre ser priorizado medidas de proteção coletiva como isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação (disjuntores).

2.3.1.3 Medidas de proteção individual

10.2.9.1 - Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6.

10.2.9.2 - As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

10.2.9.3 - É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades. (MTE, 2016)

Sobre medidas de proteção individual, devem ser fornecidos, aos trabalhadores autorizados, EPIs (Equipamentos de proteção individual). Também devem ser orientados sobre o não uso de adornos pessoais, proibido pela norma.

2.3.1.4 Segurança em projetos

10.3.1 - É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação da condição operativa.

10.3.2 - O projeto elétrico, na medida do possível, deve prever a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito

10.3.3 - O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção.

10.3.4 - O projeto deve definir a configuração do esquema de aterramento, a obrigatoriedade ou não da interligação entre o condutor neutro e o de proteção e a conexão à terra das partes condutoras não destinadas à condução da eletricidade.

10.3.7 - O projeto das instalações elétricas deve ficar à disposição dos trabalhadores autorizados, das autoridades competentes e de outras pessoas autorizadas pela empresa e deve ser mantido atualizado.

10.3.9 - O memorial descritivo do projeto deve conter, no mínimo, os seguintes itens de segurança:

a) especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;

b) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde - "D", desligado e Vermelho - "L", ligado);

c) descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;

d) recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;

e) precauções aplicáveis em face das influências externas;

f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas;

g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica. (MTE, 2016)

O projeto deve prever a instalação de dispositivos de seccionamento de ação simultânea, como disjuntores, impedindo a reenergização do circuito.

Deve possuir um espaço seguro para localização do CCM, tanto para serviços de manutenção, construção, quanto para influências externas, como o pó, animais, dentre outros.

Deve possuir, no projeto, a informação do esquema de aterramento, a relação entre o condutor terra e o condutor neutro, bem como aterramento da carcaça.

O projeto necessita estar sempre disponível às pessoas autorizadas, bem como às autoridades competentes.

O memorial descritivo deve conter:

- Indicação dos riscos, como choque elétrico, queimaduras, risco à vida, dentre outros

- Indicação de posição dos dispositivos de manobra. Um padrão é utilizar a cor verde para posição desligada e a cor vermelha para posição ligada

- Descrição e identificação dos circuitos, equipamentos, condutores em relação ao CCM pronto. Ex: anilhas nos disjuntores, contadores. Etiquetas em cabos, etc.

- Recomendações, restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas no local. Pode ser um cartaz explicativo no local

- Precauções quanto a influências externas

- Explicação sobre os dispositivos de proteção e compatibilidade na instalação

2.3.1.5 Proteção contra incêndio e explosão

10.9.1 - As áreas onde houver instalações ou equipamentos elétricos devem ser dotadas de proteção contra incêndio e explosão, conforme dispõe a NR 23 – Proteção Contra Incêndios. (MTE, 2016)

O departamento de Segurança, em conjunto com a equipe de engenharia, deve prover soluções para proteção contra incêndios e explosões.

2.3.1.6 Sinalização de segurança

10.10.1 - Nas instalações e serviços em eletricidade deve ser adotada sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação, obedecendo ao disposto na NR-26 – Sinalização de Segurança, de forma a atender, dentre outras, as situações a seguir:

a) identificação de circuitos elétricos;

b) travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;

c) restrições e impedimentos de acesso;

d) delimitações de áreas;

e) sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;

f) sinalização de impedimento de energização;

g) identificação de equipamento ou circuito impedido (MTE, 2016)

Deve haver sinalização de segurança, como identificação de circuitos elétricos, travamentos e bloqueios de dispositivos, restrições de acesso, delimitação de áreas, identificação de equipamentos ou circuito impedido, compondo assim um conjunto de EPC's obrigatórios.

2.3.2 Norma Regulamentadora 12

2.3.2.1 Instalações e dispositivos elétricos

12.14 - As instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem ser projetadas e mantidas de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto na NR 10.

12.15 - Devem ser aterrados, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as instalações, carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão.

12.17 - Os condutores de alimentação elétrica das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança:

a) oferecer resistência mecânica compatível com a sua utilização;

b) possuir proteção contra a possibilidade de rompimento mecânico, de contatos abrasivos e de contato com lubrificantes, combustíveis e calor;

c) localização de forma que nenhum segmento fique em contato com as partes móveis ou cantos vivos;

d) facilitar e não impedir o trânsito de pessoas e materiais ou a operação das máquinas;

e) não oferecer quaisquer outros tipos de riscos na sua localização; e

f) ser constituídos de materiais que não propaguem o fogo, ou seja, autoextinguíveis, e não emitirem substâncias tóxicas em caso de aquecimento.

12.18 - Os quadros de energia das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança:

- a) possuir porta de acesso, mantida permanentemente fechada;
- b) possuir sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso por pessoas não autorizadas;
- c) ser mantidos em bom estado de conservação, limpos e livres de objetos e ferramentas;
- d) possuir proteção e identificação dos circuitos. e
- e) atender ao grau de proteção adequado em função do ambiente de uso.

12.20 - As instalações elétricas das máquinas e equipamentos que utilizem energia elétrica fornecida por fonte externa devem possuir dispositivo protetor contra sobrecorrente, dimensionado conforme ademanda de consumo do circuito.

12.20.1 - As máquinas e equipamentos devem possuir dispositivo protetor contra sobretensão quando a elevação da tensão puder ocasionar risco de acidentes.

12.20.2 - Quando a alimentação elétrica possibilitar a inversão de fases de máquina que possa provocar acidentes de trabalho, deve haver dispositivo monitorado de detecção de seqüência de fases ou outramedida de proteção de mesma eficácia.(MTE, 2016)

O projeto do CCM deve ser feito de forma a prevenir perigos de choques elétricos, incêndio, explosão, dentre outros.

As carcaças, invólucros, blindagens ou quaisquer outras partes que possa ficar sob tensão devem ser aterradas.

Os condutores de alimentação elétrica devem oferecer resistência mecânica, possuir proteção contra a possibilidade de contato mecânico, proteção contra calor,

dentre outros tipos de abrasivos. Não deve ficar em contato com partes móveis ou cantos vivos.

Deve facilitar o trânsito de pessoas e/ou máquinas. Não deve oferecer riscos na localização e não possuir materiais que propaguem o fogo.

Os quadros de energia das máquinas e equipamentos devem possuir porta de acesso sempre fechada, possuir sinalização quanto ao perigo de choque elétrico. Possui aviso de acesso permitido somente por pessoas autorizadas. Estar sempre limpo e organizado, possuir identificação dos circuitos e atender ao grau de proteção.

Devem possuir dispositivo de proteção contra sobrecorrente e contra sobretensão. Possuir também dispositivos de monitoramento e detecção de sequência de fases.

2.3.2.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada

12.24 - Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- d) não acarretem riscos adicionais; e e) não possam ser burlados.

12.25 - Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.

12.30.3 - Os dispositivos de acionamento simultâneos, quando utilizados dois ou mais, devem possuir sinal luminoso que indique seu funcionamento.

12.32 - As máquinas e equipamentos, cujo acionamento por pessoas não autorizadas possam oferecer risco à saúde ou integridade física de qualquer pessoa, devem possuir sistema que possibilite o bloqueio de seus dispositivos de acionamento.

12.33 - O acionamento e o desligamento simultâneo por um único comando de um conjunto de máquinas e equipamentos ou de máquinas e equipamentos de grande dimensão devem ser precedidos de sinal sonoro de alarme.

12.34 - Devem ser adotadas, quando necessárias, medidas adicionais de alerta, como sinal visual e dispositivos de telecomunicação, considerando as características do processo produtivo e dos trabalhadores.

12.36 - Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles que compõem a interface de operação das máquinas devem:

a) operar em extrabaixa tensão de até 25V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60V (sessenta volts) em corrente contínua; e

b) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, conforme itens 12.56 a 12.63 e seus subitens.

12.37 - Quando indicado pela apreciação de riscos, em função da categoria de segurança requerida, o circuito elétrico do comando da partida e parada, inclusive de emergência, do motor das máquinas e equipamentos deve ser redundante e atender a uma das seguintes concepções, ou estar de acordo com o estabelecido pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta destas, pelas normas técnicas internacionais:

a) possuir, no mínimo, dois contadores ligados em série, com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, monitorados por interface de segurança;

b) utilizar um contator com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, ligado em série a inversores ou conversores de frequência ou softstarters que possua entrada de habilitação e que disponibilize um sinal de falha, monitorados por interface de segurança;

c) utilizar dois contadores com contatos mecanicamente ligados ou contatos espelho, monitorados por interface de segurança, ligados em série a inversores ou conversores de frequência ou softstarters que não possua entrada de habilitação e não disponibilize um sinal de falha;

d) utilizar inversores ou conversores de frequência ou soft-starters que possua entrada de segurança e atenda aos requisitos da categoria de segurança requerida.

12.37.1 - Para o atendimento aos requisitos do item 12.37, alíneas "b", "c" e "d", é permitida a parada controlada do motor, desde que não haja riscos decorrentes de sua parada não instantânea.(MTE, 2016)

As partidas dos motores não podem localizar-se em zonas perigosas, possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por qualquer pessoa, impeça o desligamento involuntário pelo operador de forma acidental e não possam ser burlados. Os comandos também precisam ter dispositivos que impeçam o funcionamento automático ao ser energizados.

Dispositivos de acionamento simultâneos devem possuir sinal luminoso que indique seu funcionamento.

Deve possuir sistema para bloqueio de acionamento de máquinas perigosas por pessoas não autorizadas.

Devem ser adotadas medidas adicionais de alerta, como dispositivos visuais e sistemas que possam melhorar a produtividade do trabalhador.

Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles de operação de máquinas devem operar em extra baixa tensão (25 Volts em corrente alternada e 60 Volts em corrente contínua).

Se indicado pela apreciação de riscos, de acordo com a categoria do equipamento, o circuito elétrico do comando de partida deve possuir dois contatores ligados em série, com contatos mecanicamente ligados e monitorados por interface de segurança. Se for utilizado inversores, que esses atendam aos requisitos da categoria de segurança requerida e estejam monitorados por interface de segurança.

2.3.2.3 Sistemas de segurança

12.42 - Para fins de aplicação desta Norma, consideram-se dispositivos de segurança os componentes que, por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, sendo classificados em:

a) comandos elétricos ou interfaces de segurança: dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedem ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança, como relés de segurança, controladores configuráveis de segurança e controlador lógico programável - CLP de segurança;

b) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, com ação e ruptura positiva, magnéticas e eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas;

c) sensores de segurança: dispositivos detectores de presença mecânicos e não mecânicos, que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de perigo de uma máquina ou equipamento, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções perigosas, como cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, laser de múltiplos feixes, barreiras óticas, monitores de área, ou scanners, batentes, tapetes e sensores de posição;

d) válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia;

e) dispositivos mecânicos, como: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, defletores e retráteis; e

f) dispositivos de validação: dispositivos suplementares de comando operados manualmente, que, quando aplicados de modo permanente, habilitam o dispositivo de acionamento, como chaves seletoras bloqueáveis e dispositivos bloqueáveis.

12.43 - Os componentes relacionados aos sistemas de segurança e comandos de acionamento e parada das máquinas, inclusive de emergência, devem garantir a manutenção do estado seguro da máquina ou equipamento quando ocorrerem flutuações no nível de energia além dos limites considerados no projeto, incluindo o corte e restabelecimento do fornecimento de energia. (MTE, 2016)

É explicado que um dispositivo de segurança é composto de dispositivos como relés de segurança, CLPs de segurança, dispositivos de intertravamento, sensores, válvulas de segurança, dentre outros. Também diz que, caso ocorra flutuações no nível de energia, corte do fornecimento e outros casos, o projeto deve garantir que a máquina permaneça parada, de modo a não quebrar nem atingir alguém, causando um acidente.

2.3.2.4 Dispositivos de parada de emergência

12.56 - As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.

12.56.1 - Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento.

12.57 - Os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.

12.59 - A função parada de emergência não deve:

a) prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança;

b) prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas;

c) gerar risco adicional.

12.60 - O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

12.60.1 - O desacionamento deve ser possível apenas como resultado de uma ação manual intencionada sobre o acionador, por meio de manobra apropriada;

12.63 - A parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência.

12.63.1 - A localização dos acionadores de rearme deve permitir uma visualização completa da área protegida pelo cabo. (MTE, 2016)

As máquinas precisam ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência. Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados para partida dos equipamentos. Os botões de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização.

A função da parada de emergência não pode prejudicar a eficiência do sistema de segurança, não pode gerar nenhum risco adicional.

O acionador de parada de emergência deve ficar retido na posição acionada até que uma ação manual intencional a desacione por manobra apropriada.

A parada de emergência deve exigir um rearme ou reset manual realizado após a correção do evento.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 O PROJETO

Para início do projeto, levantou-se a informação de quantos motores a URG necessita para funcionamento pleno, qual o tipo de partida elétrica que cada um dos motores utilizará e, além dos motores, se há mais equipamentos que o CCM irá comandar eletricamente.

O desenvolvimento do projeto do CCM precisou levar em conta todos os itens da norma NR-10 e NR-12 que são pertinentes. Primeiramente a norma regulamentadora número 10 foi consultada para verificação do que precisava ser feito e após todas as soluções apontadas, a norma 12 foi consultada, pois o painel de comando dos motores também precisava estar de acordo com a NR-12.

3.1.1 Soluções baseadas na NR10

As soluções baseadas na NR-10 foram:

3.1.1.1 Medidas de controle

Para as medidas de controle, foi adotado o Prontuário de Instalações Elétricas. Esse fica disponível no mesmo ambiente onde está o CCM, sendo utilizado por todos os trabalhadores autorizados e também em site da rede da empresa ao alcance de todos os interessados. A seguir, segue os dados contidos no PIE:

- Documento Prontuário de Instalações Elétricas, cujo conteúdo é:
 1. Introdução
 2. Objetivos
 3. Abrangência deste trabalho
 4. Dados da Empresa
 5. Fundamentações
 6. Responsabilidades
 7. Dados técnicos das instalações elétricas da unidade
 8. Metodologias empregadas
 9. Desenvolvimento
 10. Considerações finais
 11. Assinaturas
 12. Bibliografia
 13. Anexos
- Procedimentos e instruções de trabalhos
- Anexos, cujo conteúdo é:
 - Anexo 1 - Projetos Elétricos
 - Anexo 2 - Procedimentos de trabalhos
 - Anexo 3 - Projeto, Certificado e laudos de SPDA
 - Anexo 4 - Certificados do responsável técnico pela empresa
 - Anexo 5 - Atestado dos colaboradores
 - Anexo 6 - Certificados de aprovação dos EPIs e EPCs utilizados pela empresa
 - Anexo 7 - Certificados e especificações dos equipamentos utilizados em áreas classificadas.

A Figura 17 mostra a página da empresa que contém todos os arquivos:



Figura 17 - Página da internet com os arquivos do Prontuário
Fonte: O autor (2016)

Dessa forma, consegue-se atender aos itens 10.2.3 e 10.2.4 da NR-10.

3.1.1.2 Medidas de proteção coletiva

Como medidas de proteção coletiva, a norma deixa algumas sugestões, como: isolamento de partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio de religamento automático.

Para o CCM projetado, foram colocadas algumas proteções como terminal para os cabos, luva termo contrátil para os barramentos, portas de acrílico para evitar contato dos operadores, já que apenas terão acesso à manopla dos disjuntores e possibilidade de cadeado na porta do painel. Exemplo na Figura 18, mostrando um detalhe dos barramentos isolados pela luva termo contrátil, além do detalhe de acrílico embaixo, evitando acesso dos trabalhadores. Além disso, os barramentos ficam em lugares altos, dificultando o acesso para trabalhadores sem escada.



Figura 18 - Detalhe de barramento com luva termo contrátil
Fonte: O autor (2016)

3.1.1.3 Medidas de proteção individual

Para medidas de proteção individual, apenas os eletricitistas, os quais possuem treinamento em NR-10 e são instruídos sobre uso de adornos no local, são autorizados a entrar na sala do CCM. Por isso, apenas estes utilizam de EPIs, os quais foram adotados e seguem relacionados:

- Para medidas de proteção individual, apenas os eletricitistas, os quais possuem treinamento em NR-10 e são instruídos sobre uso de adornos no local, são autorizados a entrar na sala do CCM. Por isso, apenas estes utilizam de EPIs, os quais foram adotados e seguem relacionados:

- Uniforme para Eletricitista com calça e camisa manga longa. Esse conjunto é fabricado com tecidos especiais 88/12 e aviamentos antichama, para proteção contra agentes térmicos provenientes de Arco Voltaico e Fogo Repentino. Atende as classes de risco I e II e é capaz de suportar $8,5 \text{ cal/cm}^2$.

- Luvas isolantes de borracha classe 0, que garante isolação até 1000V, com luva de vaqueta sobreposta. Equipamento de proteção individual, de borracha natural, destinado a proteger a mão, o punho e o antebraço do usuário, permitindo completa independência de movimento dos dedos.

- Capacete classe B com suspensão, jugular e abafador. O casco do capacete é indicado para trabalhos em temperaturas elevadas e/ou riscos elétricos.

- Botina para uso eletricitista, com elástico lateral recoberto, confeccionado em couro, dorso acolchoado, sem biqueira de aço, palmilha de montagem não tecido e solado em poliuretano bi densidade injetado.

- Óculos de proteção: Proteção dos olhos do usuário contra impactos de partículas volantes multidirecionais.

- Ferramentas isoladas como alicate universal, alicate de corte, alicate de bico, chaves de fenda, chaves de torque, chaves Philips, chave fixa e entre outras específicas para trabalhos que envolvem instalações elétricas.

- Escada de Fibra de comprimento ajustável constituída de duas partes, uma fixa e outra parte móvel, sendo uma delas capaz e deslizar sobre a outra por dispositivos adequados. O material utilizado é um montante tipo “U” em fibra de vidro de alta resistência mecânica e elétrica, cor laranja com faixas de segurança nas cores amarela e preta. Degraus em alumínio extrudado com estrias antiderrapantes, providos de protetores metálicos que serão fixados circundando os mesmos na área de contato com o gancho da catraca sapata é articulável de alumínio com solado de borracha. O Moitão (roldana) em alumínio com corda de poliéster 3/8”, catraca de aço forjado, corrediça de aço estampado revestido com resina de PVC. A corda para elevar escada é de poliéster com alma 8 mm torcida.

- Tapete Isolante de borracha é um item utilizado nas salas dos CCM (Centro de Controle de Motores) das unidades da Belagrícola. Adotado pela empresa como procedimento adicional de segurança. Em uma das faces possui sistema antiderrapante, que ajuda a proteger o tapete de ser danificado por partículas perfurantes além de fornecer melhor aderência.

Dessa maneira, os itens 10.2.9.1, 10.2.9.2 e 10.2.9.3 são obedecidos pela empresa.

3.1.1.4 Segurança em projetos

No quesito segurança em projetos, todos os disjuntores possuem espaço para colocar um cadeado, o qual apenas o electricista possui a chave, e impedir a reenergização. O aparato é um cadeado da Allen-Bradley modelo 140M-C-M3 (Figura 19), o qual possui espaço para vários cadeados comuns. Apenas poderá ser retirado o cadeado de segurança quando todos os cadeados comuns forem retirados.

O projeto contempla o CCM dentro de uma sala refrigerada por aparelhos de ar condicionado, janelas e portas fechadas para proteção em relação ao exterior, com muito pó e intempéries. Por isso todo o ambiente do painel elétrico é seguro tanto para os componentes quanto para a manutenção.

O projeto contempla o aterramento da unidade e do CCM como sendo o sistema TNS.



Figura 19 - Situação real de bloqueio de disjuntor
Fonte: Allen Bradley (2016)

Como não haverá botões para partida dos motores, no memorial descritivo não há nada em relação a botões, mas há a especificação relativa à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais.

Portanto, foi considerado os itens 10.3.1, 10.3.2, 10.3.3, 10.3.4, 10.3.7, 10.3.9 como itens que o projeto do CCM obedece

3.1.1.5 Proteção contra incêndio e explosão

A sala do CCM possui vários extintores em sua área, permitindo extinção do fogo caso ocorra.

3.1.1.6 Sinalização de segurança

O CCM possui vários sinalizadores visuais para representar que o lugar é perigoso. Os circuitos elétricos possuem anilhas que identificam o cabo. No cartaz na entrada da sala do painel elétrico, há uma linha dizendo que apenas pessoas com NR-10 podem realizar procedimento operacional no CCM.

A Figura 20 demonstra os procedimentos operacionais de segurança, reforçando que apenas trabalhadores com NR-10 e autorizados podem realizar o procedimento operacional no painel elétrico, a Figura 21 retrata as sinalizações de perigo de choque elétrico nas portas do CCM e a Figura 22 mostra dentro de uma das portas, em que na porta de acrílico há um adesivo que demonstra que há passagem de corrente elétrica, além de mostrar as anilhas nos cabos que vão até os motores, marcados com o número de cada motor. Assim sendo, ambas provam a sinalização de segurança



Figura 20 - Painel elétrico montado com adesivos informando o perigo
Fonte: O autor (2016)



Figura 21 - Painel elétrico montado com adesivos informando o perigo
Fonte: O autor (2016)



Figura 22 - Uma das portas abertas. Há a advertência de choque elétrico e os cabos anilhados
Fonte: O autor (2016)

3.1.2 Soluções baseadas na NR12

As soluções baseadas na NR-12 foram:

3.1.2.1 Instalações e dispositivos elétricos

Segundo a norma NR-12, as instalações elétricas dos equipamentos do CCM devem ser projetadas de modo a prevenir os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e acidentes, conforme NR-10. Isso foi feito e discutido na seção anterior

Ainda conforme a norma regulamentadora 10, todas as carcaças dos equipamentos presentes no CCM, assim como as portas desse, e que possam ficar sob tensão foram aterradas. Um exemplo de aterramento de carcaça é a porta do CCM, como mostra a Figura 23.



Figura 23 - Detalhe do aterramento da porta do CCM (carcaça do painel já aterrada)
Fonte: O autor (2016)

Os condutores de alimentação são cabos do tipo flexível, antichama, seguro a tensões bem acima da contratada, com sobra para não ficar tracionado, passado em canaletas ou espaços que não ofereçam contato com partes móveis ou cantos vivos. Para esconder partes vivas, são colocados terminais e, caso o terminal não possua capa de plástico para dar acabamento, esse é feito com pedaço de luva termocontrátil.

O CCM, conforme a NR-12:

- Possui 10 painéis *back to back*, ou seja, portas de acesso pela frente e pelas costas e estão sempre fechadas
- As portas de acesso possuem espaço para cadeado

- Possuem sinalização quanto ao perigo do choque elétrico, como mostra a Figura 21.

- Possui proteção e identificação de todos os circuitos que a compõe.
- Cada circuito presente no CCM possui pelo menos um disjuntor protetor contra sobrecorrente e sobretensão, além do disjuntor geral do painel.
- Todos os motores com inversão de fases possuem proteção da própria partida para evitar acidentes.

Assim, itens 12.14, 12.15, 12.17, 12.18, 12.20, 12.21.1 e 12.20.2 atendidas.

3.1.2.2 Dispositivos de partida, acionamento e parada

3.1.2.2.1 Sistema supervisório

Sobre a NR-12, na parte de dispositivos de partida, acionamento e parada, é importante salientar que foram feitas algumas mudanças em relação ao projeto normal de partida dos motores, ou partidas utilizando botões.

Utilizando o Controlador Lógico Programável, todas as partidas foram configuradas e testadas. Após isso, foi montado uma outra sala, no meio da URG e nessa sala, instalou-se um ponto de rede para comunicação com o CLP. Um computador, em que um software supervisório foi instalado, junto a uma tela de 50", conforme Figura 24, Figura 25 e Figura 26. Serve como acionador de partida para os motores.

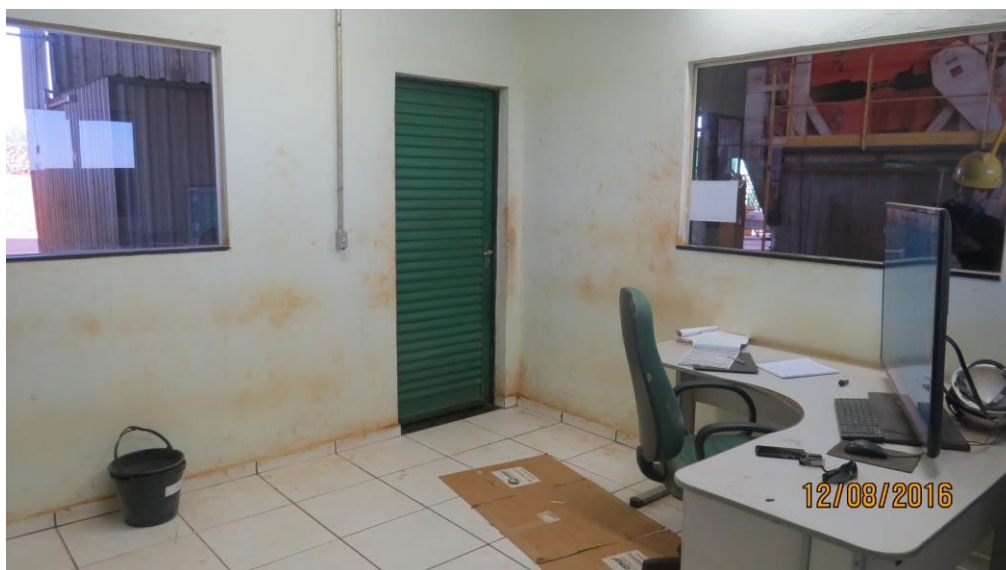


Figura 24 - Sala do supervisório
Fonte: O autor (2016)

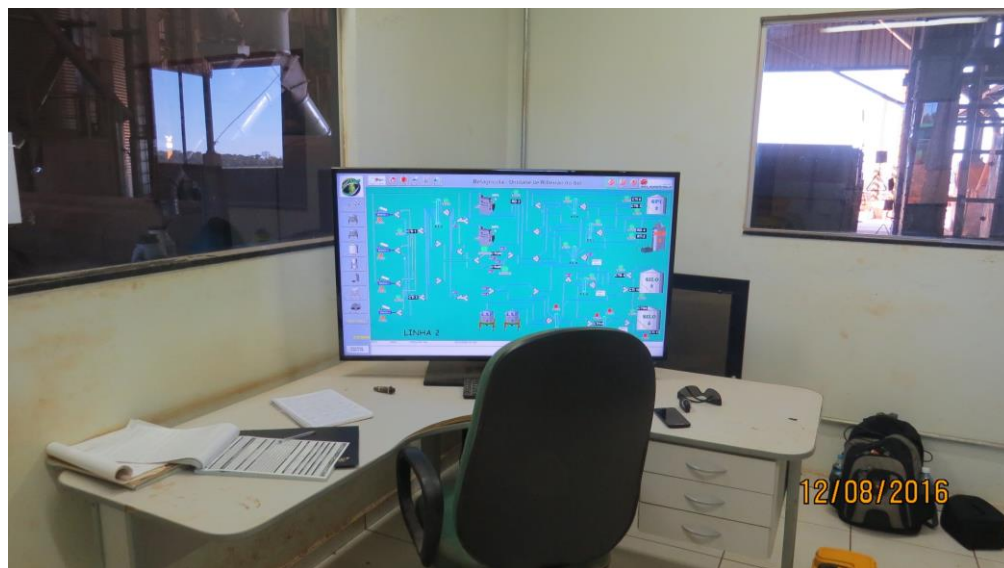


Figura 25 - Sala do supervisor: mesa e computador
Fonte: O autor (2016)



Figura 26 - Sala do supervisor: detalhe da tela com o software em execução
Fonte: O autor (2016)

As vantagens que motivaram a instalação foram:

- Acesso ao CCM não mais necessário pelo operador. Cumpre-se que apenas pessoas autorizadas adentrem a área do painel.
- A comunicação é realizada por rede interna. Cabo ethernet até um Switch, saída do CCM até a sala do supervisor via fibra ótica e conversão para cabo de rede ethernet novamente para conexão à CPU. Portanto, não há riscos para o operador utilizando essa topologia de conexão
- Já que a ligação CCM-Supervisor é realizada em rede, há economia de cabos para os botões. São estágios a menos para manutenção

- O operador consegue, a partir do monitor, uma noção melhor do fluxo da unidade.
- Possibilidade de confecção de relatórios e históricos, de interesse de quem precisar.
- Possibilidade de Alarmes e diagnósticos rápidos de qualquer tipo de falha configurada no sistema
- Possibilidade de acesso remoto para manutenção em nível de software e diagnóstico aprofundado de falhas, podendo evitar o deslocamento de um eletricista para a URG.

Sobre o sistema supervisório, cabe ressaltar:

- Os motores são divididos em duas linhas principais, motores do silo armazenador, fluxo de resíduos, motores das máquinas de limpeza e filtros, motores dos silos armazenadores de resíduos e motores dos secadores. Divisão realizada juntamente com os operadores de grãos da URG.



Figura 27 - Tela inicial do Supervisório
Fonte: O autor (2016)

- Os motores desligados ficarão com a cor verde e os ligados com a cor vermelha

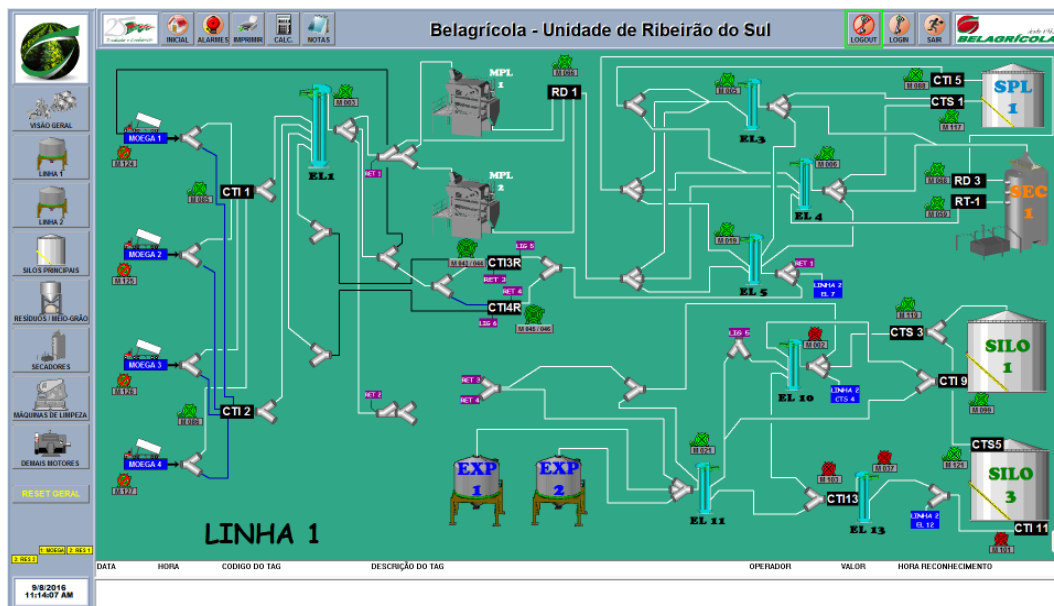


Figura 28 - Supervisório: fluxo linha 1. Motores ligados em vermelho e desligados em verde
Fonte: O autor (2016)

- Cada motor possui sua identificação e controles para início, parada e alguns diagnósticos como retroaviso do motor, estado do disjuntor, etc.

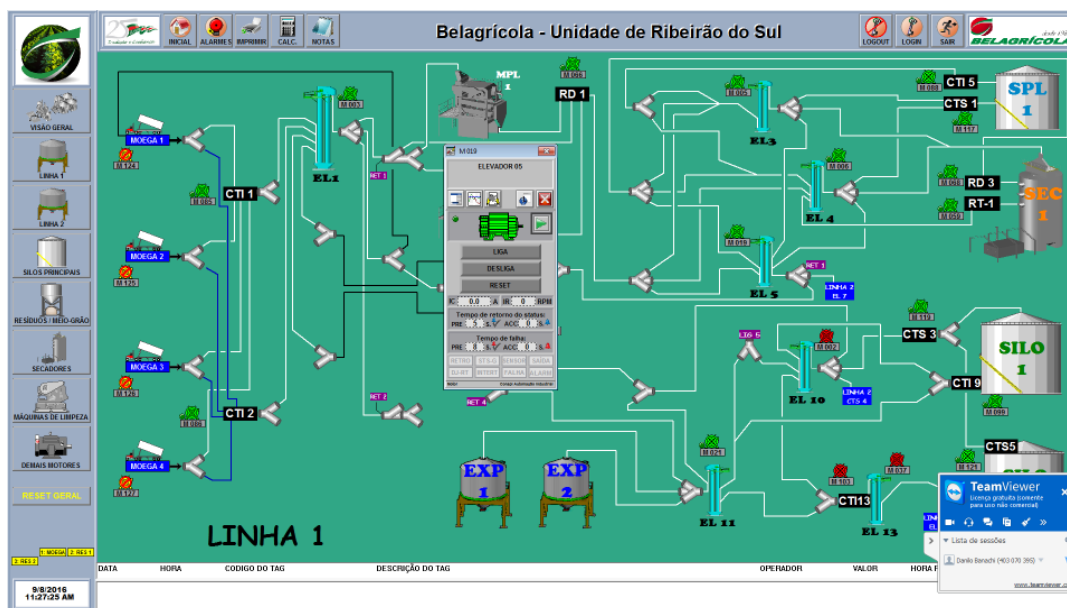


Figura 29 - Supervisório: Tela especial para ligar motor
Fonte: O autor (2016)

- A tela especial do motor ainda possui tempos pré-definidos para partida do motor. Caso o motor demore para partir e o CLP não receba o retorno do status do motor, a partida é cancelada.

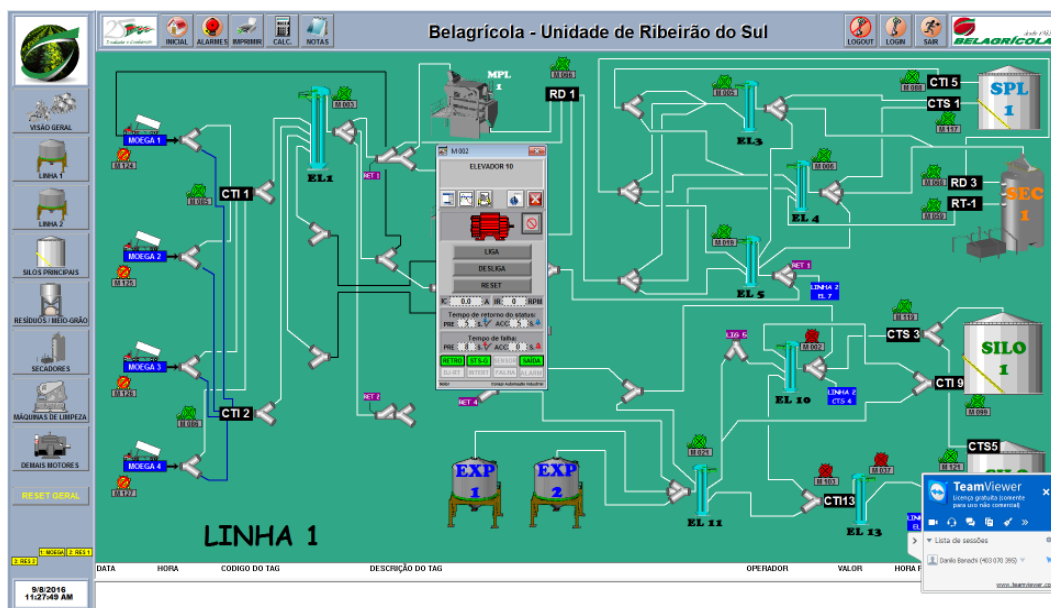


Figura 30 - Supervisório: Tela especial com o motor ligado, tempos máximos de falha e situação OK
Fonte: O autor (2016)

- O supervisório ainda possui botões de login e logout para algum possível bloqueio de partidas para alguns usuários. Não foi feito nenhum bloqueio, mas o sistema já existe e permite a manobra.

Portanto, os sistemas podem ser desligados em caso de emergência em qualquer um dos botões de emergência e impedirão o acionamento involuntário pelo operador de forma acidental, não acarretam riscos adicionais e não podem ser burlados.

Assim como diz a 12.36, os componentes de partida, parada, e qualquer outra operação das máquinas por pessoas não autorizadas são feitas em extra baixa tensão. Mesmo para os eletricitas, todo o circuito de comando também é realizado em 24V.

3.1.2.2.2 Segurança no CLP para partidas

Assim como diz a 12.36, os componentes de partida, parada, e qualquer outra operação das máquinas por pessoas não autorizadas são feitas em extra baixa tensão. Mesmo para os eletricitas, todo o circuito de comando também é realizado em 24V.

Ainda sobre proteções configuradas no CLP, os intertravamentos de motores são realizados no CLP. Em conjunto, o departamento de automação, o departamento de grãos e o departamento de segurança do trabalho reúnem-se e

verificam quais são os melhores intertravamentos. Assim é configurado no CLP. Somente o motor é ligado caso o CLP saiba que o motor da cascata anterior também está ligado. Isso é uma vantagem em relação aos intertravamentos físicos pois caso haja alguma ampliação ou qualquer outro tipo de mudança, mesmo que seja conceitual sobre onde deve estar cada intertravamento, é muito mais fácil a mudança, já que é realizada via código no CLP.

3.1.2.2.3 *Segurança de partidas quanto a emergências*

O sistema de parada de emergência foi concebido em setores. Cada setor age em um grupo específico de máquinas e esses botões de emergência estão espalhados pela URG. Cada um desses botões de emergência, bem como as partidas dos motores de cada grupo foram ligados em relés especiais de segurança, compatíveis com a norma NR-12 para realização de supervisão de segurança. A partida. Mesmo assim, o CCM ainda tem um botão de emergência geral. A Figura 31 e Figura 32 mostram posição de dois desses botões de emergência.



Figura 31 - Botão de emergência setorial
Fonte: O autor (2016)



Figura 32 - Outro botão de emergência setorial
Fonte: O autor (2016)



Figura 33 - Porta do CCM com emergência geral e disjuntor de proteção
Fonte: O autor (2016)

3.1.2.2.4 *Segurança de partidas no quesito grau de risco*

No sistema de segurança, foi pedido a uma empresa terceira para que fizesse um estudo de grau de risco, assim como prevê a NR-12. O motivo é que, pelo grau de proteção, além da segurança do maquinário além do CCM, a partida elétrica necessita possuir, no mínimo, dois contatores ligados em série, com contatos mecanicamente ligados, monitorados por interface de segurança. Dessa forma, todos os motores com graduação de risco 3 e 4 foram dimensionados com dois contatores ligados em série. Os equipamentos categoria 1 e 2 continuaram com

um contator somente. Ainda assim, todas as partidas foram ligadas para ser monitoradas por relés de segurança específicos.

Dos 199 motores previstos:

- 57 motores (6 reservas) considerados categoria de risco 1
- 37 motores (1 reserva) considerados categoria de risco 2
- 25 motores (2 reservas) considerados categoria de risco 3
- 28 motores (2 reservas) considerados categoria de risco 4
- 52 motores considerados sem risco

Os motores categoria 3 e 4 precisaram ter dois contatores em série. Os inversores possuem duas entradas para 24V do comando do relé de segurança. Ao ligar cada saída do relé (duas saídas) nessas duas saídas, é possível manter o mesmo efeito, monitorando a partida com risco. A Figura 34 mostra a foto de dois contatores em série para adequação à norma. Já a Figura 35 informa, utilizando o projeto esquema de ligação para cada saída do relé no inversor.



Figura 34 - Porta do CCM com várias partidas que utilizam dois contatores em série
Fonte: O autor (2016)

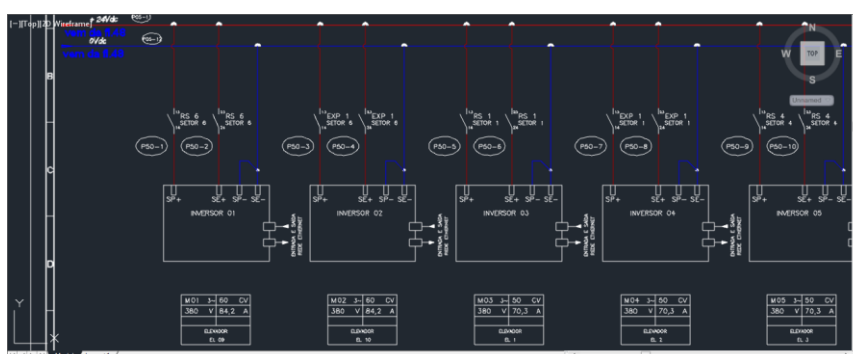


Figura 35 - Detalhe no projeto. Duas saídas do relé de segurança em dois bornes do inversor
Fonte: O autor (2016)

Por conseguinte, os itens 12.24, 12.25, 12.30.3, 12.32, 12.33, 12.34, 12.36, 12.37 e 12.37.1 ficam obedecidos com essas mudanças no CCM.

3.1.2.3 Sistemas de segurança

A norma define Comandos elétricos ou interfaces de segurança como: "Dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema a impedem a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança, como relés de segurança[...]" (MTE, 2016)

O relé de segurança utilizado é homologado em normas internacionais e inclusive a própria norma brasileira. A Figura 36 mostra um setor de emergência com a central e suas expansões.



Figura 36 - Detalhe dos relés de segurança monitorando o setor de emergência
Fonte: O autor (2016)

Como foi dito anteriormente, o CLP utilizado, ao ser desenergizado, coloca todas suas variáveis em 0. Sabendo do caso, todas as partidas de motores precisam setar a variável correspondente à partida para 1. Caso haja qualquer falha ou falta de energia, a variável irá para 0 e o motor desligará. Quando a energia for restabelecida, é garantido o estado seguro da máquina. Portanto, os itens 12.42 e 12.43 ficam satisfeitos.

3.1.2.4 Dispositivos de parada de emergência

Todas as partidas possuem disjuntor e para de emergência, seja pelo relé de segurança (botões de emergência setoriais) ou pelo botão de emergência geral no CCM.

Como os botões de emergência param um setor inteiro e após desacionado, o CLP não liga nenhum motor, os operadores não veem vantagem em utilizá-lo como dispositivo de partida.

A emergência serve apenas para parar o motor, então não prejudica a eficiência dos sistemas de segurança nem qualquer meio para resgatar pessoas.

Todos os botões de emergência são botões do tipo cogumelo e tipo girar para destravar, além de ter um LED para sinalizar que está acionado, assim como mostrado na Figura 31, na Figura 32 e Figura 33.

Sempre que o relé de segurança age, é necessário um reset no supervisório, mostrando ao sistema que tudo foi normalizado.

Isso obedece aos itens 12.56, 12.56.1, 12.57, 12.59, 12.60, 12.60.1, 12.63 e 12.63.1

4 RESULTADOS

De posse de todas as informações já relatadas, o resultado é que, depois de aplicados os documentos, equipamentos, dispositivos e procedimentos conforme preconizações das normas, a empresa passa a ter um cotidiano operacional que oferece segurança adequada ao seu patrimônio e aos seus trabalhadores.

Ora, o projeto foi pautado justamente em todos os itens pertinentes das normas regulamentadoras 10 e 12, os quais ditam de forma clara e objetiva no que a atenção precisa estar redobrada, tanto na hora da confecção do projeto, quanto na execução e posterior manutenção.

O projeto anterior, por mais que esteja de acordo com muitos dos itens propostos, é, de comum acordo para todos, não tão seguro quanto o projeto novo de Centro de Comando de Motores proposto.

A Figura 37 ilustra um painel do modelo de projeto hoje antigo.

Apesar do CCM antigo apresentado não ser ruim, é notório vantagens do projeto novo, como:

- Botões no CCM: Os botões no CCM requerem que o operador adentre à sala do painel elétrico, estando exposto ao risco inerente à situação. O operador não possui treinamento, necessitando-o e gerando um custo para a empresa que poderia ser evitado caso, pelo menos, os botões não estivessem no CCM e sim em um painel diferente. No projeto novo, o sistema supervisório aumenta muito a segurança, pois

apenas pessoas autorizadas irão adentrar ao local do CCM e os operadores utilizarão o sistema supervisorado (um microcomputador ligado a uma TV) em uma sala longe do Centro de Comando de Motores, onde o risco é praticamente zero.



Figura 37 - Foto de um CCM antigo ainda utilizado
Fonte: O autor (2016)



Figura 38 - CCM antigo: botões no painel
Fonte: O autor (2016)

- Barreiras: No Painel existente utilizado como comparação, entre as portas e os circuitos não há nenhum tipo de proteção, enquanto há a presença de portas

com barreiras acrílicas. Dessa forma, o operador tem seu risco aumentado caso abra a porta para acionamento de algum disjuntor que tenha desarmado.

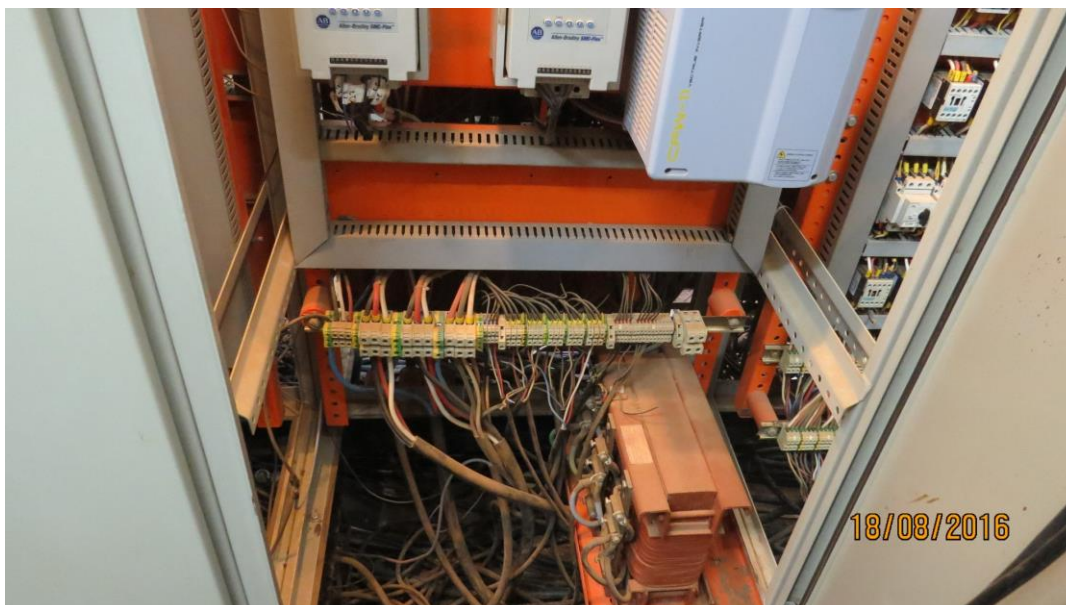


Figura 39 - CCM antigo: transformador sem barreiras que possa evitar contato de alguém
Fonte: O autor (2016)

Apesar do painel possuir uma altura elevada, ainda é possível acessar os barramentos em cima, tornando o risco um pouco maior.

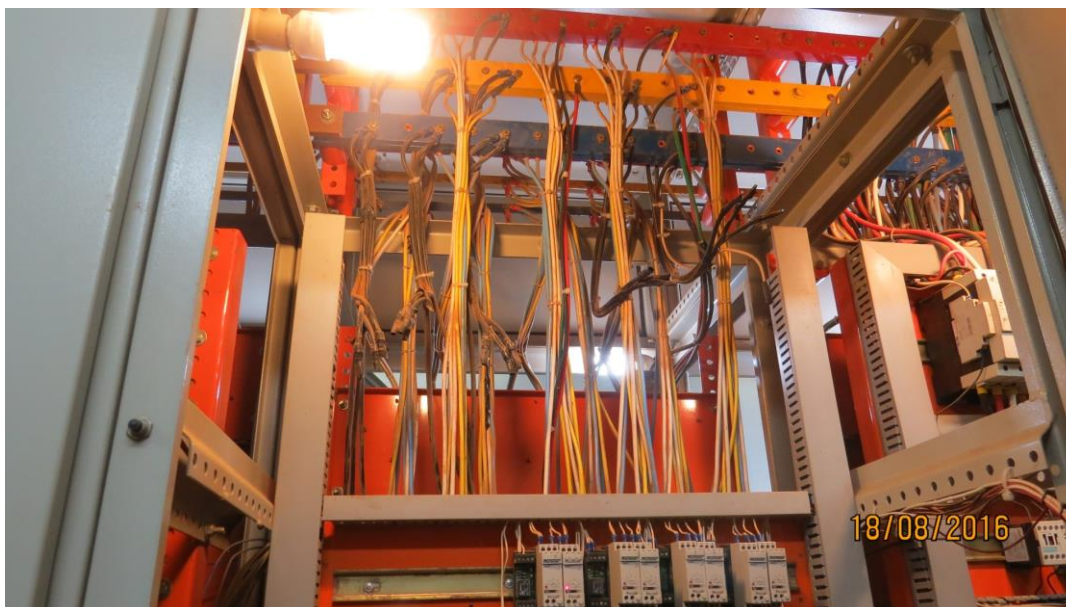


Figura 40 - CCM antigo: detalhe de facilidade em alcançar um barramento de energia
Fonte: O autor (2016)

- Falta de identificação nos condutores: O painel não possui identificação em seus condutores, levando muito tempo para que haja a correta identificação do circuito.

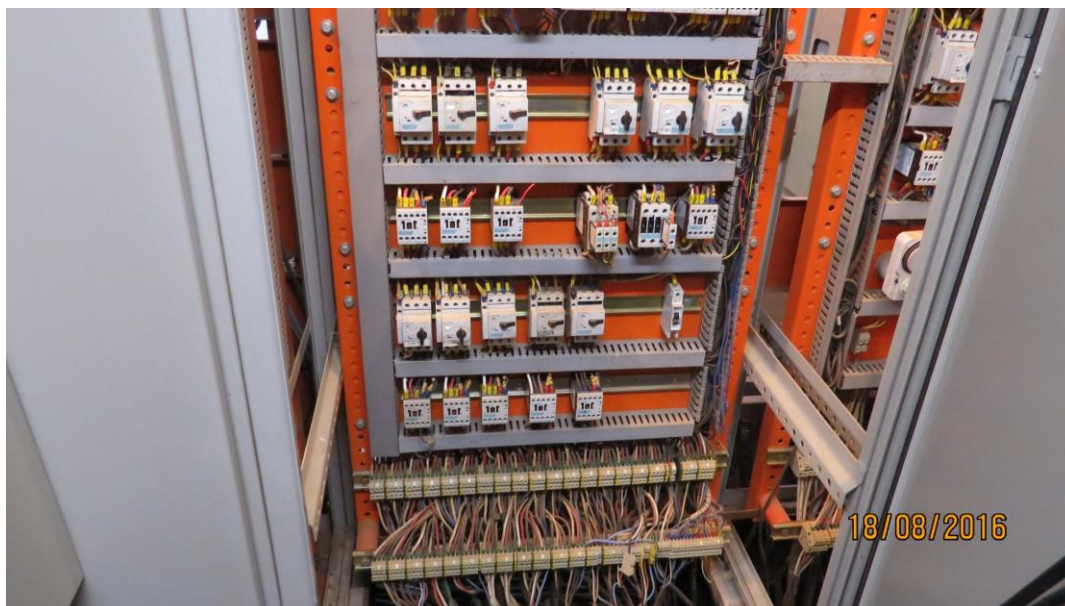


Figura 41 - CCM antigo: Falta de identificação de cabos e circuitos
Fonte: O autor (2016)

A Figura 42 mostra a nova realidade, com identificação, organização e espaço para novas partidas:



Figura 42 - CCM novo: Organização com partidas e identificação de cabos, bem como acrílico para separação dos componentes e dos barramentos
Fonte: O autor (2016)

- Portas sempre abertas: As portas do CCM, como mostra a Figura 43 não possuem maneira de trancar, enquanto o CCM novo possui, acarretando uma

vantagem em limitar o contato dos operadores, mesmo que esses adentrem à sala do Centro de Comando de Motores.

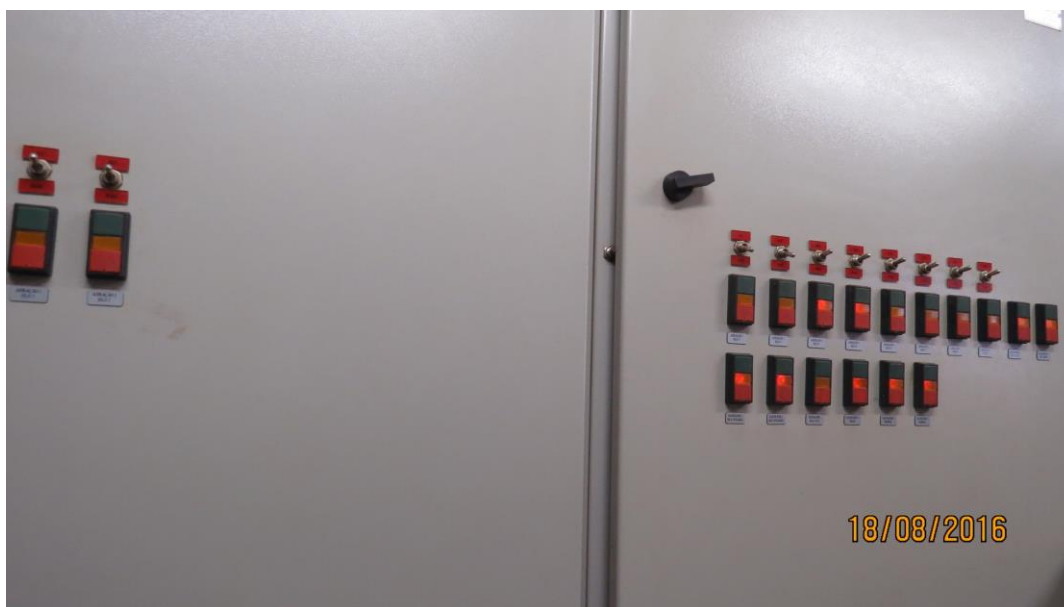


Figura 43 - CCM antigo: não é possível trancar as portas
Fonte: O autor (2016)

Infelizmente, os dados de acidentes não comprovam a melhora, já que o histórico é baixo e, apesar de não ter havido acidentes envolvendo eletricidade na URG com o projeto de CCM novo, não há parâmetro devido a essa ausência de histórico, no entanto é fato que os procedimentos se tornaram mais seguros.

Os principais argumentos para a continuação do modelo de projeto são, primeiramente, a melhora na qualidade de trabalho da unidade e, principalmente, dos trabalhadores, especialmente dos eletricitistas. Seguindo, a diminuição de gastos com manutenção elétrica, pois com o acesso remoto e os alarmes no sistema supervisorio, o deslocamento do eletricitista se dará apenas em momentos realmente necessários, além de utilizar menos horas de trabalho, estatisticamente, em comparação ao painel anterior, diminuindo obviamente a probabilidade de ocorrência de acidentes durante os deslocamentos e trabalhos das equipes de manutenção.

Comparando também os dois painéis elétricos no quesito avanço tecnológico, o CCM do projeto realizado possui um CLP com uma infinidade de novos recursos para o CCM e melhorias na Unidade de Recebimento de Grãos, o que não acontecerá com o CCM velho tão facilmente por demandar muito mais esforço e dinheiro com trocas de cabos, adequação de segurança, reestruturação de partidas e anilhamento de todos os circuitos.

Assim, foi encerrado com sucesso um projeto de automação industrial de um Centro de Comando de Motores para uma Unidade de Recebimento de Grãos adequada às normas NR-10 e NR-12

Os aprendizados começaram nos estudos necessários para apresentação do novo projeto à diretoria. O projeto deveria ser pautado nas normas e os trabalhos de toda a equipe de engenharia elétrica em identificar o que deveria ser alterado, além de justificativa foi dividido entre todos os engenheiros eletricitas.

A participação nesse projeto foi justamente na área da automação, a qual segui sempre ao lado da segurança do trabalho para que o projeto obedecesse às normas, como: integração dos dispositivos controlados pelo CLP, integrando os relés de segurança às partidas, programando os intertravamentos, configurando o supervisor, configurando o controlador de fator de potência para melhoria da energia utilizada e participando da montagem. Houve participação na montagem também, a fim de conhecer melhor a execução do projeto e obter mais experiência para melhorar a manutenção.

5 CONCLUSÃO

O projeto de automação de um CCM obteve sucesso em duas frentes de trabalho distintas que se complementam.

A primeira frente de trabalho é a melhoria no quesito segurança do trabalho, pois o projeto trouxe várias adequações às normas, além de redundâncias para que o trabalhador, tanto o leigo quanto o eletricitista autorizado a operar no CCM, esteja mais seguro e não haja acidentes de nenhuma forma. Com as normas atendidas, é claro que o colaborador da empresa não irá se machucar com a mesma repetibilidade que da forma anterior ao projeto. Isso é uma informação valiosa, pois é justamente o que a engenharia de segurança do trabalho almeja.

Para a engenharia de segurança do trabalho, o projeto alcançou os objetivos almejados pela empresa pois permitiu a adequação às normas e cumprimento de todas as leis pertinentes à parte elétrica, colocando a empresa num patamar de qualidade diferenciada no que tange às questões de segurança para o trabalhador.

Para o trabalhador foram diversos ganhos devido a separação de quem poderá entrar em zonas de risco, melhoria nos processos de manutenção, proteção dos operadores na utilização do supervisório, dentre outras vantagens.

O sucesso do projeto ainda expande-se à proteção do patrimônio, alinhando-se à norma na proteção de equipamentos como desligamentos em sobrecarga, organização de todas as partes elétricas, organização do PIE, proteção contra incêndio e explosão.

A segunda frente de trabalho é a melhoria na automação industrial presentes nas unidades. Essa melhoria acarreta vantagens como no caso de sistemas supervisórios, em que a sala fica no meio da unidade, possibilitando acesso rápido e fácil, possibilidade de trabalho com menos operadores com a automação que pode ser feita na URG, dentre outras vantagens que torna-se possível utilizando a tecnologia do Controlador Lógico Programável.

A automação realizada ainda funciona para provar a economia, pelo menos na parte de manutenção. Como os eletricitistas não ficam fixos em cada URG, o gasto com deslocamento diminui com o diagnóstico remoto. É evidente de que um CCM com várias camadas de proteção e avisos, bem como cursos e ordens da equipe de segurança do trabalho torna-se mais vantajoso.

Como projetos futuros, tem-se a coleta de dados estatísticos de acidentes e adequação dos painéis antigos ao modelo novo adotado.

Assim, espera-se que a empresa possa evoluir cada vez mais no quesito segurança do trabalho, tornando-se referência no assunto.

De modo geral, o projeto funcionou de maneira interessante para o aprendizado profissional na área de segurança do trabalho voltado a projetos elétricos e de automação. O ganho de conhecimento agregado em fazer o projeto e ainda ter a preocupação com todas as normas de segurança, arquitetar soluções e aplicá-las serviu para o crescimento e maior afinidade com a aplicação de normas e documentos no procedimento prático e produtivo.

REFERÊNCIAS

BANACHI, D. de P. **Automação em Centro de Comando de Motores (CCM) para unidades de recebimento de grãos**. Tese (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

Ministério do Trabalho e Emprego. *NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS*. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12atualizada2015II.pdf>>.

Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE*. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-10-atualizada-2016.pdf>>.

GESTAL. *Smart Gate C*. 2016. Disponível em: <<http://gestal.com/produtos/smart-gate-c>>. Acesso em: 03 set 2016.

FONSECA, L. C. *AULA 01 – SISTEMAS SUPERVISÓRIOS, INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM) E PC INDUSTRIAL*. 2016. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18219/material/Aula%201%20-%20IHM,%20Supervisorios%20e%20PCs%20Industriais.pdf>>. Acesso em: 03 set 2016.

Fábrica Do Projeto. *Série Transportadores: Elevador de Canecas*. 2016. Disponível em: <<http://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/02/serie-transportadores-elevador-de-canecas/>>. Acesso em: 03 set 2016.

EMBRAPA. *Colheita e pós colheita*. 2016. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/colsecagem.htm>. Acesso em: 03 set 2016.

CIA Multi. *CIA Multi - Industrial - Produtos*. 2016. Disponível em: <<http://ciamulti.ind.br/produtos.php>>. Acesso em: 03 set 2016.

CENTRO-OESTE. *Moegas do Terminal Ferroviário em Brasília*. 2016. Disponível em: <<http://doc.brazilia.jor.br/ferrovia-Brasilia/terminal-soja-ATC-interior-galpao-moegas.shtml>>. Acesso em: 03 set 2016.

BECKER. *Secadores de grãos*. 2016. Disponível em: <<http://carlosbecker.com.br/site/secadores-de-graos/>>. Acesso em: 03 set 2016.

ARTABAS. *Máquina de pré limpeza*. 2016. Disponível em: <<http://www.artabas.com.br/galeriaArt%20Top%20Clean.jpg>>. Acesso em: 03 set 2016.

Allen Bradley. *Bulletin 800F 22.5 mm Push Buttons*. 2016. Disponível em: <<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12768/229240/229244/2531081/1734224/Emergency-Stop-Operators.html>>. Acesso em: 03 set 2016.

INTERENG. *Factory Talk View Site Edition (SE)*. 2016. Disponível em: <<http://www.intereng.com.br/produtos/rockwell-software/visualizacao/rsview-se/>>. Acesso em: 03 set 2016.

Rockwell Automation. *440 Monitoring Safety Relays*. 2016. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/Motor-Control/IEC-Contactors/IEC-Standard-Contactors>>. Acesso em: 03 set 2016.

Rockwell Automation. *Contatores padrão IEC*. 2016. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/Motor-Control/IEC-Contactors/IEC-Standard-Contactors>>. Acesso em: 03 set 2016.

Rockwell Automation. *Inversores PowerFlex 753*. 2016. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/drives/powerflex-753>>. Acesso em: 03 set 2016.

Rockwell Automation. *Protetores de circuito do motor 140M*. 2016. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/Circuit-and-Load-Protection/Motor-Protection/140M-Motor-Circuit-Protectors>>. Acesso em: 03 set 2016.

Rockwell Automation. *Relé de sobrecarga E1*. 2016. Disponível em: <http://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/193-IEC_E1_592-NEMA_E1_PlusSolidStateOverloadRelayFamily_right1--large_312w255h.jpg>. Acesso em: 03 set 2016.

SIEMENS. *Disjuntores 3WT*. 2016. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/buildingtechnologies/br/pt/produtos-baixa-tensao/protecao-eletrica/disjuntores-abertos/disjuntor-3wt/pages/3wt.aspx>>. Acesso em: 03 set 2016