

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

FREIRE ALBERTO BERTELLI VALERIO

**SISTEMA DE SUPERVISAO APLICADO A INDÚSTRIA DE MANUFATURA:
Um caso aplicado.**

**CURITIBA
2015**

FREIRE ALBERTO BERTELLI VALERIO

**SISTEMA DE SUPERVISAÇÃO APLICADO A INDÚSTRIA DE MANUFATURA:
um caso aplicado.**

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

Orientador: Prof. Dr. Kleber Nabas

**CURITIBA
2015**

RESUMO

VALÉRIO, Freire Alberto Bertelli. **Sistema de Supervisão Aplicado a Indústria de manufatura:** um caso aplicado. 2015. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Nas grandes empresas onde a linha de produção demanda muitos equipamentos eletromecânicos de alta potência, o consumo de energia elétrica é elevado, logo qualquer forma de desperdício pode aumentá-lo drasticamente. Este desperdício é prejudicial ao caixa da empresa, pois o mesmo capital poderia ser aplicado em melhorias e benefícios próprios. Além disso, o desperdício de energia acarreta danos ao planeta, visto que cada vez mais há escassez de recursos naturais e o meio ambiente necessita ser preservado tanto para o nosso bem estar quanto para as próximas gerações. Este trabalho é concernente à automação de utilidades industriais a partir de controladores lógico programáveis. As utilidades da empresa X são classificadas por: iluminação, exaustão, sistema de arrefecimento, ar comprimido e gás de solda. A partir dos CLPs, estas passarão a ser controladas automaticamente através de horários pré-determinados, ou seja, por turnos, de maneira que somente permaneçam ativas quando houver produção na indústria; do contrário estas utilidades permaneceriam ligadas durante períodos indeterminados desperdiçando muita energia. Portanto o trabalho visa à eficiência energética. Para tanto, realizou-se levantamentos sobre o custo x benefício dos modelos de CLPs disponíveis no mercado, selecionou-se o que melhor se adaptaria às necessidades e custos para o desenvolvimento do projeto durante o período de um ano e realizou-se a implementação para fazer a comparação entre antes e depois a fim de verificar a redução no consumo de energia da empresa. Os resultados alcançados em um mês após a implementação do sistema comprovam que um uso mais eficiente das utilidades, diminui o consumo excessivo de energia por parte da empresa.

Palavras-chave: Automação. Controlador Lógico programável. Eficiência Energética.

ABSTRACT

VALÉRIO, Freire Alberto Bertelli. **Supervision System Applied to manufacturing industry** : an applied case. 2015. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

In large companies where the production line demand many electromechanical equipment of high power, the power consumption is high, so any form of waste can increase it dramatically. This waste is harmful to the company's cash, because it could be applied to capital improvements and own benefits. Also, the waste of energy causes damage to the planet, as more and more there is a shortage of natural resources and the environment needs to be preserved both for our well being and for future generations. This work is concerning the automation of industrial utilities from logical programmable controllers. Utilities company X are sorted by: lighting, exhaust, cooling system, compressed air and welding gas. From the PLC, such will be controlled automatically by predetermined times, that is, by turns, so that only remain active when production industry; otherwise these utilities remain on for indefinite periods of time wasting a lot of energy. So the work is aimed at energy efficiency. To this end, we carried out surveys on the cost-benefit ratio of PLCs models available in the market, we selected the one that best adapt to the needs and costs for the development of the project during the period of one year and the implementation was held to making comparison between before and after in order to verify the reduction in power consumption of the company. The results achieved in one month after the implementation of the system show that more efficient use of utilities, reduces excessive consumption of energy by the company.

Key Words: Automation. Programmable Logic Controller. Energy Efficiency

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Diagrama de blocos de um CLP
- Figura 2: Diagrama de blocos da estrutura interna de um Controlador Lógico Programável
- Figura 3: Diagrama de blocos do projeto de automação
- Figura 4: Diagrama de blocos do processo de automação das utilidades
- Figura 5: Diagrama de blocos dos compressores da empresa
- Figura 6: Exemplo de pressostato comercial
- Figura 7: Exemplo de termostato
- Figura 8: Torres de refrigeração
- Figura 9: Exemplo de contatores de uso industrial
- Figura 10: Planta baixa da empresa com o sistema de automação
- Figura 11: CLP SIMATIC S7 - 1200
- Figura 12: IHM SIMATIC KTP1000
- Figura 13: Exemplo de rede em topologia estrela
- Figura 14: Diagrama de blocos da rede com as respectivas conexões
- Figura 15: Antigo painel do sistema de iluminação da empresa
- Figura 16: Painel do sistema de iluminação readaptado
- Figura 17: Tela da IHM no modo iluminação
- Figura 18: Torres de refrigeração da empresa
- Figura 19: Tela da IHM no menu água de refrigeração
- Figura 20: Trecho Tela da IHM no modo de seleção de sistema
- Figura 21: Tela da IHM no menu do sistema de exaustão
- Figura 22: Tela da IHM no menu do sistema de compressão
- Figura 23: Tela da IHM no menu gás de solda
- Figura 24: CLP responsável pelo controle do sistema de iluminação
- Figura 25: Foto do sistema de exaustão da empresa
- Figura 26: Painel dos CLPs do sistema de exaustão
- Figura 27: Como era o painel da iluminação antes da automação
- Figura 28: Como ficou o painel da iluminação
- Figura 29: Compressores de ar da empresa
- Figura 30: CLP que controla o sistema de ar comprimido
- Figura 31 Foto dos tanques de armazenamento de gases de solda

Figura 32: CLP que controla o sistema de gases de solda

Figura 33: Setor da empresa onde está localizada a IHM

Figura 34: Tela de acesso à IHM

Figura 35: Finalização da programação dos CLPs

Figura 36: Trecho do programa em Ladder do sistema de exaustão

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faturamento das áreas elétrica e eletrônica nos últimos anos

Tabela 2: Sequência de metodologia

Tabela 3: Lista de equipamentos da empresa que serão controlados

Tabela 4: Horários de início e fim dos turnos

Tabela 5: Lista de equipamentos da empresa

Tabela 6: Análise FMEA do projeto

Tabela 7: Lista dos equipamentos adquiridos

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|--|
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| IHM | Interface Homem Máquina |
| PSI | <i>Pound per square inch</i> - libra por polegada quadrada |
| kg | Quilograma |
| BAR | Unidade de medida de pressão |
| NS | Nano segundos |
| IP | <i>Internet Protocol</i> |
| <i>RFC</i> | <i>Request for Comments</i> |
| CPD | Central de processamento de dados |
| UTP | <i>Unshielded twisted pair</i> |
| <i>CAT6</i> | <i>Category 6 cable</i> |
| IO | <i>Input / Output</i> |
| <i>CPU</i> | Unidade central de processamento |
| W | Watt |
| NR | Norma Regulamentadora |
| LED | <i>Light emitting diode</i> |
| kWh | Quilowatt-hora |
| FMEA | Análise de modo e efeito de falha |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO..... | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 11 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS | 12 |
| 2.1.1 Processos de Automação..... | 14 |
| 2.1.2 Evolução..... | 14 |
| 3 METODOLOGIA | 16 |
| 3.1 MAPEAMENTO DAS UTILIDADES | 18 |
| 3.2 MAPEAR OS HORÁRIOS..... | 20 |
| 3.3 SENSORIAMENTO E MANOBRA | 20 |
| 3.3.1 Sensores de pressão..... | 21 |
| 3.3.2 Sensores de Temperatura..... | 23 |
| 3.3.3 Temporização..... | 25 |
| 3.3.4 Manobra | 25 |
| 3.4 PROJETO DA PLANTA | 27 |
| 3.5 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS | 27 |
| 3.5.1 CLP SIMATIC S7-1200..... | 28 |
| 3.5.2 IHM SIMATIC KTP1000..... | 29 |
| 3.6 DIMENSIONAMENTO DE REDE | 30 |
| 3.7 LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO DO CONTROLADOR..... | 33 |
| 3.8 SISTEMAS DA EMPRESA | 33 |
| 3.8.1 Sistema de Iluminação..... | 33 |
| 3.8.2 Sistema de Arrefecimento..... | 37 |
| 3.8.3 Demais Sistemas..... | 42 |
| 4 ANÁLISE DE RISCOS | 46 |
| 5 INVESTIMENTO | 47 |
| 6 RESULTADOS | 48 |
| 6.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO | 48 |
| 6.2 SISTEMA DE EXAUSTÃO..... | 49 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 6.3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO | 51 |
| 6.4 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO..... | 52 |
| 6.5 SISTEMA DE GÁS DE SOLDA..... | 54 |
| 6.6 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA | 55 |
| 6.7 PROGRAMAÇÃO | 57 |
| 6.8 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA..... | 59 |
| 7 CONCLUSÃO | 60 |
| REFERÊNCIAS..... | 61 |

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de automação têm como foco principal assumir o serviço realizado originalmente pela mão de obra através de um sistema computadorizado. Segundo Martins (2012, p. 15), o processo de automação mantém o ser humano no controle da atividade da produção industrial, mas o homem passa a ter melhores condições de conforto. Com isso o desenvolvimento da atividade intelectual ultrapassa a atividade braçal, sendo possível desenvolver novas habilidades e competências.

Automatizar um sistema tornou-se muito mais viável à medida que a eletrônica avançou e passou a dispor de circuitos capazes de realizar funções lógicas e aritméticas com os sinais de entrada e gerar respectivos sinais de saída. Com este avanço, o controlador, os sensores e os atuadores passaram a funcionar em conjunto, transformando o processo em um sistema automatizado, onde o próprio controlador toma decisões em função da situação dos sensores e aciona os atuadores (MEDEIROS; MAFRA, 2012).

Hoje equipamentos e soluções inteiras de automação já saem de fábrica com o selo verde de sustentabilidade, não só por consumirem menos, mas também por terem sido concebidos em um perfil de aplicação padronizado que permite que a própria planta possa desligar-se em áreas ociosas. Com as redes industriais e equipamentos inteligentes, a base da automação industrial passou a contar com dados que até então seriam tópicos para filme de ficção científica. Estas informações estão cada vez mais disponíveis e prontas para atender a esses sistemas especialistas (TORRES, 2012).

Nas grandes empresas onde a linha de produção demanda muitos equipamentos eletromecânicos de alta potência, o consumo de energia elétrica é elevado, logo qualquer forma de desperdício pode aumentá-lo drasticamente. Este desperdício é prejudicial ao caixa da empresa, pois o mesmo capital poderia ser aplicado em melhorias e benefícios próprios. Além disso, o desperdício de energia acarreta danos ao planeta, visto que cada vez mais há escassez de recursos naturais e o meio ambiente necessita ser preservado tanto para o nosso bem estar quanto para as próximas gerações.

A fim de economizar energia, está se implementando um sistema automatizado, a partir do qual os principais sistemas que causam desperdício como é o caso da iluminação, exaustão, refrigeração, ar comprimido e gás de solda, deixarão de ser controlados manualmente, evitando que estes permaneçam ativados durante as trocas de turno ou por negligência humana nos períodos onde a linha de produção está parada, por exemplo, nos finais de semana.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

As empresas estão cada vez mais buscando novas tecnologias disponíveis para modernizar as linhas de produção, objetivando mais qualidade, agilidade e menor consumo de energia.

A tendência é que a mão de obra humana seja substituída pela mecanizada, trazendo maior conforto às pessoas porque deixam de exercer determinadas tarefas repetitivas que uma máquina pode realizar no seu lugar, como por exemplo, o acionamento dos sistemas.

O modo convencional onde os funcionários necessitam ativá-las e posteriormente desativá-las não é o ideal, uma vez que podem ocorrer negligências como atrasos e esquecimentos, que acarretam no consumo desnecessário de energia.

Sendo o foco principal deste trabalho a eficiência energética, é imprescindível que os sistemas sejam ativados e desativados pontualmente e demandem menos energia durante o dia.

Segundo Martins (2012, p. 6), para proteger o meio ambiente e garantir uma eficiência energética, a automação é uma ferramenta importante na efetivação das normas ambientais já que proporciona um maior controle sobre a emissão de poluentes e consumo de energia. Auxiliando conjuntamente na sobrevivência das empresas, pois aumenta a competição entre as demais empresas do ramo num mercado tão aquecido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de automação industrial a partir de Controladores Lógico Programáveis que controlem o uso das utilidades da empresa, resultando em eficiência energética.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- (a) Dividir os sistemas em: iluminação, exaustão, sistema de arrefecimento, ar comprimido e gás de solda;
- (b) Instalar e programar os CLPs com horários pré-determinados de início e final de turno e selecionar quais os equipamentos devem estar ativos para determinada linha de produção entrar em operação;
- (c) Monitorar e controlar as utilidades a partir de sensores e sinais de entrada;
- (d) Integrar a IHM (Interface Homem-Máquina) disponibilizando um canal direto para a administração do mesmo;
- (e) Interligar o sistema à rede da empresa propiciando acesso remoto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS

A atividade dos CLPs consiste basicamente em iniciar, executar o *firmware*, realizar a leitura dos sinais elétricos de entrada proveniente de sensores, executar o código com a lógica e o *software* desenvolvidos para a aplicação desejada na unidade de processamento do CLP o qual consiste em memória e processador. Então os dados processados são endereçados e encaminhados às saídas. Por fim ocorre o ciclo de varredura, que nada mais é que voltar a verificar os sinais de entrada e assim por diante até concretizar o novo ciclo, ressaltando que este ciclo ou *loop* é infinito, a não ser que haja interrupção a partir do usuário (ANTONELI, 2006).

Com base em Silva (2012), as principais características dos CPLs podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Facilidade de alteração dos códigos dos programas, assim como a operação de lógicas distintas;
- Pode ser realizado *backup* dos dados rapidamente;
- Os sinalizadores visuais dos CLPs informam a parte defeituosa em casos de pane;
- Dimensões reduzidas;
- Alta confiabilidade.

Segundo Filho (2015), coordenador do laboratório de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, a estrutura de um CLP pode ser dividida em três partes: entrada, processamento e saída. Os sinais recebidos dos sensores são endereçados às entradas dos CLPs, este por sua vez verifica qual o conteúdo das entradas. Após esta verificação, o próximo ciclo de varredura encaminha os sinais que contêm dados para memória, em seguida a unidade de processamento faz uma comparação entre o conteúdo recebido e o código programado. O próximo passo é a transferência dos resultados para os terminais de saída, a fim de determinar qual ação o controlador deve executar. O diagrama de blocos da Figura1 representa o princípio de funcionamento.

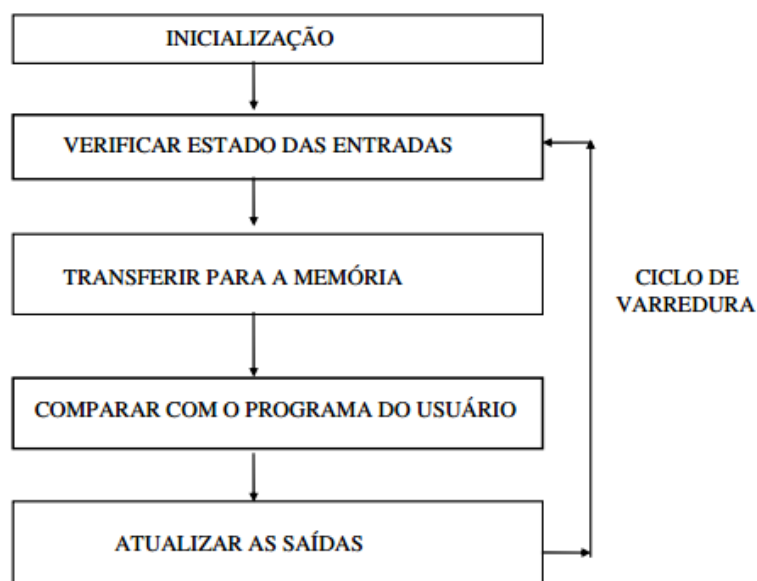


Figura 1: Diagrama de blocos de um CLP
Fonte: Universidade Federal de Goiás(2013).

A estrutura interna de um CLP pode ser facilmente compreendida através do diagrama mostrado na Figura 2, que demonstra com detalhes cada bloco que é constituído em função de um microprocessador.

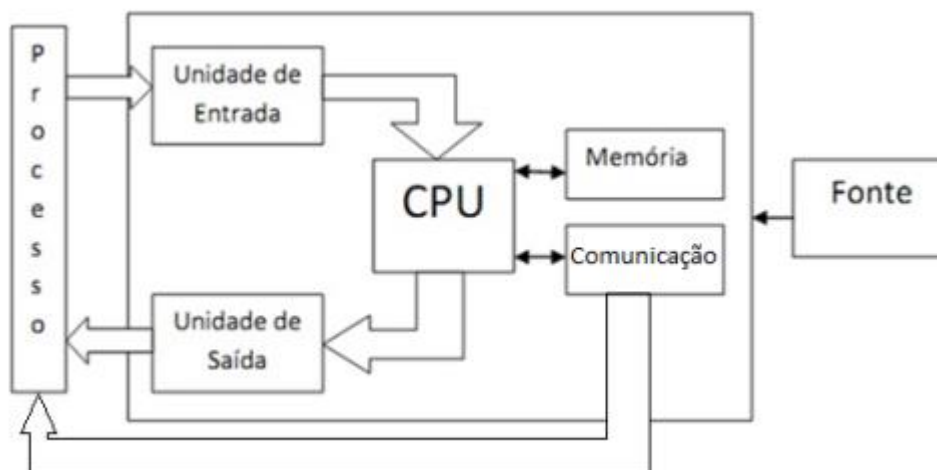


Figura 2: Diagrama de blocos da estrutura interna de um Controlador Lógico Programável
Fonte: UTFPR (2013).

2.1.1 Processos de Automação

Atualmente, é cada vez mais comum a utilização de processos automatizados na fabricação de produtos industrializados mais competitivos. Estes podem ser agrupados em dois tipos principais de processo industrial segundo a manipulação das variáveis a serem controladas: processo do tipo analógico e processo do tipo digital (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

O processo do tipo analógico é caracterizado quando há, em sua grande maioria, variáveis do tipo analógicas ou contínuas no tempo. Um processo deste tipo é caracterizado quando o produto final é obtido continuamente na saída enquanto a matéria-prima é introduzida na entrada. As indústrias que possuem processos de manipulação de líquidos, como é o caso das petroquímicas, utilizam com frequência este tipo de processo. Neste caso, são usados sistemas de controle contínuo ou do tipo analógico (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

Em contrapartida, o processo do tipo digital é caracterizado pela utilização de variáveis discretas ou digitais. As indústrias manufatureiras, como por exemplo, a indústria automobilística utiliza com frequência este tipo de processo. O controle digital é o mais utilizado atualmente pelas indústrias. Diferentemente do controle analógico, as máquinas e processos são controlados através de dispositivos (sensores e atuadores) de acordo com o processamento de operações lógicas ou de uma sequência de eventos definidos (WARNOCK, 1988).

2.1.2 Evolução

Os primeiros Controladores Lógicos Programáveis foram introduzidos no processo de automatização industrial no início da década de 60, substituindo os antigos painéis de acionamento a relés. Quando ocorria uma modificação na planta industrial, no processo de manufatura ou na atualização dos mecanismos de produção, frequentemente era necessário o projeto e a aquisição de novos painéis de acionamento, uma vez que a alteração nos mesmos não era economicamente

viável. Os CLPs surgiram para substituir estes quadros de relés, pois uma de suas principais características é a de ser reprogramável, e desta forma, o mesmo equipamento pode ser reutilizado conforme a aplicação, quantas vezes forem necessárias (PEREIRA, 2013).

De acordo com dados recentes da ABINEE(Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica), (2015), o faturamento proveniente da indústria elétrica e eletrônica obteve um montante de R\$ 144,5 bilhões em 2012, 5% acima em relação ao ano de 2011. É possível verificar na Tabela 1 abaixo, que a área da automação industrial está em expansão constante, inclusive à frente de equipamentos de informática que estacionou no mesmo período.

Tabela 1: Faturamento das áreas elétrica e eletrônica nos últimos anos

| Faturamento Total por Área (R\$ milhões a preços correntes) | 2010 | 2011 | 2012 | <u>2012X</u> 2011 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| Automação Industrial | 3.237 | 3.725 | 3.920 | 5% |
| Componentes Elétricos e Eletrônicos | 9.502 | 9.828 | 9.755 | -1% |
| Equipamentos Industriais | 18.754 | 22.272 | 22.322 | 0% |
| GTD * | 12.089 | 13.097 | 15.307 | 17% |
| Informática | 39.864 | 43.561 | 43.561 | 0% |
| Material Elétrico de Instalação | 8.909 | 9.654 | 9.019 | -7% |
| Telecomunicações | 16.714 | 19.901 | 22.811 | 15% |
| Utilidades Domésticas Eletroeletrônicas | 15.307 | 16.102 | 17.841 | 11% |
| Total | 124.376 | 138.140 | 144.536 | 5% |

* GTD - Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: ABINEE (2015).

3 METODOLOGIA

A partir deste projeto, desenvolveu-se um sistema de automação para a empresa X, a qual conta com vários sistemas já citados no corpo deste trabalho, que atualmente são controlados manualmente. Para que estes sistemas passem a operar de forma automática, a equipe está realizando alguns ajustes necessários nos equipamentos que já existem e estão em operação, assim como adquirindo os novos equipamentos como CLPs e seus periféricos, sensores, equipamentos de rede e cabeamento.

Em relação ao sistema de automação, este é baseado em capturar sinais elétricos obtidos por sensores conectados aos sistemas, ou seja, estes sensores fornecem informações à unidade de processamento dos CLPs, os mesmos são analisados e comparados pela lógica desenvolvida. Então será determinado qual o estado atual de cada sistema, isto é, verificar se então ativos ou não, se a pressão e temperatura estão corretas ou se existe alguma avaria no sistema.

Em seguida, as listas de instruções são executadas e ao chegar exatamente no horário determinado pelo administrador do setor da empresa, os sistemas são ativados, o turno começa e a linha de produção entra em operação, posteriormente são desativados até que se faça necessário nova ativação. Estes comandos são atualizados nas saídas dos CLPs e enviados aos sistemas controlados.

Existe ainda a possibilidade de monitorar todos os sistemas a partir da IHM (interface homem-máquina), bem como ativar e desativar todos os sistemas que estão conectados aos CLPs instantaneamente, desde que o usuário possua privilégios de administrador.

Em se tratando de comunicação, todo o sistema que foi projetado para ter interface TCP/IP que está sendo inserida na rede da empresa. Os usuários com privilégio poderão ter acesso remoto para fim de controle e monitoramento.

Portanto o sistema de automação desenvolvido para este projeto final é composto essencialmente de CLPs interligados às utilidades, ou seja, os sistemas da empresa: iluminação, exaustão, arrefecimento, compressão e gases de solda, a partir da rede lógica. A Figura 3 representa o diagrama de blocos do sistema que está sendo implementado.

Em azul encontram-se os CLPs e os sistemas que devem ser controlados; Em vermelho está simbolizada a rede lógica, onde todos os CLPs estarão conectados; Na cor laranja, está representado o CLP que controla todos os demais e que faz parte da manutenção, isto é, somente o administrador tem acesso.

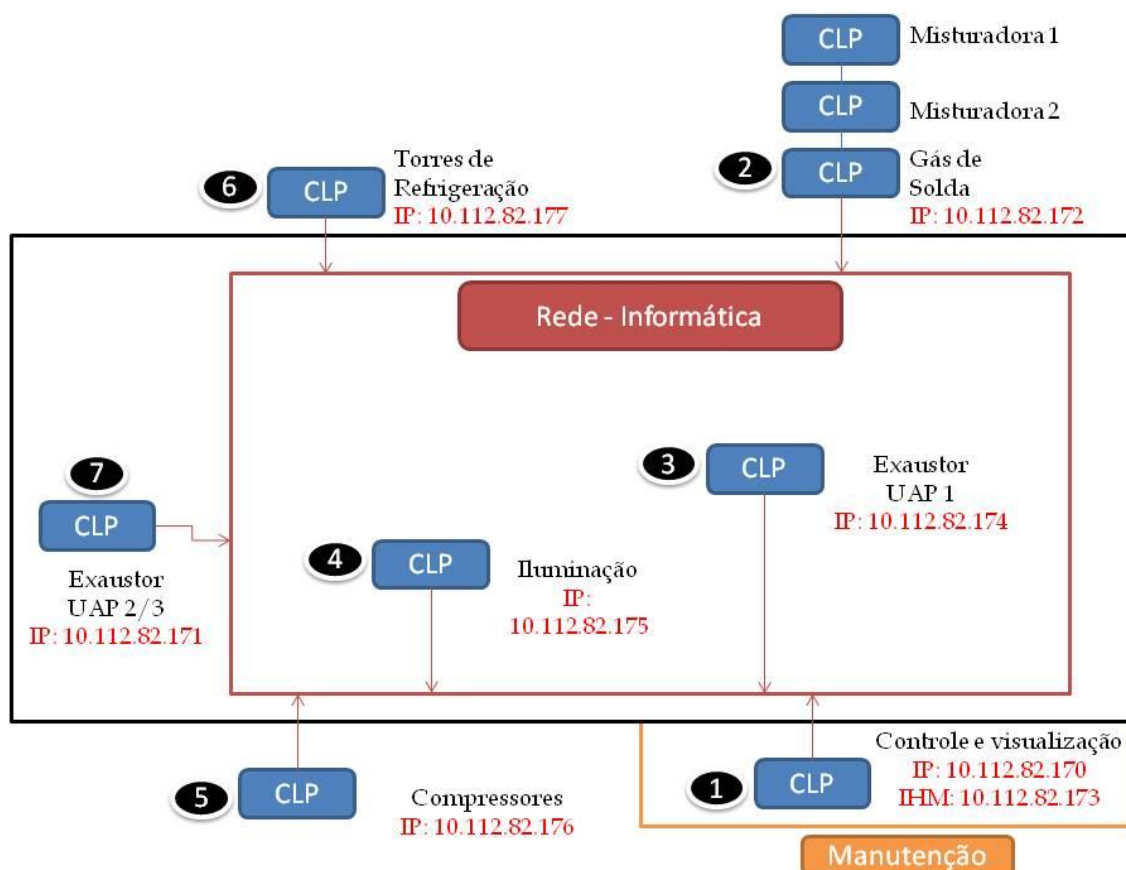


Figura 3: Diagrama de blocos do projeto de automação
Fonte: Autoria própria.

Nas próximas sessões, serão exposto em detalhes todos os passos para o desenvolvimento do projeto baseado na Figura 3, bem como a descrição de todos os equipamentos e soluções adotadas. A Tabela 2 servirá como base de sequência da exposição da metodologia deste trabalho.

Tabela 2: Sequência da metodologia

| Metodologia |
|--------------------------------------|
| Mapear as utilidades da empresa |
| Mapear os horários dos turnos |
| Sensoriamento e manobra |
| Projeto da planta |
| Seleção dos equipamentos |
| Dimensionamento da rede |
| Lógica de programação do controlador |
| Sistema de segurança |
| Implementação |

Fonte: Autoria própria.

3.1 MAPEAMENTO DAS UTILIDADES

Para o projeto de automação desta empresa, foi necessário fazer uma relação das utilidades que existem e quais seriam automatizadas, como mostrado na figura 3 deste trabalho, os sistemas foram mapeados da seguinte maneira:

- a) Fornecimento dos gases de solda
- b) Exaustão
- c) Iluminação
- d) Compressores
- e) Arrefecimento

Na Tabela 3, estão descritos todos os equipamentos presentes na empresa que estão inclusos no sistema de automação.

Tabela 3: Lista de equipamentos da empresa que serão controlados

| Item | Descrição |
|------|--|
| 1 | 8 Exaustores fumo de solda UAP1 de 12 KVA |
| 2 | 145 lâmpadas de 0,25 KVA |
| 3 | 2 compressores de 110 KVA 1 compressor de 75 KVA |
| 4 | 7 exaustores de 12 KVA 10 exaustores de 1 KVA |
| 5 | 2 bombas de 3,7 KVA 1 bomba de 5,2 KVA 2 ventiladores de K5,2 VA |

Fonte: Autoria própria.

Após o mapeamento, foi possível criar um diagrama para demonstrar de que maneira esta sendo desenvolvida a automação para cada um dos sistemas, pode ser visualizado na Figura 4.

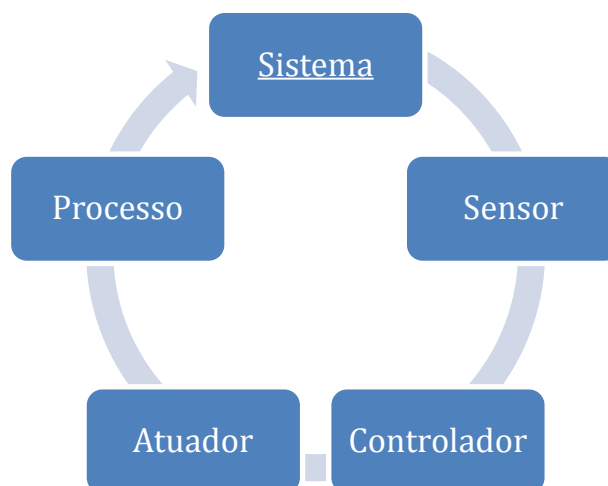


Figura 4: Diagrama de blocos do processo de automação das utilidades
Fonte: Autoria própria.

Este processo pode ser utilizado para todos os sistemas citados acima e é descrito da seguinte maneira: cada sistema possui um tipo de sensor que envia sinais de informação para o CLP, este executa um código para tomar uma decisão, ou seja, ativar ou desativar. Em seguida envia um sinal de controle para o atuador

que neste projeto são contadores, logo o comando é executado no processo desejado para finalizar o ciclo que pertence a um laço repetitivo.

3.2 MAPEAR OS HORÁRIOS

Para dar sequencia ao projeto de automação, foi necessário verificar os horários onde há atividade na empresa, uma vez que a mesma opera por turnos para atender a demanda. Na Tabela 4 abaixo estão expostos os horários dos turnos.

Tabela 4: Horários de início e fim dos turnos

| Turnos | Horários | | |
|--------|----------|----|----------|
| 1° | 6h00 | às | 15h00 |
| 2° | 15h00 | às | 23h40min |
| 3° | 23h40min | às | 6h00 |

Fonte: Aatoria própria.

O código de programação do CLP foi totalmente desenvolvido em cima dos turnos, para que as utilidades estejam ativas sempre que um novo turno chegar, de maneira análoga desativar e permanecer neste estado quando a produção está parada.

3.3 SENSORIAMENTO E MANOBRA

Conhecendo quais utilidades serão monitoradas é preciso definir quais medidas serão obtidas pelos sensores, dentre elas constam: pressão, temperatura e tempo. Logo para cada uma das medidas é necessário utilizar uma forma diferente de capturar tais informações, seja utilizando funções internas dos CLPs ou sensores externos que realizem as medidas.

Em se tratando de manobra a equipe utilizou equipamentos atuadores, estes atuadores desempenham um papel fundamental, pois fazem a interligação entre

CLPs e sistemas já que a diferença de tensão de operação entre equipamentos eletrônicos e os sistemas da indústria é significativo.

3.3.1 Sensores de pressão

Para medir pressão que fisicamente é conhecida pela razão da força aplicada em determinada superfície sobre a área de aplicação, é necessário utilizar sensores específicos, também conhecidos por pressostatos.

Segundo Kilian (2004), estes sensores são constituídos de duas partes:

- I. Conversão da pressão em uma força
- II. Conversão da força em um sinal elétrico

A medida é realizada a partir da pressão absoluta, pelo pressostato diferencial que possui em um dos seus lados uma pressão igual a 0 Psi (vácuo), portanto no outro lado é verificado a pressão do gás. 1 libra equivale a 0,45 Kg.

No projeto foram empregados pressostatos nos compressores de ar, estes compressores são conectados às máquinas pneumáticas, como por exemplo, prensas.

A pressão ideal para as máquinas desta empresa é 6 Bar, equivalente a 87,023 Psi, de acordo com valores do Sistema Internacional de Unidades.

A empresa dispõe de 3 compressores, como é possível visualizar a partir do diagrama da Figura 5.

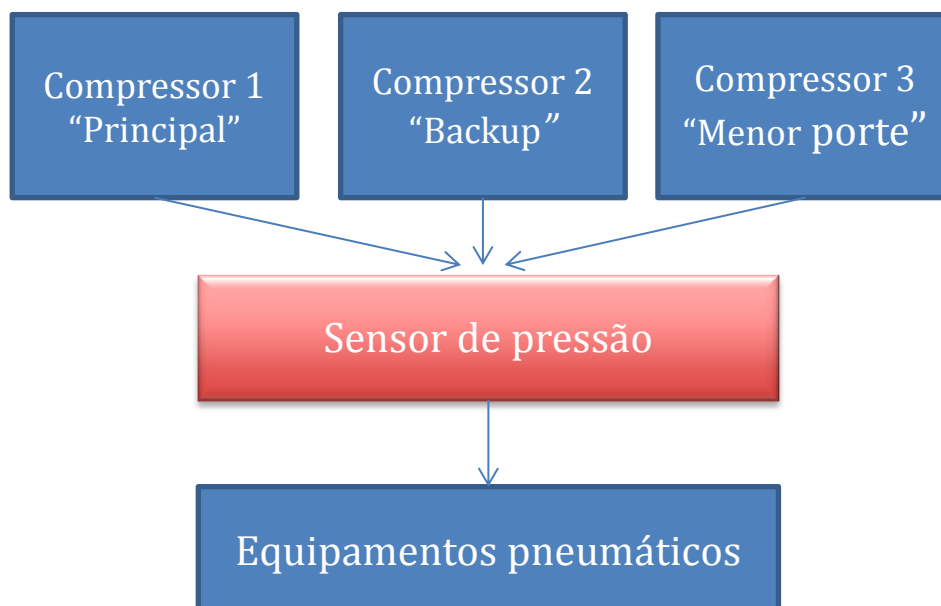


Figura 5: Diagrama de blocos dos compressores da empresa
Fonte: Autoria própria.

Os compressores funcionam da seguinte maneira:

- I. Compressor 1: Compressor utilizado para gerar 6 Bar de pressão
- II. Compressor 2: *Backup* do compressor 1, caso este venha a apresentar algum defeito ou queime.
- III. Compressor 3: É um compressor de menor porte, caso a demanda seja muito grande e a pressão fique abaixo da mínima necessária, o mesmo é ativado para compensar e equilibrar o sistema

Logo o pressostato fica monitorando constantemente a pressão na saída dos compressores e enviando os sinais para o CLP, o qual irá verificar se a pressão está adequada ou inferior a 6 Bar, que neste caso envia um sinal de controle para ativar o compressor 3, até que o sistema volte a ficar estável. O compressor numero 2 só entra em operação em caso de falha do primeiro. Na Figura 6, abaixo é possível visualizar a imagem de um termostato.



Figura 6: Exemplo de pressostato comercial

Fonte: Zurich (2013).

3.3.2 Sensores de Temperatura

Em se tratando de sensores de temperatura ou termostatos, estes precisam desempenhar uma função tão importante quanto minuciosa, visto que é uma medida de precisão.

Com base nos conceitos de Kilian (2004), os sensores de temperatura são transdutores que têm suas características alteradas para gerar uma saída proporcional à temperatura.

Assim é enviado um valor de tensão proporcional à temperatura, de forma que o CLP compreende este valor e processa o código em função deste valor.

A Figura 7 contém uma imagem de um termostato para exemplificar.



Figura 7: Exemplo de termostato

Fonte: Acros (2015).

Em muitos processos, há necessidade de remover carga térmica de um dado sistema e usa-se, na maioria dos casos, água como o fluido de resfriamento. Devido à sua crescente escassez e preocupação com o meio ambiente, além de motivos econômicos, a água "quente" que sai desses resfriadores deve ser reaproveitada (CORTINOVIS; SONG, 2015).

Nesta empresa são utilizadas torres alpinas para o resfriamento do sistema de arrefecimento, a temperatura padrão gira em torno de 25°C.

Segundo dados obtidos da matéria de transferência de calor e fluidos, do curso de Engenharia Mecânica da UNICAMP, as torres de refrigeração são constituídas por diversas colunas para que possa ocorrer transferência de calor, de forma que a área de contato entre essas colunas proporcione uma transferência satisfatória. A água é direcionada para bandejas perfuradas em forma de colmeias, assim a água leva um determinado tempo dentro da torre de refrigeração, logo o contato de superfície da água com o ar faz com que a temperatura abaixe.

Na Figura 8, contém um exemplo de torres de refrigeração.



Figura 8: Torres de refrigeração
Fonte: A autoria própria.

A propósito, foram inseridos termostatos para verificar a temperatura do sistema de arrefecimento no interior das torres alpinas, estes sensores enviarão um sinal para o CLP que processará esta informação, caso a temperatura esteja abaixo da ideal, é enviado um sinal de controle para ativar os ventiladores das torres até

que a temperatura esteja estabilizada novamente. Com a automação deste sistema, evita-se que os ventiladores permaneçam ligados o tempo todo, pois consomem muita energia.

3.3.3 Temporização

Neste projeto de automação todos os sistemas serão ativados em horários pré-determinados, de forma análoga para a desativação, os quais já foram mapeados nas seções anteriores.

Por este motivo foram utilizados os *timers* e relógios dos CLPs, que por sua vez devem sempre estar atualizados para que o controle destes sistemas seja preciso e não ocorram falhas grosseiras.

A empresa já possui a manutenção preventiva de todos os setores, logo todos os equipamentos da automação foram incluídos neste plano, ou seja, o horário dos CLPs é regularmente verificado e ajustado quando necessário.

3.3.4 Manobra

Para a manobra dos sistemas é necessário utilizar elementos atuadores, como os contadores. Estes recebem um sinal de controle do CLP, logo realizam a manobra necessária.

De acordo com Roldán (2015), os contadores são dispositivos eletrônicos similares a interruptores, porém o processo de ativação e desligamento ocorre por campo magnético proveniente de eletroímãs. Os contatos ficam unidos a um eixo principal o qual é movido e permanece em repouso porque uma associação de molas o mantém assim, até que seja aplicada uma corrente sobre os eletroímãs.

O controle dos mesmos ocorre à distancia a partir de mecanismos como os CLPs. Segundo Róldan (2015) as partes de um contator são:

- a) Contatos principais
- b) Contatos auxiliares
- c) Circuito eletromagnético

- d) Sistema de sopro
- e) Suporte ou estrutura do aparelho (Roldán, 2013)

a) Os contatos principais executam a abertura ou o fechamento do circuito principal, por onde a corrente fluirá.

b) Já os contatos auxiliares dão suporte às manobras a serem realizadas, visto que podem sincronizar e controlar o contator.

c) Esta é uma das partes fixas do circuito do contator, através dela circulará a corrente elétrica que por sua vez fará surgir um campo magnético. Desta forma os contatos que são móveis são atraídos para os fixos, assim os abertos fecham e consequentemente os fechados abrem.

d) Na ocasião da passagem de corrente elétrica que fará a abertura dos contatos, estes não abrem instantaneamente, logo a corrente flui pelo ar que fica ionizado acarretando em arco elétrico.

O arco deve ser controlado instantaneamente a partir de um jato de ar comprimido no local, sendo que o circuito deve estar imerso em óleo.

e) É criado um isolamento no formato de uma caixa, para proteger toda a estrutura e os componentes, bem como evitar interferências externas.

A utilização de elementos atuadores é necessário devido às utilidades das empresas consumirem muito potência, por exemplo, um motor do sistema de arrefecimento. Caso estas utilidade fossem conectados diretamente à saída de um CLP, por exemplo, a demanda de corrente seria extremamente alta e esta poderia ser danificada ou queimar. Na Figura 9, está representado uma ilustração com exemplos de contatores utilizados com CLPs.



Figura 9: Exemplo de contatores de uso industrial
Fonte: Siemens (2015).

3.4 PROJETO DA PLANTA

Para inserir os equipamentos de automação, foi utilizado a planta baixa da empresa e desenvolvido uma nova planta que contém as dimensões e os locais onde estão posicionados os sistemas e equipamentos da automação. Na Figura 10, é possível visualizar a planta da empresa.

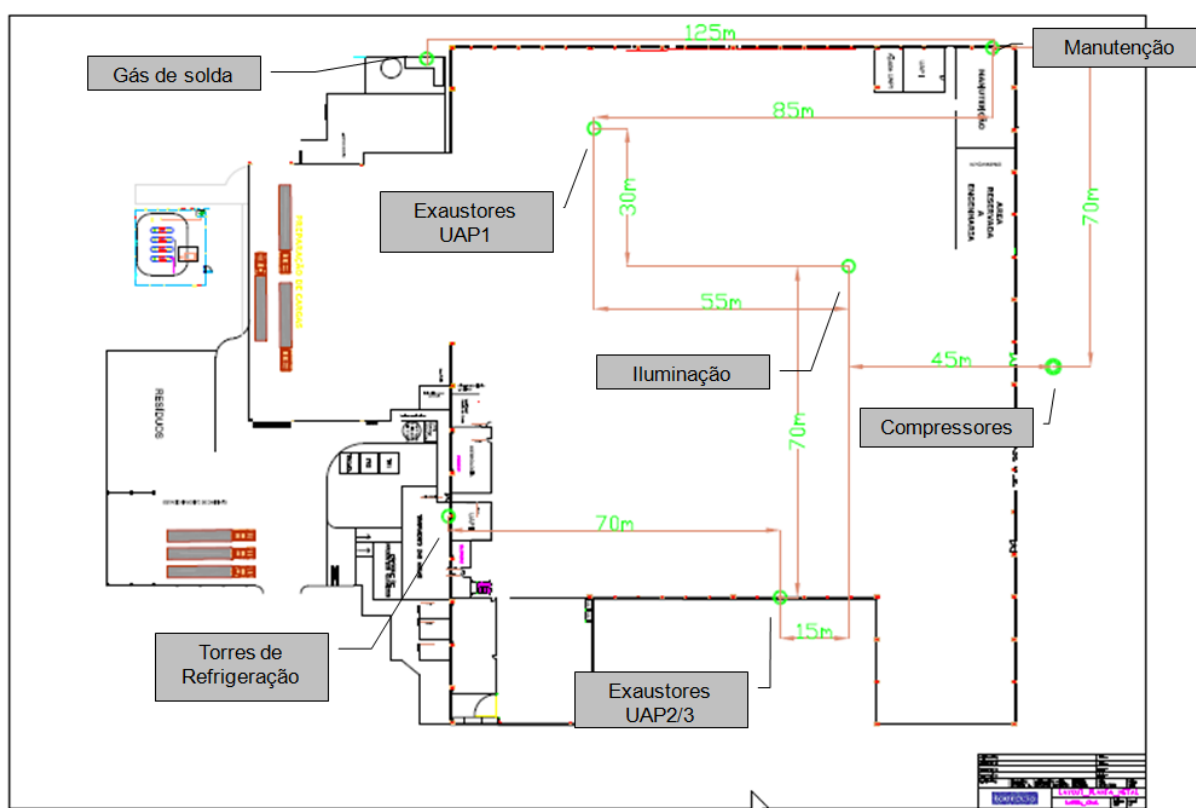


Figura 10: Planta baixa da empresa com o sistema de automação
Fonte: Autoria própria.

3.5 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A seleção dos equipamentos foi fundamental, porque os mesmos irão controlar todos os sistemas desta fábrica, portanto a relação custo x benefício deve ser levada em consideração. A equipe definiu que serão utilizados equipamentos de automação da Siemens, por ser uma empresa conhecida e de confiabilidade no mercado.

Como principal elemento em nossa extensa variedade de sistemas de automação industrial, o SIMATIC representa um sistema único e integrado projetado para a implantação com todos os aplicativos de manufatura entre todos os setores. Qualquer que seja a sua necessidade: manufatura, automação do processo ou soluções para tarefas de infraestrutura, o SIMATIC pode tornar-se o principal contribuidor no auxílio para o aumento da produtividade (Siemens, 2013).

Portanto os CLPs e as IHMs serão da família SIMATIC, bem como o *software* para controle e programação desta plataforma.

3.5.1 CLP SIMATIC S7-1200

Para a escolha por este modelo de CLP diversos fatores foram levados em conta, como por exemplo, as funções e para quais interfaces é compatível, além disso, o preço foi um fator determinante. Não é o produto que possui o maior custo do mercado, mas atende às nossas necessidades e possui excelente qualidade.

Dentre as principais vantagens encontradas foi a facilidade para a implementação e programação, é flexível a futuras atualizações porque é modular, ou seja, é possível agregar novos módulos. É um modelo compacto, portanto não ocupa muito espaço dentro da empresa, tem comunicação direta com as IHMs da Siemens, além disso, permite acesso remoto que é uma das propostas da equipe. Enfim, o número de entradas é satisfatório, possui velocidade de execução de instruções em torno de 85ns e possui entrada para cartão de memória, desta maneira as atualizações de *software* e programação são mais rápidas e seguras.

A Figura 11 representa uma imagem deste equipamento.



Figura 11: CLP SIMATIC S7 - 1200
Fonte: Siemens (2015).

3.5.2 IHM SIMATIC KTP1000

As IHMs foram desenvolvidas com o intuito de facilitar o acesso do usuário, ou seja, do homem diretamente com a máquina, neste caso os microcomputadores. Estas interfaces abstraem o código de máquina que geralmente está em baixo nível, para um formato mais compreensível aos usuários traduzindo-o em forma de elementos gráficos e textuais.

De acordo com a Siemens:

Every SIMATIC HMI Basic Panel is designed with the IP65 protection class and is ideal for simple visualization tasks - even in harsh environments. Additional advantages include integrated software functions such as a reporting system, recipe management, or graph functions (Siemens, 2013).

É criada uma ponte entre homem-máquina, onde o primeiro pode inter-relacionar-se com o segundo, que por sua vez recebe comandos que serão interpretados pela central de processamento resultando em um novo sinal de controle na saída.

Atualmente é possível encontrar no mercado diversos modelos de IHMs que variam de tamanho, qualidade, display a cores, entrada *touchscreen*, teclas de função, padrões de entrada compatíveis, quantidade de entradas analógicas ou

digitais, componentes integrados. A decisão por este modelo foram os custos, já é uma plataforma embarcada com diversas aplicações, tem alta resistência a interferências susceptíveis dentro das empresas e a choques mecânicos.

Na Figura 12, está presente a ilustração da IHM que será utilizada.

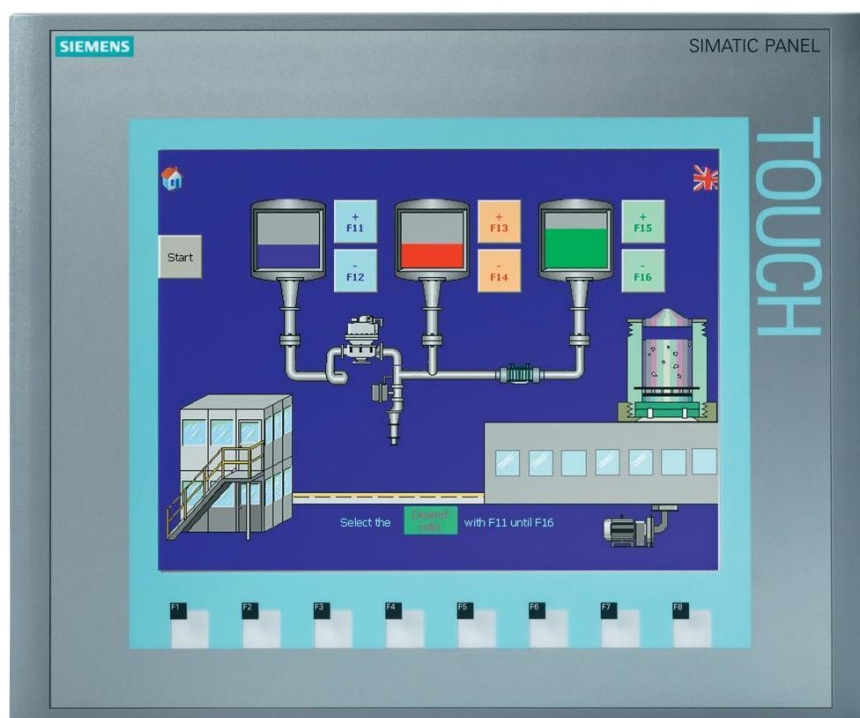


Figura 12: IHM SIMATIC KTP1000
Fonte: Siemens (2015).

3.6 DIMENSIONAMENTO DE REDE

O cabeamento lógico estruturado permite a integração destes sistemas de forma funcional e prática garantindo maior segurança e proporcionando uma manutenção fácil e rápida.

Inseriram-se todos os sistemas controlados por CLPs já citados acima, em uma rede TCP/IP com a finalidade de controlar todos remotamente, isto é, a partir de computadores, celulares ou *tablets*. Isto se torna possível utilizando um software específico que os fabricantes disponibilizam, logo os usuários com privilégio de administração podem acessar o sistema de casa, em uma viagem ou uma reunião,

por exemplo, então é possível monitorar e caso haja necessidade ativar ou desativar qualquer parte do sistema individualmente.

A topologia utilizada é em estrela, pois a mesa possui um gerenciamento centralizado, que é mais flexível e caso ocorra alguma falha em um dos sistemas, os outros continuam executando suas tarefas.

Segundo Tyson(2015), engenheiro certificado pela *Microsoft*, neste tipo de rede cada nó é conectado diretamente à central, que geralmente é um *switch*. Logo cada equipamento é conectado ao *switch*, ou seja, é criado um novo nó, desta forma todos os sinais que chegam são repassados para os demais conectados à rede, garantindo a comunicação entre eles. Na Figura 13, contém uma ilustração de uma rede topologia estrela.

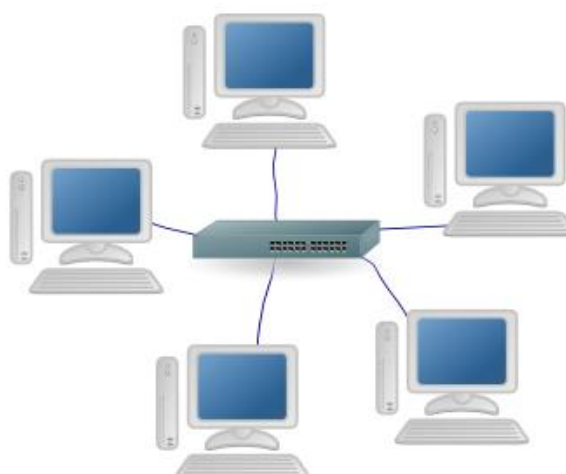


Figura 13: Exemplo de rede em topologia estrela
Fonte: ISA- The International Society of Automation(2013).

A Figura 14, representa o diagrama de blocos do projeto que contém as conexões entre os sistemas. Detalhadamente os IPs variam de 10.112.82.171 até 10.112.82.177, estes pertencem à classe B e são destinados a redes privadas segundo a RFC 1918 (*Address Allocation for Private Internets*).

Cada um destes endereços de IP está relacionados a um sistema tal como iluminação, exaustão, dentro os demais. Por fim serão conectados a um *gateway*, cujo IP fixo será: 10.112.80.1. Este *gateway* está inserido na rede da empresa para que haja a possibilidade do acesso remoto.

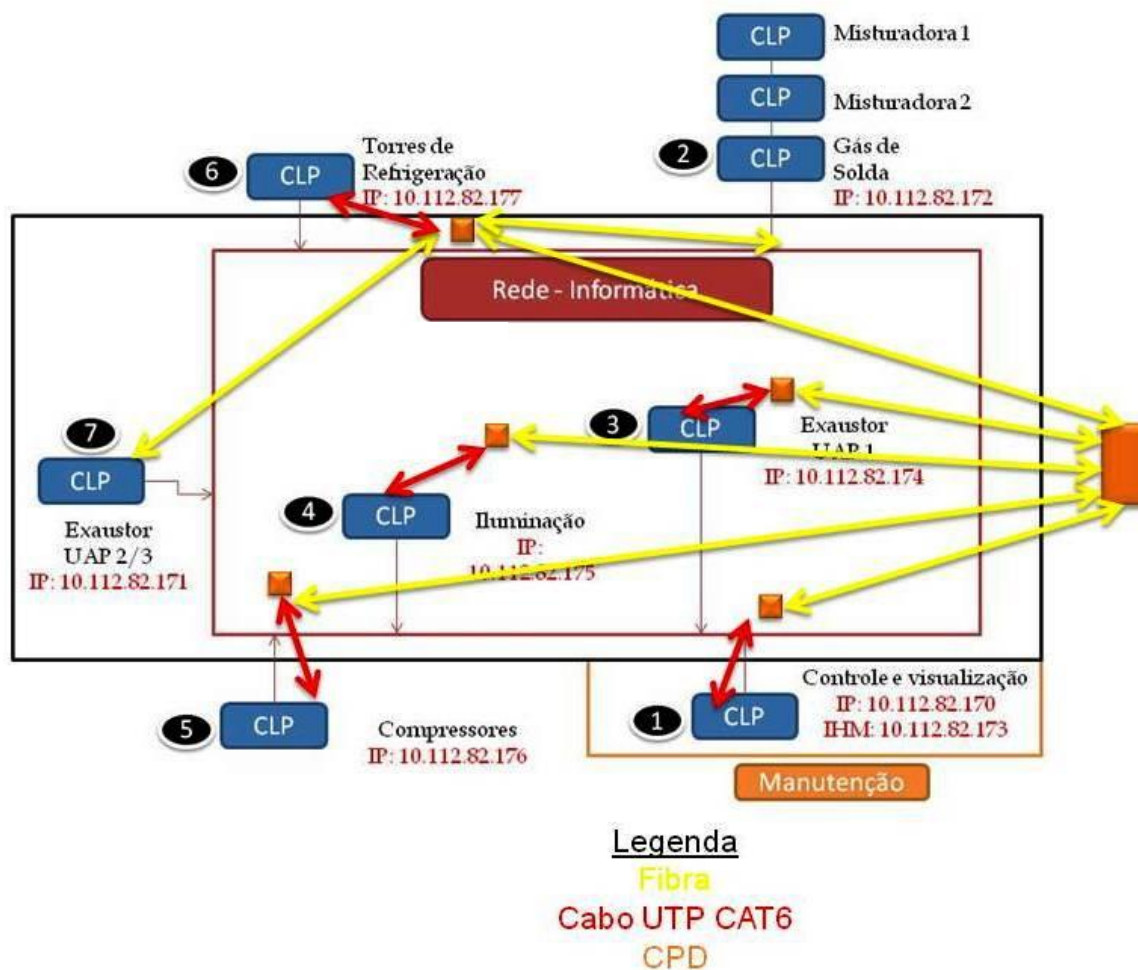


Figura 14: Diagrama de blocos da rede com as respectivas conexões
Fonte: Autoria própria.

Utilizou-se cabos para conexão entre os pontos de fibra óptica, uma vez que estas não sofrem interferência e ruídos que existem dentro de um ambiente de chão de fábrica. A ligação entre CLPs e o ponto de conexão ocorre através de cabos UTP CAT6.

Cada ponto de conexão está ligado diretamente ao setor da manutenção, onde estará a central de processamento e os demais equipamentos de rede da empresa. As informações que trafegam pela rede são bidirecionais, ou seja, saem da manutenção e vão para os pontos de rede conectados aos CLPs assim como os CLPs enviam informações ao computador central, como é possível verificar na Figura 14.

3.7 LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO DO CONTROLADOR

De acordo com Georgini, inicialmente é necessário determinar a disposição de todos os IOs que são necessárias para a aplicação. Dispondo dessas informações, é possível realizar a configuração de todos os endereços de IO. Sendo que a primeira entrada a ser criada corresponde a: I 0.0. Assim como a primeira saída alocada é a Q 0.0, assim sucessivamente para ambos os casos. Os endereços são utilizados em um *range* de 8, 16, 32 e 64 bits. E essa informação fica armazenada na tabela de TAG's da CPU. A linguagem de programação utilizada foi *Ladder*.

3.8 SISTEMAS DA EMPRESA

Neste trabalho, como já foi especificado, dividiu-se os sistemas da empresa em:

- Iluminação
- Exaustão
- Arrefecimento
- Compressão
- Gases de solda

Em seguida está detalhado como eram estes sistemas, quais os problemas de desperdício de energia elétrica, o que foi implementado, quais as adaptações necessárias bem como os resultados obtidos.

3.8.1 Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação da empresa era disposto de maneira que ficasse o mais próximo possível de cada um dos equipamentos, facilitando o acionamento da iluminação no momento em que o operário inicia seu turno, logo é possível

compreender que toda a operação era realizada manualmente. De forma análoga deveria ocorrer o desligamento do sistema de iluminação, ou seja, após o turno o operário se dirigia ao local onde estava o painel de iluminação e desativava o disjuntor.

Ao longo do tempo surgiram novas leis e normas de segurança tanto para a empresa quanto para os funcionários, estas são cada vez mais rigorosas para diminuir o risco de acidentes, então não é mais permitido que qualquer operário abra o painel elétrico para acionar ou desativar o sistema. Portanto foi necessário designar alguns poucos cargos a pessoas com capacitação da NR-10 e treinadas que poderiam ter acesso aos sistemas elétricos. Desta forma, a probabilidade das lâmpadas permanecerem ligadas nos momentos onde a produção da fábrica estava parada ou quando havia luz natural suficiente aumentou, já que os funcionários que possuem autorização para manusear este sistema poderiam estar em outro setor da fábrica ou fora do horário de serviço, o resultado é negativo porque todas estas lâmpadas permaneciam ativas por várias horas a mais ou durante dias, caso houvesse negligência de algum funcionário.

Na Figura 15, é possível visualizar como era o painel do sistema de iluminação.



Figura 15: Antigo painel do sistema de iluminação da empresa
Fonte: Autoria própria.

Tendo em vista esta situação, foi realizada uma tentativa de criar rotinas para os funcionários autorizados como técnicos e eletricitas, para que a cada início e fim de turno fosse verificado qual era a necessidade: ativar, manter ativado ou desativar o sistema de iluminação. Porém esta medida não foi muito eficaz e o problema persistiu, ou seja, o desperdício de energia continuava grande.

A partir daí pesquisou-se e decidiu-se implementar um sistema de automação, a partir dos CLPs. A automação consiste em mapear todos os pontos de iluminação da empresa e dividir por setores, desta forma é possível ter um controle mais eficaz, visto que o sistema de iluminação só será ativado no setor em que há operação na indústria e no horário pré-determinado. Como já foi descrito neste trabalho, existem horários específicos de início e fim de turno, assim é possível programar o CLP com o horário exato para ativar e desativar o sistema de iluminação automaticamente.

Para implementar o novo sistema automatizado, foi necessário realizar algumas alterações no sistema já existente. Dentre elas a instalação de relés de 24v que recebem o comando do CLP e realizam a manobra nos contatores, ativando ou desativando as lâmpadas. Estes dois novos componentes foram necessários, pois todo o sistema de iluminação demanda uma corrente elétrica alta que as portas de saída do CLPs não são capazes de suprir, caso fosse ligado diretamente estas portas poderiam ser danificadas ou queimar. Na Figura 16, mostra como ficou o novo painel de iluminação, preparado para a automação e com os novos componentes citados acima.



Figura 16: Painel do sistema de iluminação readaptado
Fonte: Autoria própria.

Portanto foram realizadas as medidas necessárias para adaptar o painel de iluminação ao novo sistema que está sendo implementado na indústria, assim pode ser controlado automaticamente e monitorado pela IHM, este processo será descrito em seguida na sessão da interface homem máquina presente neste trabalho.

O novo sistema automatizado de iluminação funciona da seguinte forma: inicialmente a equipe dividiu os circuitos adequando aos setores da empresa, assim cada setor será acionado independentemente utilizando uma saída digital do CLP.

Em seguida foram estabelecidos os horários produtivos, logo as lâmpadas só serão acionadas das 17h às 8h. Através do painel da IHM é possível monitorar o status de cada circuito, pois o CLP 4 que é o responsável por esta tarefa, comunica-se através da rede e envia a informação atual.

Na sequência, foi desenvolvido o código permitindo que cada botão criado na tela acione uma saída do controlador 4. Para esta manobra é necessário nomear o contato da IHM conectado com a respectiva *tag* comandada. Depois a desenvolveu-se uma tela de comutação do sistema, para alterar do modo automático para o manual, desde que o funcionário possua a senha, garantindo a manobra do sistema e evitando que uma pessoa não capacitada possa realizar esta operação.

Este modo só será utilizado em casos de atividades fora do escopo definido, garantindo que o sistema possa ser ativado.

Para certificar que este modo não fique setado indeterminadamente, foi programado um tempo definido, ou seja, um turno de trabalho e o sistema comuta novamente para o modo automático.

Se o modo manual for acionado antes das 5h59, 14h59 ou das 23h59min voltará ao automático respectivamente às 6h, 15h e 00h00minh.

O procedimento para realizar esta operação de comutação é a seguinte: o modo manual é acionado em uma página específica, posteriormente é preciso navegar até a pagina do sistema de iluminação para acionar o setor desejado através do correspondente botão. Para desativar a iluminação neste modo, é necessário clicar no botão específico e manter pressionado por 3 segundos, para prevenir que seja desativado acidentalmente uma vez que as lâmpadas são de vapor de mercúrio e as mesmas tem um tempo para acender novamente, ou seja, não liga instantaneamente.

Na Figura 17, é possível visualizar uma imagem da tela da IHM na página relativa ao setor de iluminação da empresa.



Figura 17: Tela da IHM no modo iluminação
Fonte: Autoria própria.

3.8.2 Sistema de Arrefecimento

O sistema de arrefecimento da empresa consiste em um circuito fechado, análogo ao sistema de arrefecimento de motores a combustão de automóveis, este sistema possui um reservatório de água que é pressurizada por bombas. A água circula pela tubulação, refrigera os equipamentos de solda a resistência, volta para a torre de refrigeração para reduzir a temperatura e completa o ciclo. Desta forma ocorre o controle da temperatura total do sistema. Na Figura 18 que segue abaixo é possível visualizar as torres de refrigeração da empresa.



Figura 18: Torres de refrigeração da empresa
Fonte: Autoria própria.

É possível visualizar na Figura 18, que existem três bombas, o funcionamento ocorre da seguinte maneira: As duas bombas de menor porte trabalham em conjunto ou a de maior porte sozinha, sendo que esta é um *backup* em caso de falha das outras.

Em se tratando das torres de arrefecimento, a água que retorna quente irá circular pela tubulação interna que é similar a uma colmeia, logo é refrigerada naturalmente ou por dois ventiladores que são acionados quando a temperatura externa está alta em dias de verão. Entretanto estes ventiladores eram acionamos

manualmente, logo a chave de acionamento localiza-se na parte externa da fábrica, onde a probabilidade de permanecerem ativados por horas indeterminadas é maior, pois os funcionários não circulam por este local o tempo todo, desta maneira tanto as bombas quanto os ventiladores ficavam ligados consumindo e desperdiçando energia elétrica, bem como diminuindo a vida útil dos componentes dos ventiladores e das bombas.

A proposta é utilizar-se o sistema de automação de maneira que as bombas sejam somente ativadas durante horários produtivos e os ventiladores somente serão ativos dependendo da temperatura da água que será monitorada por um termostato que será adicionado.

Após implementar a automação e inserir os novos componentes para o controle do sistema, programou-se o CLP e realizou a comunicação com a IHM através da rede lógica. Na Figura 19, é possível visualizar a tela interface homem-máquina no menu do sistema em questão.

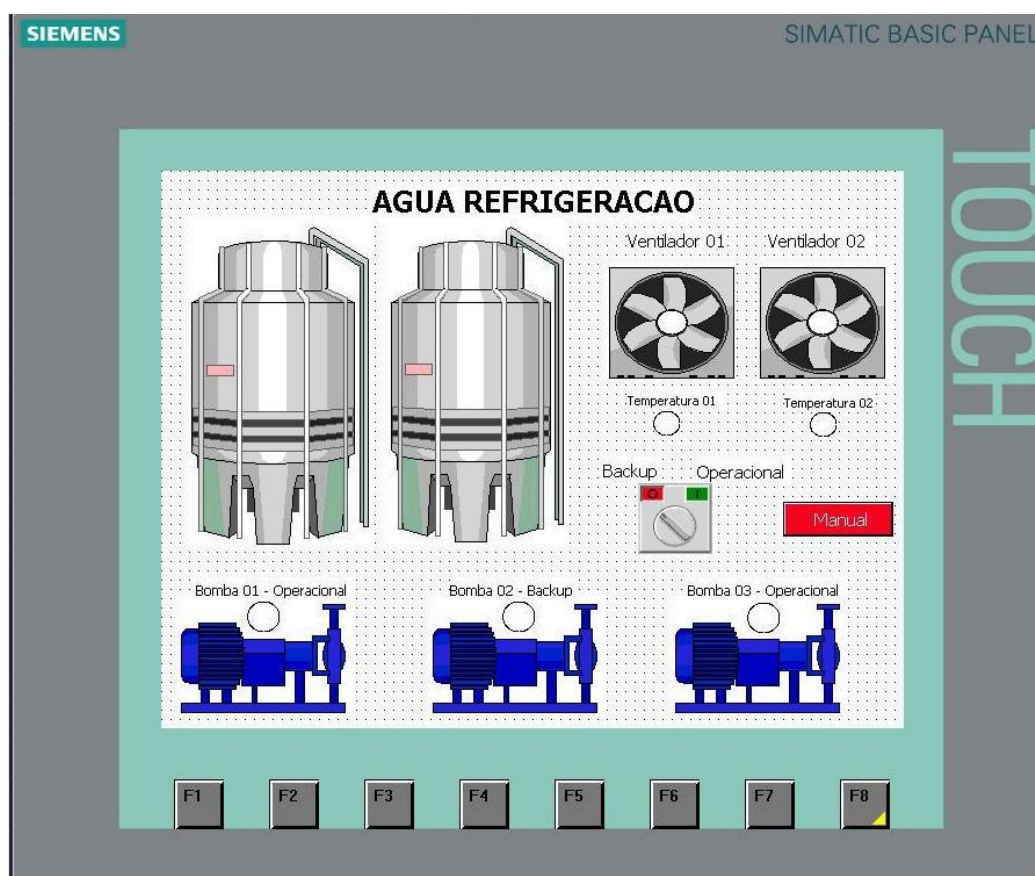


Figura 19: Tela da IHM no menu água de refrigeração

Fonte: Autoria própria.

Na tela de operação da IHM haverá a indicação de quais bombas estão ligadas, se são as duas operacionais ou a outra que funciona como backup. A qual

estiver ativa será indicada pela cor verde em cima do desenho da bomba. No modo automático, que é o padrão, qual estiver setada ficará acionada no período produtivo que é das 23h40min de domingo até as 18h do sábado, em condições normais as duas bombas operacionais são mais utilizadas.

Dentro da indústria existem diversos equipamentos de solta que necessitam ser refrigerado e estão distribuídos em diversos setores. Ao contrário do sistema de iluminação que é acionado por setor individualmente, o de arrefecimento é um circuito fechado para a planta inteira, logo é acionado por completo desde que no mínimo um equipamento esteja em operação. Caso alguma das bombas apresente defeito e a pressão do sistema cair, existe um pressostato de fim de linha localizado no setor da manutenção, local onde instalada a IHM. Se eventualmente a pressão cair, o pressostato enviará um sinal para o CLP que acionará um alarme, este alarme funciona da seguinte maneira: Mostra o status pelas cores verde ou vermelha e possui sinal sonoro.

Verde: a pressão está adequada;

Vermelho – abaixo da pressão necessária. Um alarme será acionado informado que há uma avaria no sistema, desta forma os técnicos da manutenção irão verificar e tomar uma providencia.

Os termostatos 1 e 2 de cada torre, são responsáveis por ativar os ventiladores individualmente, quando a temperatura atinge 25 graus, o termostato envia um sinal ao CLP que aciona o ventilador, foi programado um tempo de 30 minutos de operação, se após esse tempo a temperatura estiver abaixo de 25 graus o sistema desliga, caso não tenha abaixado aciona por mais 30 minutos até estabilizar a temperatura.

Para alternar para o modo de operação, ou seja, do automático para o manual é necessário realizar o mesmo procedimento da iluminação, selecionando neste caso a *tag* auto água, em seguida navegar até a tela água refrigeração como disponível no meu da IHM como é possível visualizar na Figura 20.

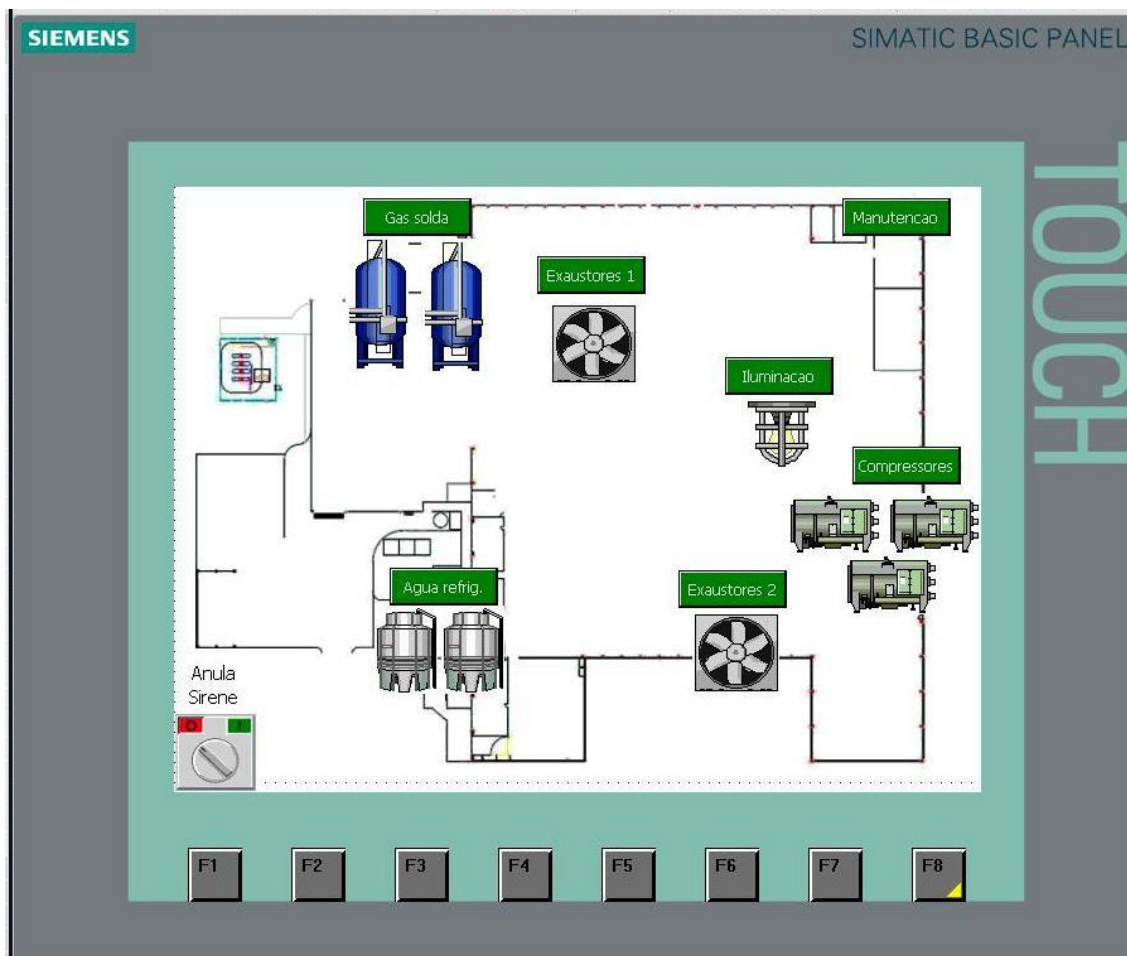


Figura 20: Tela da IHM no modo de seleção de sistema
Fonte: Autoria própria.

Após entrar na tela água refrigeração, a tecla que no modo automático fica vermelho, ficará verde no modo manual, como é possível visualizar na primeira imagem.

Operando no modo manual, é possível selecionar a bomba desejada e após este procedimento pressionar por 3 segundos a tecla referente a este processo até acender o indicador do funcionamento das bombas. É imprescindível ressaltar que o modo manual só será utilizado quando houve atividade na indústria fora do horário produtivo, assim como o foi comentado no sistema de iluminação acima.

3.8.3 Demais Sistemas

Os outros sistemas que estão sendo automatizados, ou seja, exaustão, compressão e gases de solda têm o princípio de funcionamento análogo ao sistema de iluminação e refrigeração detalhado acima.

Cada um é controlado por um CLP, conectado à rede da empresa, conseqüentemente é possível visualizar o status e controlá-los a partir da IHM, basta navegar até o menu específico e desejado.

No caso do sistema de exaustão, que é responsável pela retirada dos gases remanescentes e fumos de solda, a equipe subdividiu estes em setores, ou seja, só estará ativo o exaustor do setor em que haja um operário trabalhando, desta forma é evitado o desperdício de vários exaustores permanecerem ativados quando não há necessidade. Na Figura 21, é possível visualizar o painel da IHM no menu dos exaustores, nesta tela é mostrado o status de cada um dos 8 exaustores.

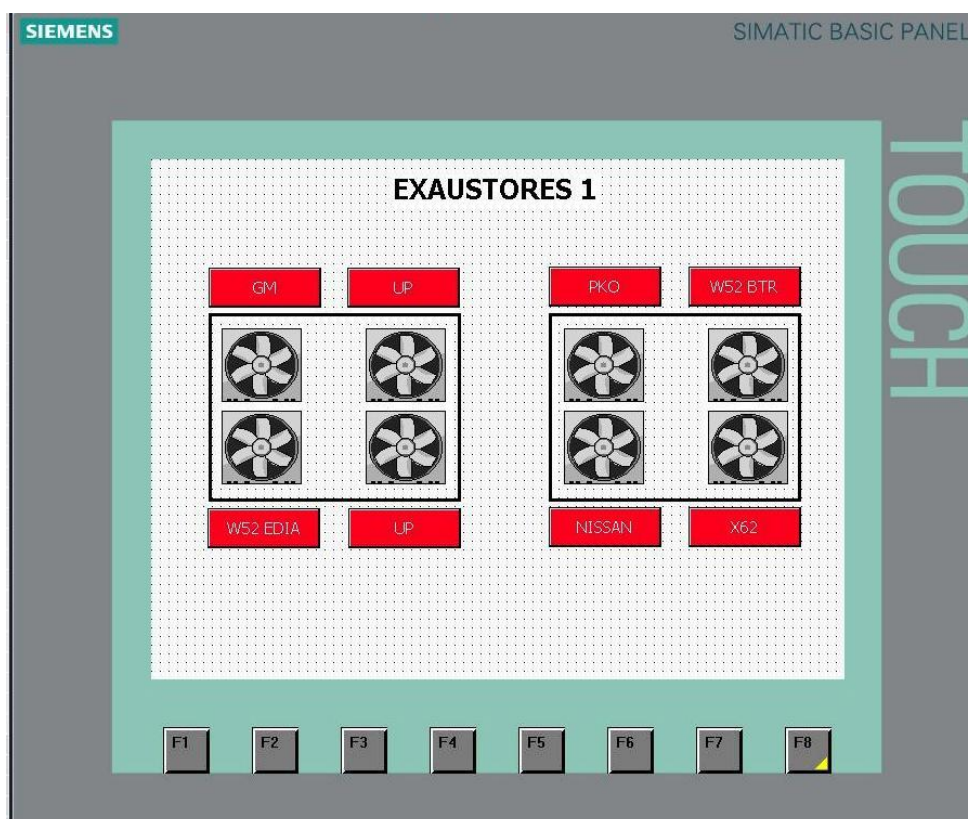


Figura 21: Tela da IHM no menu do sistema de exaustão
Fonte: Autoria própria.

Com relação ao sistema de compressão, este é responsável por fornecer ar comprimido para os equipamentos pneumáticos desta empresa, estes equipamentos são indispensáveis para a produção, portanto qualquer falha no sistema como a queda da pressão pode parar não somente os equipamentos como a linha de produção inteira. Tendo conhecimento da importância deste sistema, a equipe instalou um pressostato para monitorar constantemente qual a pressão do sistema, este é composto por 3 compressores, tal qual foi especificado neste trabalho o compressor 1 é responsável por gerar 6 Bar de pressão, o compressor 2 é um *backup* do primeiro e o compressor 3 corresponde a um compressor de menor porte e é ativado para estabilizar a pressão caso haja um desequilíbrio.

Da mesma maneira que os demais sistemas, este só será ativado em horário produtivo, o que não ocorria antes da automação. No início do turno o compressor 1 é ativado até atingir a pressão ideal e os equipamentos pneumáticos podem ser utilizados, através da IHM é possível monitorar o status, ou seja, qual compressor está ativo e se a pressão se mantém constante. No modo automático caso a pressão comece a oscilar, o compressor 3 é ativado até que o sistema seja estabilizado. Persistindo o problema um alarme será acionado pelo CLP, em seguida um técnico pode verificar o status da IHM e diagnosticá-lo, caso seja constatado que o compressor 1 está com defeito, pode manualmente ativar o compressor *backup* de maneira que a produção não seja interrompida.

Na Figura 22, é possível visualizar a tela da IHM no modo de monitoramento dos compressores, bem como a barra de status da pressão do sistema.

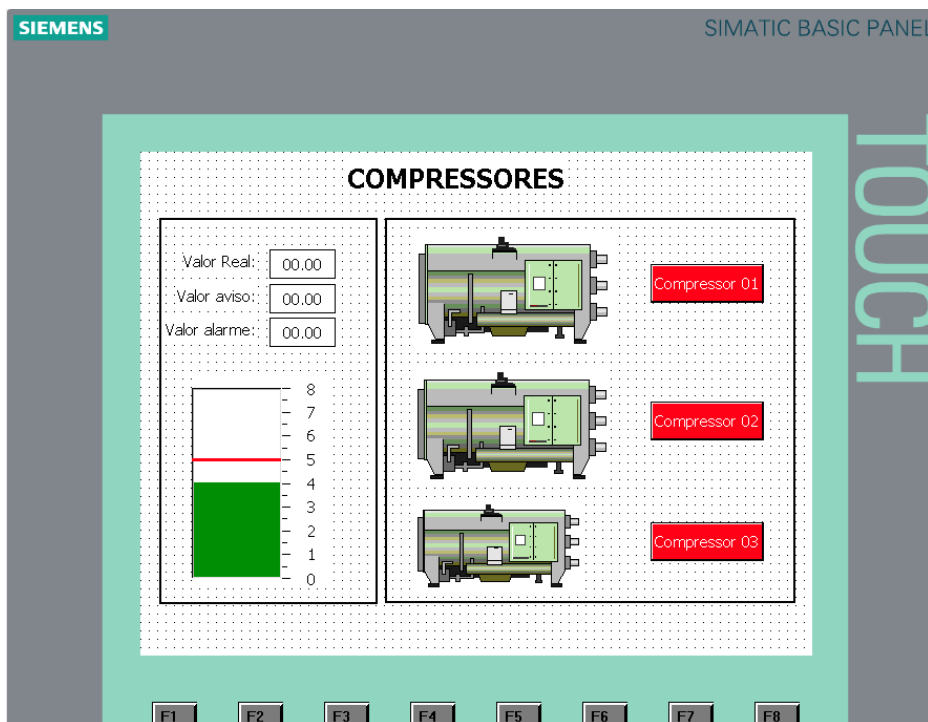


Figura 22: Tela da IHM no menu do sistema de compressão
Fonte: Autor, 2015

Finalmente o sistema de gases de solda, este é responsável por fornecer a mistura de gás correta para a soldagem de peças produzidas na empresa, o processo de soldagem do tipo MIG requer dois tipos específicos de gases para a mistura: argônio e dióxido de carbono.

Antes da automação haviam apenas dois marcadores de nível que ficavam respectivamente juntos aos dois cilindros de armazenamento na parte externa da fábrica. Portanto o nível não era verificado diariamente e em muitas vezes os funcionários só notavam quando os gases estavam esgotando. Até ligar para a concessionária fornecedora de gás e encher os cilindros levava um longo tempo, caso os gases acabassem a produção parava. Com a produção parada, há prejuízo já que a entrega das peças atrasava.

Com o sistema de automação que foi implantado pela equipe, um sensor verifica constantemente a pressão dos cilindros e envia esta informação para o CLP responsável, o CLP processa a informação e envia para a IHM o status do sistema, ou seja, se o nível esta normal, médio ou muito baixo. Para garantir que nunca falte gás na empresa, o sistema está conectado a um alarme que soa a sirene quando o nível que varia de 1 a 5 como é possível visualizar na Figura 23.

Logo ao soar o alarme o funcionário responsável verifica o status na IHM e já solicita à concessionária que faça o reabastecimento do argônio ou do dióxido de carbono. Na Figura 23, está representado o menu gás de solda que é acessado da IHM. É possível visualizar os dois cilindros de armazenamento bem como o valor que estes contêm de gás, além da escala que foi criada para realizar o controle de forma mais prática e rápida.

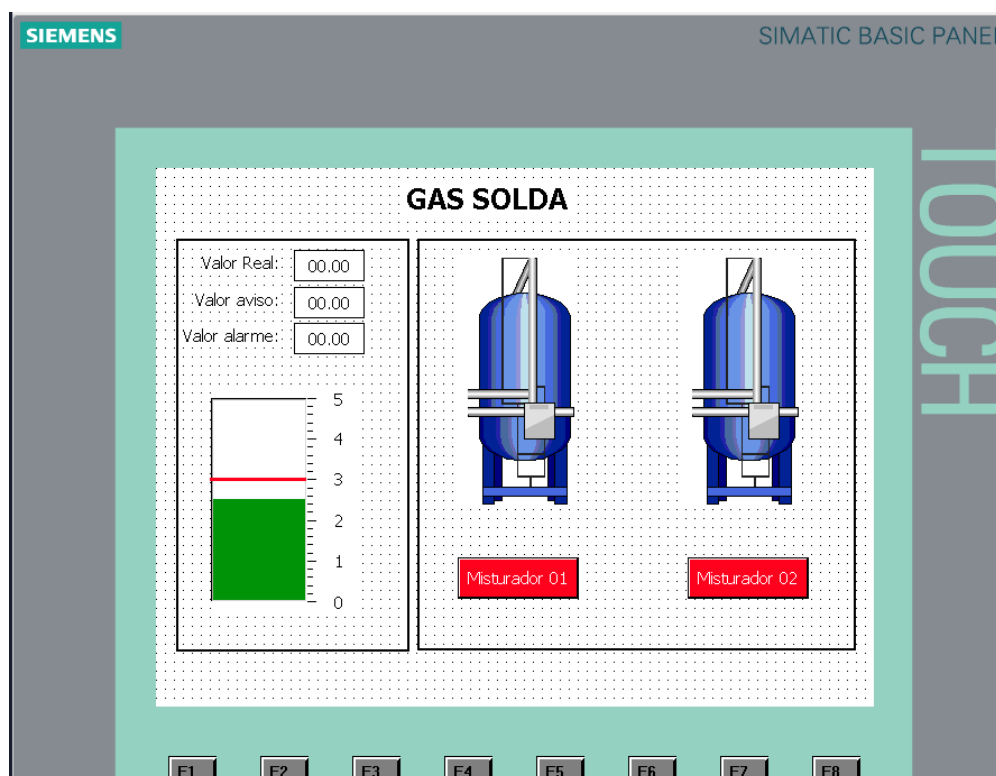


Figura 23: Tela da IHM no menu gás de solda
Fonte: Autoria própria.

4 ANÁLISE DE RISCOS

As principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento deste projeto, foi implementar o sistema de automação na indústria sendo que a produção não poderia parar, desta forma a maioria dos novos componentes e cabeamento estruturado foram instalados nos horários onde a produção estava parada como por exemplo nos finais de semana.

Foram verificado os principais riscos existentes neste projeto através de uma ferramenta de análise FMEA (Análise do modo e efeito da falha), esta está ferramenta está na Tabela 6.

Tabela 6: Análise FMEA do projeto

| Item ou Função | Modo potencial de falha | Efeito em potencial | S | Causa em potencial | O | Disponibilidade de controle | D | RPN | Ações recomendadas |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---|-------------------------------------|---|-----|----------------------------------|
| Infraestrutura de commando | Não Funcionar | Não acionamento da potência | 3 | Desgastes dos bornes | 6 | Acionamento | 1 | 18 | Preventiva |
| | | | | | | Software de monitoramento de sinais | | | Re-fixar os cabos de comando |
| Controlador Lógico Programavel | Falha no acionamento | Entradas e saidas não comutando | 3 | Modulos de I/O desconectados | 4 | Parada do sistema | 1 | 12 | Preventiva |
| | | | | | | Software de monitoramento de sinais | | | |
| Sensor | Queimar | Perda de função | 2 | Desgastes | 3 | Software de monitoramento de sinais | 1 | 6 | Contatar fabricante |
| | Quebrar | | | | | | | | |
| Infraestrutura de rede | Não comunicar | Cabos desconectados | 4 | Desgastes | 3 | Software de monitoramento de sinais | 1 | 12 | Re-fixar os cabos de comunicação |
| Integração com IHM | Não funcionar | Falha monitoramento de I/O | 3 | Cabos desconectados | 3 | Software de monitoramento de sinais | 1 | 9 | Re-fixar os cabos |
| | | Falta de comunicação de rede | 6 | Interrupção de energia elétrica | 4 | Tela da IHM | 1 | 24 | Sistema de No-break funcionado |

Fonte: Autoria própria.

5 INVESTIMENTO

Para realizar a automação, foi necessário adquirir diversos equipamentos que serão descritos nesta seção. Todos os custos serão financiados pela empresa que está sendo automatizada. A Tabela 7 apresenta a relação dos equipamentos, bem como seus custos.

Tabela 7: Lista dos equipamentos adquiridos

| Item | Descrição | Custo |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1 | Kit CLP Manutenção | R\$ 995,31-R\$ 1029,78 |
| | | R\$ 839,05 R\$ 452,73 |
| 2 | IHM Manutenção | R\$ 8.014,94 |
| 3 | Kit CLP Exaustores UAP1 | R\$ 1.505,80 |
| 4 | Kit CLP Iluminação | R\$ 1.505,80 |
| | | R\$ 1.029,78 |
| 5 | Kit CLP Compressores | R\$ 1.505,80 |
| | | R\$ 646,72 |
| 6 | Kit CLP Exaustores UAP2/3 | R\$ 995,31 |
| | | R\$ 1.029,78 |
| 7 | Kit CLP Torres de Refrigeração | R\$ 1.505,82 |
| 8 | Kit CLP Gás de Solda | R\$ 479,22-R\$ 995,31 |
| | | R\$ 839,05 - R\$ 839,05 |
| 9 | Infraestrutura da rede | R\$ 15.000 |
| TOTAL DO CUSTO | | R\$ 35.031,64 |

Fonte: Autoria própria.

6 RESULTADOS

Após realizar todos os procedimentos necessários para implementar a automação segundo o cronograma inicial, a equipe obteve resultados satisfatórios, pois os sistemas desta indústria passaram a ser controlados automaticamente através de horários, há pouco tempo atrás estes eram totalmente manuais e os próprios funcionários realizavam a função de ativar e posteriormente desativar.

A proposta da equipe foi alcançada visto que o consumo de energia diminuiu consideravelmente, este resultado positivo pode ser visualizado em seguida através de gráficos que comprovam que a automação industrial pode ser um grande aliado da eficiência energética. Além disso, constam imagens de como era o sistema antigo e como ficou após a automação.

6.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação da empresa está sendo controlado automaticamente por horários e dividido por setores como já foi citado neste trabalho. A Figura 24 é uma foto do CLP que controla a parte da iluminação com os módulos e cabeamento estruturado necessários.

Este é um dos sistemas que mais consumia energia, porque conta com um número elevado de lâmpadas, portanto com o sistema que a equipe implantou o consumo diminuiu consideravelmente, já que nos períodos diurnos onde existe iluminação natural do sol as diversas lâmpadas permanecem apagadas, diferentemente do sistema manual.



Figura 24: CLP responsável pelo controle do sistema de iluminação
Fonte: Autoria própria.

6.2 SISTEMA DE EXAUSTÃO

A Figura 25 é uma imagem de um dos setores que contém o sistema de exaustão na empresa, desta forma é possível compreender as dimensões que o projeto abrange.



Figura 25: Foto do sistema de exaustão da empresa
Fonte: Autoria própria.

A Figura 26 é uma imagem do painel onde estão alojados e conectados os CLPs do sistema de exaustão da empresa.



Figura 26: Painel dos CLPs do sistema de exaustão
Fonte: Autoria própria.

6.3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Em relação ao sistema de arrefecimento, o painel foi readaptado para receber a automação, no lugar dos interruptores foram inseridos LEDs (diodos emissores de luz) que indicam se está ligado - cor verde ou desligado - cor vermelha, sendo que o controle passou a ser realizado automaticamente pelos CLPs. Nas Figuras 27 e 28, é possível visualizar respectivamente como era o painel de iluminação e como ficou após a automação.



Figura 27: Como era o painel da iluminação antes da automação
Fonte: Autoria própria.



Figura 28: Como ficou o painel da iluminação
Fonte: Autoria própria.

6.4 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

Com relação ao sistema de ar comprimido, a Figuras 29 diz respeito aos compressores de ar que estão dentro da empresa, os três compressores que antes eram acionados manualmente e depois da automação são controlados automaticamente como já foi descrito neste trabalho. A Figura 30 representa o CLP responsável pelo controle deste sistema. É possível observar além do cabeamento de energia, todo o cabeamento da rede lógica, composta por cabos UTP.



Figura 29: Compressores de ar da empresa
Fonte: Autoria própria.



Figura 30: CLP que controla o sistema de ar comprimido
Fonte: Autoria própria.

6.5 SISTEMA DE GÁS DE SOLDA

O sistema de gás de solda passou a ser monitorado constantemente por sensores que enviam informações ao CLP responsável por este sistema sobre o nível de gás armazenado, desta forma há um controle mais eficaz e caso o nível dos gases esteja baixo um alarme é acionado no painel da IHM avisando que é necessário reabastecer, desta forma a empresa não corre o risco de ter a produção parada pela falta de gases de solda. Na figura 31 é possível visualizar os tanques de armazenamento.



Figura 31: Tanques de armazenamento de gases de solda
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 32, está representado o CLP que faz o controle deste sistema com todas as conexões necessárias.



Figura 32: CLP que controla o sistema de gases de solda
Fonte: Autoria própria.

6.6 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

A IHM foi instalada em um lugar estratégico da empresa, isto é, no setor da manutenção, a localização precisa pode ser verificada na planta baixa da empresa que está contida neste trabalho. A partir da IHM é possível verificar o status de todos os sistemas que foram automatizados, alterar para o modo manual de operação quando necessário bem como realizar ajustes e atualizações no sistema.

No mesmo setor logo em cima da IHM contém o alarme o qual é sinalizado através de uma sirene e sinais luminosos, como mostra a Figura 33.



Figura 33: Setor da empresa onde está localizada a IHM
Fonte: Autor, 2015

Assim como foi proposto, a interface homem-máquina da Siemens é totalmente *touchscreen* e somente as pessoas autorizadas podem acessá-la através de uma senha de administrador, garantindo a segurança do sistema e a integridade física dos operários da empresa. Na Figura 34 é possível observar como é o ambiente e a tela principal de acesso ao sistema.



Figura 34: Tela de acesso à IHM
Fonte: Autoria própria.

6.7 PROGRAMAÇÃO

A programação dos CLPs foi desenvolvida na linguagem *Ladder*.

Capturaram-se algumas imagens da tela do computador de onde foi realizado o projeto.

A Figura 35 foi capturada no momento da finalização da programação e a Figura 36, é a tela com um trecho do código em *Ladder* do sistema de exaustão.

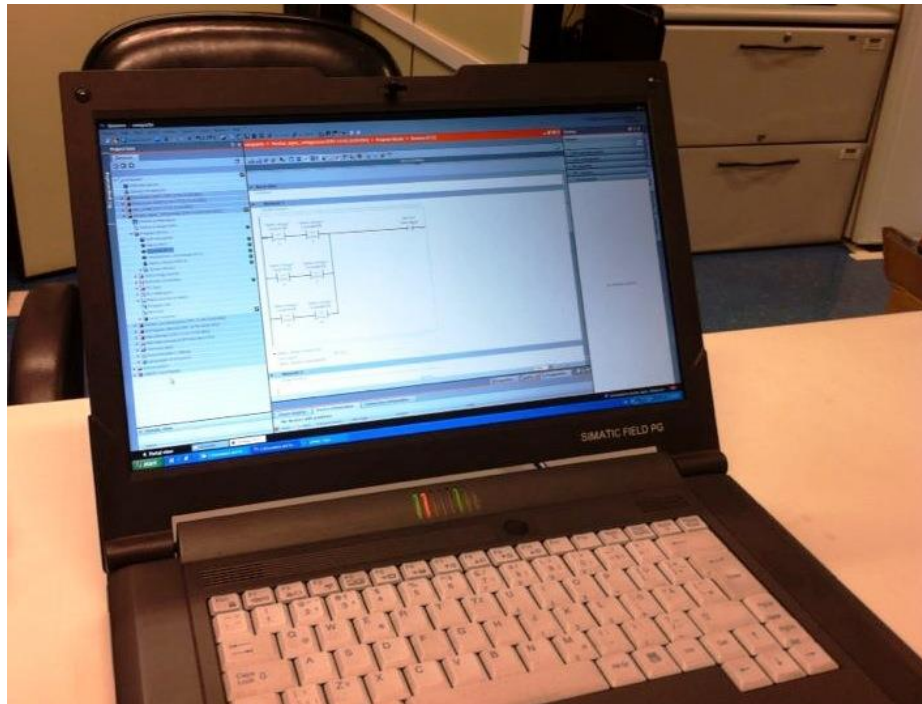


Figura 35: Finalização da programação dos CLPs
 Fonte: Autoria própria.

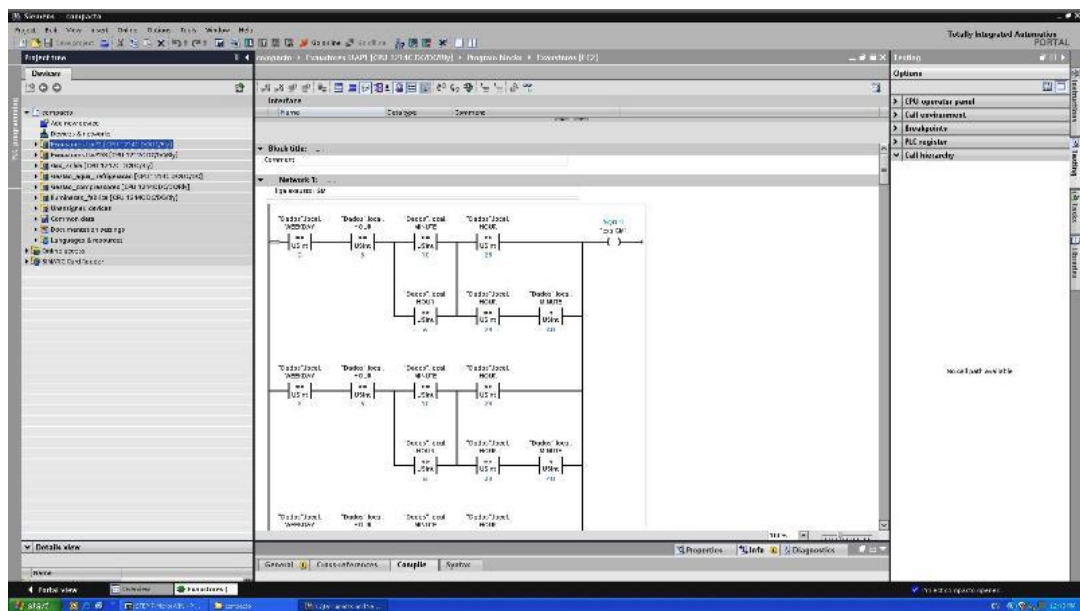


Figura 37: Trecho do programa em *Ladder* do sistema de exaustão
 Fonte: Autoria própria.

6.8 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O foco principal do trabalho foi a eficiência energética, a partir dos métodos de automação utilizados neste projeto foram obtidos resultados eficientes e satisfatórios.

No mês de janeiro deste ano o sistema de automação começou a ser implantado, aos poucos os sistemas passaram a ser controlados automaticamente e este processo foi finalizado no mês de julho.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que este projeto tratou de um assunto que está em evidência no mercado, a automação industrial, sendo que seu foco principal foi a eficiência energética, conseqüentemente a preservação do meio ambiente.

Este processo foi aprimorado a partir deste trabalho e visou o melhor funcionamento possível para o sistema, a economia foi significativa para a empresa que poderá aplicar este capital gasto atualmente de forma desnecessária proveniente do desperdício de energia em benfeitorias para si própria e seus colaboradores.

Além disso, a empresa que forneceu os equipamentos e financiou este projeto foi de fundamental importância, pois a equipe não teria condições de cobrir os custos e ter acesso a fábrica sem autorização.

REFERÊNCIAS

- ABINEE, **Desempenho Setorial**. Disponível em:
<<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>> Acesso em: 10 mai. 2015.
- ANTONELLI, Pedro Luis. **Introdução aos controladores lógico programáveis (CLPS)**. Goiás: UFG, 2006.
- ANZO, **Programação básica de CLP**. Disponível em:
<<http://www.anzo.com.br/downloads/05072009-CLP-PARTE-2.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2015.
- AQUARIUS - IME, **Controladores lógico programáveis**. Disponível em :
<[http://aquarius.ime.eb.br/~aecc/Automacao/Controladores Logicos Programaveis.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~aecc/Automacao/Controladores_Logicos_Programaveis.pdf)> Acesso em: 15 abr. 2015.
- ASCOVAL, **Pressostatos e termostatos**. Disponível em:
<http://www.ascoval.com.br/outros_pdf/pt.pdf> Acesso em: 10 abr. 2015.
- CASTILHO, Danielle. **Automação e controle - Interface Home Máquina - IHM**. Rio Grande do Norte: UFERSA.
- GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada - descrição e implementação de sistemas sequenciais com CLPs**. 6ª edição. Editora Érica.
- KILIAN, Christopher. **Modern Control Technology: Components & Systems**. 2ª edição, 2004.
- MARTINS, G. M. **Princípios de automação industrial**. Santa Maria: UFSM. 2012.
- MEDEIROS, J. J.; MAFRA, A. M. **Curso de Controladores Lógico Programáveis. 2012**. Disponível em: <<http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- PEREIRA, L. F. A., **Introdução aos Controladores Industriais**. Aula (Controladores Industriais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RODIRGUES, Rafael. **Controlador Lógico Programável**. Disponível em: <<http://profrafaelrs.wordpress.com/2012/11/27/controlador-logico-programavel/>> Acesso em: 10 jan. 2015.

ROLDÁN, José. **Manual de automação por contatores**. São Paulo: Hemus.2013.

SIEMENS – SIMATICS7-1200 Programmable Controller – Quick Start.2013

_____. **Automação e controle**. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/s7-1200/pages/default.aspx>> Acesso: 20 abr. 2015.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. **Automação e Controle Discreto**. 6ª edição. Editora Érica, São Paulo. 2002.

TEXAS INSTRUMENTS, **Programmable Logic Controller**. Disponível em: <<http://www.ti.com/solution/programmable-logic-controller-diagram>>. Acesso em: 10 mar. 2015

TORRES, Leandro. Sustentabilidade através da automação de processos. 2012. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=65>>. Acesso em maio 2015

TYSON, Jeff. **How Virtual Private Networks Work**. Disponível em: <http://www.communicat.com.au/downloads/factsheets/how_vpn_work.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015

WARNOCK, I. G. **Programmable Controllers**. 1ª edição. Editora Prentice Hall, Reino Unido, 1988.

YUKIO, M. Y. **Sincronização das Bases de Tempo de CLPs Distribuídos numa Rede de Automação de Processo Industrial**. Dissertação (Mestrado em Energia e Automação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.