



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE

Associação de Ensino e Pesquisa “Graccho Cardoso”

Curso de Engenharia de Produção

JENIVAL SILVA LIMA

**ANÁLISE DO PRIMEIRO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL EM UMA UNIDADE DE BOMBEAMENTO DE
ÁGUA TRATADA DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DE
SERGIPE**

Aracaju – Sergipe

2007.1

JENIVAL SILVA LIMA

**ANÁLISE DO PRIMEIRO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL EM UMA UNIDADE DE BOMBEAMENTO DE
ÁGUA TRATADA DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DE
SERGIPE**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Esp. Paulo Baffa Júnior

Coordenadora: Profa. Msc. Helenice L. Garcia

Aracaju – Sergipe

2007.1

JENIVAL SILVA LIMA

ANÁLISE DO PRIMEIRO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL EM
UMA UNIDADE DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA TRATADA DA
COMPANHIA DE SANEAMENTO DE SERGIPE

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, do período de 2007.1.

Prof. Esp. Paulo Baffa Júnior

Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza

Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas

Aprovado com média: _____

Aracaju(SE), _____ de _____ de 2007.

Aos meus pais José Francisco e Crisólita Lima que sempre me motivaram muito em tudo o que faço; a minha esposa Tatiana e aos meus filhos Jean, Thais, Thayanne e João Victor por suportarem toda a minha ausência e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o final com êxito do curso de Engenharia de Produção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por permitir e me mostrar os caminhos dessa longa e proveitosa jornada de estudos.

A todos os professores da Entidade por toda a eficiência, pela paciência com a qual conduziram as suas disciplinas ao longo de todo o curso, e em especial a professora Helenice, pelas observações de natureza acadêmica e também pelos conselhos, mostrando-me o melhor caminho para a elaboração desse trabalho.

Aos colegas de trabalho, Washington Almeida, Isabel Alves e Lilian Fonseca, por me incentivarem a concluir o Curso de Engenharia de Produção.

O que importa na vida não é o ponto de partida, mas a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.

Cora Coralina

RESUMO

Este estudo tem por título Análise do primeiro sistema de automação industrial em uma unidade de bombeamento de água tratada da Companhia de Saneamento de Sergipe implantado no período de junho a dezembro de 2005. Considerando que da implantação de um sistema pode advir sucesso ou insucesso, buscou-se responder a seguinte questão norteadora: Quais os benefícios provenientes da implantação do Sistema de Automação Industrial? O objetivo deste trabalho é analisar o sistema de automação industrial pioneiro de uma unidade de bombeamento e distribuição de água tratada da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). São objetivos específicos: Identificar fatores para implantação do sistema de automação industrial na DESO; analisar o sistema antes e após a implantação da automação industrial na DESO; e verificar os benefícios que o sistema de automação industrial trouxe ao sistema operacional da DESO. A implantação do sistema de automação industrial se fez necessária devido à ineficiência nos controles operacionais, que eram visuais e dependiam exclusivamente da perícia dos operadores. Após a implantação desse sistema tornou-se possível o controle de vazão, níveis de reservatório, consumo de energia elétrica, planejamento adequado de uso e manutenção dos equipamentos. Concluiu-se que a empresa realizou levantamentos para avaliar os efeitos e resultados com a implantação do sistema de automação industrial. Esses resultados foram favoráveis, benéficos e essenciais, apesar do elevado custo da implantação inicial desse tipo de sistema.

Palavras-Chave: Automação Industrial. Abastecimento. Água Tratada.

LISTA DE ABREVIATURAS

CCO - Centro de Controle Operacional

CLP - Controlador Lógico Programável

CPU - Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit*)

DESO - Companhia de Saneamento de Sergipe

EEAT-2 - Estação Elevatória de Água Tratada

EEPROM - Memória Somente de Leitura Programável Apagável Eletricamente
(*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*)

EIAT - Estação Intermediária de Água Tratada

IHM - Interface Homem Máquina

P - Povoado

PCs - Controles Programáveis (*Programmable Controls*)

PCs* - Computadores Personalizados (*Personal Computers*)

PID - Controle de Sistemas Lineares

RA - Reservatórios Apoiados

RAM - Memória de Acesso Aleatório (*Random Access Memory*)

RE - Reservatório Elevado

RLL - Lógica de Contatos de Relé (*Relay Ladder Logic*)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação genérica do PLC ou CLP	18
Figura 2 - Estrutura básica do CLP	19
Figura 3 - Lógica convencional	20
Figura 4 - Implementação da lógica convencional por meio de PLC	20
Figura 5 - Exemplo de CLP disponível no mercado	21
Figura 6 - Visão frontal do IHM	22
Figura 7 - Implementação elétrica de controle do CLP	23
Figura 8 - Implementação do CLP	24
Figura 9 - Configuração de implantação do circuito elétrico com o Controlador Lógico Programável	25
Figura 10 - Sistema de distribuição do EEAT-2	29

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
LISTA DE FIGURAS	8
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Formulação do Problema.....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 Justificativa	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 História da Automação.....	13
2.1.1 Significados de automação industrial.....	14
2.2 História do Controlador Lógico Programável (CLP).....	15
2.2.1 Conceito de CLP.....	17
2.2.2 Operação básica do CLP	19
2.2.3 Definição de interface homem máquina (IHM).....	21
2.2.4 Aplicações do CLP	22
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Conceito de Metodologia	26
3.2 Conceito de Método e Técnica	26
3.3 Tipos e Meios de Pesquisa.....	26
3.4 Procedimentos da Pesquisa	27
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	28
4.1 Sistema Antes da Implantação da Automação Industrial.....	28
4.2 Sistema Após a Implantação da Automação Industrial.....	30
4.2.1 Especificação funcional do processo	30
4.2.2 Controle e proteção dos conjuntos moto-bombas	31
4.2.3 Resultado final	32
5 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A globalização traz uma forte competitividade para as indústrias como um todo, obrigando-as a estarem sempre em contínua inovação tecnológica. Essa inovação se traduz entre outros itens, na redução de tempo de execução de tarefas, em que, normalmente as máquinas estão cada vez mais executando as funções até então desempenhadas pelo homem.

A necessidade de atualização e formação contínua nunca foi tão constante como nos últimos tempos. Como resultado dessa revolução tecnológica, as exigências profissionais estão em constante mudança, e o homem passou a ter que se preocupar com a qualidade dos produtos que estão sendo produzidos, razão pela qual se torna indispensável o planejamento e controle da produção (GOMES, 2002).

O conhecimento e domínio das tecnologias utilizadas na atualidade têm sido um importante e essencial pré-requisito para a sobrevivência profissional em qualquer área.

Segundo Natale (1995), automação industrial é o uso de computadores com outros dispositivos lógicos (como Controladores Lógicos Programáveis) para controlar máquinas e processos, substituindo algumas tarefas da mão-de-obra humana e realizando outras que o humano não consegue realizar. É um passo além da mecanização, em que operadores humanos são providos de máquinas para auxiliá-los em seus trabalhos. É largamente aplicada nas mais variadas áreas de produção industrial.

Conforme Antonelli (1998), o desenvolvimento e implantação dos Sistemas de Automação Industrial necessitam de um grande investimento e controle pelas empresas e indústrias, mas essa tendência é mundial. Devido à ampla necessidade do controle da produção, a indústria automobilística foi a primeira que despertou no cenário mundial a necessidade da Automação, nos processos de produção de veículos, incluindo uma série de inovações tecnológicas (robôs, sistemas eletrônicos e computadores).

O sistema de automação industrial é uma importante ferramenta para o controle da operação, melhoramento da manutenção e monitoramento de estações de bombeamento e tratamento da água. Contribui com os avanços da engenharia

moderna para a correta distribuição de água tratada para a população de grandes centros urbanos.

A aplicação do sistema de automação industrial traz, ainda como benefícios, o fornecimento de informações imediatas e precisas e em tempo real evitando assim o desperdício da água. Este desperdício está diretamente ligado à aplicação de energia elétrica, produtos químicos e de pessoal envolvidos na captação da água bruta até o resultado final que é a água tratada.

As empresas gestoras de sistemas de abastecimento de água têm tido uma preocupação crescente na última década no sentido de melhorar o desempenho operacional desses sistemas, e entre as inúmeras ações no sentido de melhorar o desempenho operacional a automação tem recebido cada vez mais investimentos e tem se mostrado um mercado promissor para os prestadores de serviço (MARODIN e CAMARGO, 2005).

O emprego do sistema de automação industrial auxilia também no planejamento e controle da manutenção de todos os equipamentos envolvidos no tratamento e distribuição da água. Como consequência é possível efetuar um planejamento de parada dos equipamentos para as manutenções preventivas e corretivas evitando assim a quebra de equipamentos e conseqüentemente a continuidade no abastecimento de água da população.

Para o estudo de Sistema de Automação Industrial, pioneiro na Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), será utilizada uma estação de distribuição de água tratada pertencente à mesma, denominada Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-2), localizada na cidade de Lagarto, responsável pelo abastecimento de água tratada das cidades de Lagarto, Riachão do Dantas e de Simão Dias.

Nesse contexto, esse trabalho visa mostrar as vantagens e desvantagens do emprego dos recursos da automação industrial no sistema de bombeamento de água tratada da companhia de saneamento de Sergipe, localizada na cidade de Lagarto.

1.1 Formulação do Problema

A questão a ser investigada neste estudo baseia-se no fato de que o controle dos níveis dos reservatórios era realizado de modo visual, porquanto pouco

eficiente. Partindo desta premissa, indaga-se: **Quais os benefícios provenientes da implantação Sistema de Automação Industrial?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o sistema de automação industrial pioneiro de uma unidade de bombeamento e distribuição de água tratada da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), localizada no município de Lagarto.

1.2.2 Objetivos específicos

Identificar fatores para implantação do sistema de automação industrial na DESO.

Analisar o sistema antes e após a implantação da automação industrial na DESO.

Verificar os benefícios que o sistema de automação industrial trouxe ao sistema operacional da DESO.

1.3 Justificativa

O sistema de automação industrial está sendo inserido nas empresas de saneamento como um forte aliado na busca de informações precisas e imediatas para o auxílio da operação e manutenção de sistemas de bombeamento de água tratada.

A implantação de um sistema de automação industrial traz como vantagem principal a otimização na operacionalização do sistema, ou seja, as informações chegam em tempo real proporcionando a um único operador registrar e controlar informações necessárias ao operador da unidade controladora.

Dessa forma, o presente trabalho visa à realização de uma análise dos resultados da implantação de um sistema de automação industrial na estação de bombeamento de água tratada da companhia de saneamento de Sergipe

denominada Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-2), localizada no município de Lagarto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 História da Automação

Segundo Antonelli (1998), o processo de automação industrial surgiu durante a Revolução Industrial (fins do séc. XVIII e início do século XIX). Com o objetivo principal de aumentar a eficiência e expandir a produção, por um lado, e reduzir tarefas repetitivas e aumentar os ganhos dos trabalhadores qualificados, por outro. Com a implantação do sistema de automação industrial, as conseqüências imediatas foram a eliminação de trabalho humano em operações perigosas ou repetitivas e a mudança no perfil do trabalhador de operador para supervisor de máquinas.

O processo de automação industrial se tornou extremamente necessário para a sobrevivência da indústria, com o objetivo de baratear os custos operacionais tornando-se, assim, fonte de retorno de investimentos garantido a médio, longo e algumas vezes até mesmo em curto prazo. O processo de automação industrial é o responsável pela revolução, que vem ocorrendo no processo de fabricação das indústrias, e vem evoluindo ao longo dos anos, possibilitando um aumento de qualidade no processo produtivo (FERNANDES, 2002).

No início do processo de automação industrial todo o trabalho era realizado por meio de circuitos e relés acionadores. A partir dos desenhos representativos dos controles industriais, eram elaboradas listas de trabalho e posteriormente eram montados em armários elétricos todos esses comandos. A seqüência operacional era complexa, na qual cada comando era simbolizado através de um circuito elétrico traduzido de uma lista de instruções e desta para uma montagem, alojada normalmente em armários elétricos. Assim quando fosse necessário efetuar uma modificação no comando, por qualquer motivo, isso implicaria em um arranjo na montagem, esse processo era muito cansativo, demorado e dispendioso.

Para uma simples modificação no processo que estava sendo controlado se fazia necessário uma reforma total nos armários elétricos, as substituições de

peças em casos de manutenção da montagem, tornava-se difícil e às vezes impossível.

O uso de computadores encontrou na área da automação de sistemas industriais inúmeras aplicações, pois uma modificação no comando implica em uma modificação de *software* e não de *hardware* (montagem), o que representa mais facilidade e economia, além das facilidades de gravação de blocos para posterior utilização.

2.1.1 Significados de automação industrial

Segundo Holanda (1975), automação (do inglês *automation*) é um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem.

Hoje em dia a automação industrial está presente em diferentes níveis de atividades do homem, desde a medicina até a astronomia, ampliando a capacidade de interação com a natureza e os processos (SOUZA e OLIVEIRA 2003).

Automação industrial significa a substituição de todo o trabalho humano por operações maquinizadas, garantindo uma precisão e qualidade para além da capacidade humana (MORAES, 2001).

Segundo Antonelli (1998), a parte mais visível da automação, atualmente, está ligada à robótica, mas é muito utilizada nas indústrias químicas, petroquímicas e farmacêuticas. A industrialização visa principalmente o uso de transmissores de pressão, vazão, temperatura e outras variáveis, relacionadas a produtividade, qualidade e segurança em um processo. Dentro da evolução da automação industrial destaca-se o Controlador Lógico Programável (CLP), componente que revolucionou todo esse processo.

Em um sistema típico toda a informação dos sensores é concentrada no CLP, que de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores.

Apos a inclusão do computador o circuito elétrico foi traduzido em uma lista de instruções escrita em uma linguagem de alto nível e desta, através de um terminal de programação, é colocada no CLP. A linguagem na lista de instruções permite a programação desde simples funções booleanas até as mais complexas representativas de um sistema, que serão executadas assim pelo CLP.

2.2 História do Controlador Lógico Programável (CLP)

Segundo Antonelli (1998), o Controlador Lógico Programável (CLP) nasceu praticamente dentro da indústria automobilística americana, especificamente na *General Hydronic Division* da *Motors*, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem.

Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro. Dessa forma foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos à relés, não só da indústria automobilística, como de toda a indústria manufatureira. Nascia assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações, o que justifica um mercado mundial estimado em 4 (quatro) bilhões de dólares anuais. Desde o seu aparecimento, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos, a década de 70 marca uma fase de grande aprimoramento no CLP (NATALE, 1995).

Na década de 60 os CLPs foram batizados de *Programmable Controllers* (Controles Programáveis – PCs), mas com a implantação dos computadores pessoais *Personal Computers* (Computadores Personalizados – PCs), passou a chamar-se CLPs, evitando assim os conflitos de nomenclaturas. No início, os CLPs eram usados apenas em aplicações de controles discretos (*on/off* – liga/desliga), como os sistemas de relés, mas com a vantagem de serem facilmente instaladas ou substituídos, com uma valiosa economia de espaço, energia e de tempo. Além disso, outra importante vantagem era a de possuírem indicadores de diagnóstico que auxiliavam e facilitava a vida da manutenção (GEORGINI, 2003).

Ainda segundo Georgini (2003), na década de 60, devido ao aumento da competitividade a indústria automotiva se viu obrigada a melhorar o desempenho de suas linhas de produção, aumentando tanto a qualidade quanto a produtividade. Fazia-se necessário encontrar uma alternativa para substituir os sistemas controlados a relés. Uma das saídas imaginadas seria um sistema baseado no computador. Assim, em 1968, a fábrica da *General Motors* determinou os primeiros critérios para o projeto do CLP, sendo que o primeiro dispositivo a atender as especificações foi desenvolvido pela *Gould Modicon* em 1969.

Com as inovações tecnológicas dos microprocessadores, obteve-se maior flexibilidade e um grau maior de inteligência. Os CLPs incorporaram a variedade de tipos de entradas e saídas, o aumento da velocidade de processamento, a inclusão de blocos lógicos complexos para tratamento das entradas e saídas e principalmente o modo de programação e a interface com o usuário.

Confome Georgini (2003), na década de 80, outros aperfeiçoamentos foram atingidos, fazendo do CLP um dos equipamentos mais atraentes na Automação Industrial. A possibilidade de comunicação em rede é uma característica indispensável na indústria. A partir de 1982 atingiu-se um alto grau de integração, possibilitando o fornecimento de minis e micros CLPs. Uma tarefa quase impossível nos controles a relé era a necessidade de alteração na lógica de controle da máquina, o CLP mudou todos os rumos dessa dificuldade, realizando em pouco tempo apenas com uma simples mudança no programa e sem alterar as ligações elétricas.

Já na década de 70 os CLPs começaram a ser aprimorados e ganharam as funções de temporização e contagem, as operações de aritmética, manipulação de dados e comunicação com computadores, a comunicação com as Interfaces Homem Máquina (IHMs), maior capacidade de memória e de controles analógicos e Controle de Sistemas Lineares (PID), os módulos de entrada e saída (I/O) remotos e os módulos inteligentes de controle e de posicionamento. No ano de 1981 atingiu a sua maior evolução com a possibilidade de comunicação em rede fazendo dessa uma característica indispensável na indústria. Em 1982 atingiu um alto grau de integração com o aumento de pontos e com a redução do tamanho físico surgindo aí os minis e micros CLPs (GEORGINI, 2003).

Com a evolução constante do mercado, os CLPs recebem a todo instante novas e melhores inovações que agregam valores e reduzem custos para as mais diversas soluções, portanto é indispensável uma atualização continua com os mais variados canais informativos do ramo, sendo a *internet* uma ótima opção de consulta.

Segundo Garcia (2006), a indústria automobilística mundial representa um dos mais importantes segmentos industriais no uso da automação, produzindo em 2004, 45 milhões de novos automóveis de passeio em diversos países.

Para Carvalho (2003), a partir dos anos 90 ocorrem a nível mundial e de forma bastante dinâmica uma série de modificações, como um acentuado processo de globalização, uma diminuição dos diferenciais competitivos entre os grandes

fabricantes ocidentais e japoneses, desenvolvendo de forma mais acirrada o processo de automação.

2.2.1 Conceito de CLP

Para Antonelli (1998), os CLPs são freqüentemente definidos como miniaturas de computadores industriais que contêm um hardware e um software que são utilizados para realizar as funções de controles. Um CLP consiste em três seções básicas: *Central Processing Unit* (CPU – Unidade Central de Processamento), a interface de entradas e saídas do sistema e a fonte de alimentação. Os principais blocos que compõem um CLP são:

- Unidade Central de Processamento (CPU), compreende o processador, o sistema de memória e os circuitos auxiliares de controle.
- Circuitos / Módulos, de I / O (*input / output* – Entrada e saída), sinais digitais de contatos normalmente fechados.
- Fonte de alimentação, responsável pela tensão de alimentação fornecida à CPU (Unidade de Processamento Central), e aos circuitos e módulos de I / O. Em alguns casos, proporciona saída auxiliar de baixa corrente.
- Base ou *Rack*, proporciona conexão mecânica e elétrica entre a CPU (Unidade de Processamento Central) e aos módulos de I / O e a fonte de alimentação.

Segundo Natale (1995), o CLP é um computador com as mesmas características conhecidas do computador pessoal, porém, em uma aplicação dedicada a automação de processos em geral, assim como no comando numérico computadorizado, que se trata de um computador na automação da manufatura.

Conforme Georgine (2003), o Controlador Lógico Programável pode ser definido como um computador industrial, capaz de armazenar instruções para implementar funções de controle (seqüência lógica, temporização e contagem, por exemplo), para atender a uma determinada necessidade definida em um projeto, ou seja, onde existir um sistema a ser controlado, existirá a possibilidade de seu emprego. O CLP pode ainda realizar operações lógicas e aritméticas, sendo utilizado no controle de sistemas automatizados. Possui também um micro processador que realiza funções de processamento de programas, varredura das entradas e saídas,

programação das memórias externas e atende a entrada quando é colocado o terminal de programação.

Nos processos industriais controlados por CLPs, são necessários uma monitoração e um controle, isso é obtido geralmente de duas formas: através de uns computadores conectados ao CLP, rodando um programa denominado supervisor, o qual permite monitorar e controlar o processo, através de animações na tela e teclas de comando por intermédio do teclado / mouse do computador. Outra maneira consiste na utilização de um módulo denominado Interface Homem Máquina (IHM) geralmente fornecido como opcional pelo fabricante do CLP.

O conceito de automação é relacionado ao conceito de tecnologias avançadas da manufatura e dentro dessa abordagem define tecnologia da automação como um conjunto de recursos computacionais (*software e hardware*) desenvolvidos e utilizados para auxiliar a atividade de produção (GOUVEA, 2003).

A automação é constituída por elementos básicos, tipológicos e de níveis que são aplicados nas indústrias, considerando os processos e funções dentro de um ambiente de produção (GROOVER, 2001).

A Figura 1 apresenta uma visão geral da aplicação genérica do CLP, mostrando a entrada e saída dos dispositivos no CLP e entrada no sistema automatizado.

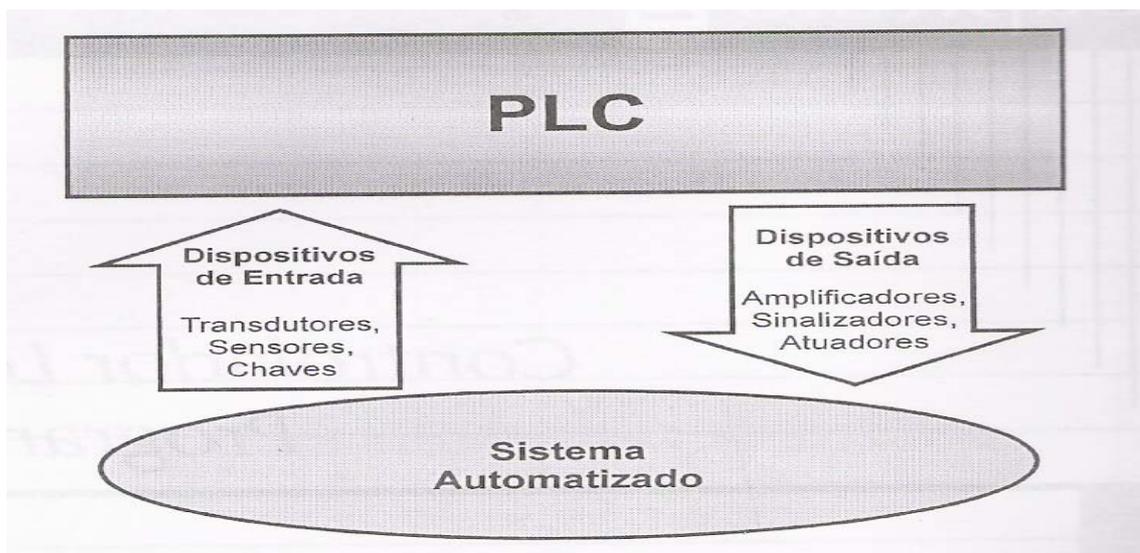


Figura 1: Aplicação genérica do PLC ou CLP

Fonte: Georgini (2003)

A Figura 2 apresenta a estrutura básica de um CLP, mostrando a disposição da seqüência dos dispositivos de entrada e saída em relação a CPU, e a alimentação externa e a fonte auxiliar em relação à fonte de alimentação, e todos os componentes instalados em uma base ou *rack*.

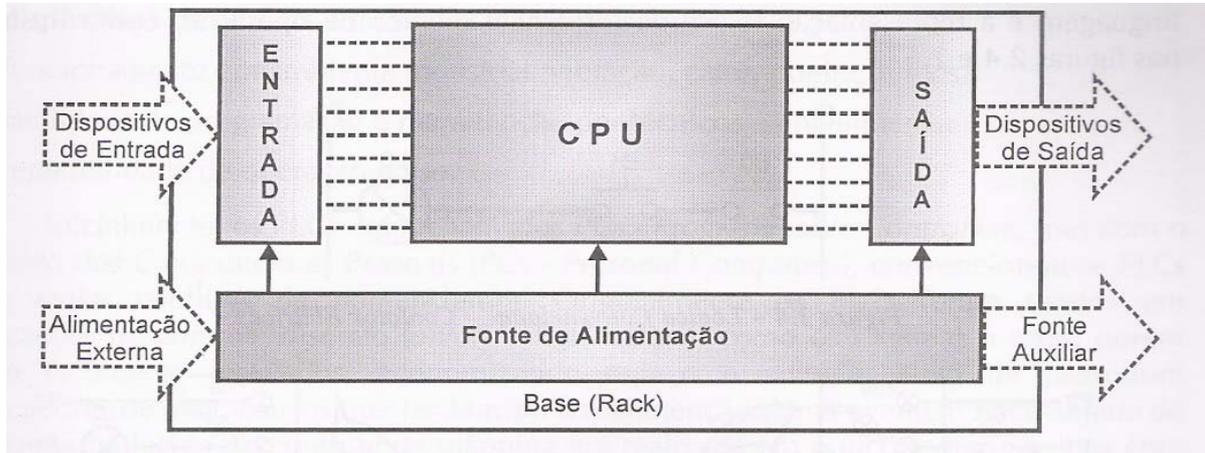


Figura 2: Estrutura básica do CLP

Fonte: Georgini (2003)

2.2.2 Operação básica do CLP

A CPU executa a leitura dos *status* (Condições, Estados) dos dispositivos de entrada por meio dos circuitos/módulos de I/O (entrada e saída). Esses *status* são armazenados na memória (RAM) para serem processados pelo programa de aplicação (desenvolvido pelo usuário e armazenado na memória *Random Access Memory* (RAM - Memória de Acesso Aleatório), *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM - Memória Somente de Leitura Programável Apagável Eletricamente) ou EEPROM no CLP. Após a execução do programa de aplicação, o processador atualiza os status dos dispositivos de saída por meio dos circuitos/módulos de I/O, realizando a lógica de controle.

A programação do CLP é feita por meio de uma ferramenta de programação que pode ser de um programador manual (Terminal de Programação Específico (ambiente *DOS* ou *Windows*)). A linguagem *Ladder* (*Relay Ladder Logic* (RLL) – Lógica de Contatos de Relé), muito popular entre os usuários dos antigos sistemas de controle a relé, é a mais utilizada. Essa linguagem é a representação lógica da seqüência elétrica de operação.

A Figura 3 mostra a lógica convencional dos contatos elétricos dos módulos de entrada e saída.

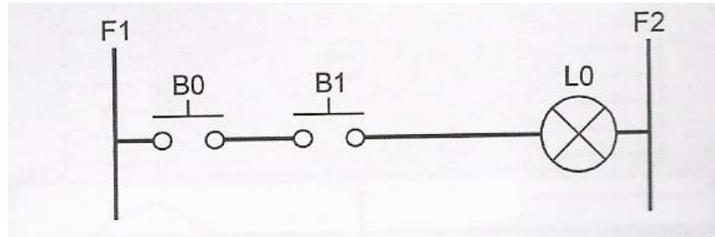


Figura 3: Lógica convencional

Fonte: Georgini (2003)

A Figura 4 mostra a implementação da lógica convencional por meio de um CLP, mostrando os módulos de entrada e saída e a programação de aplicação na linguagem *Ladder*.

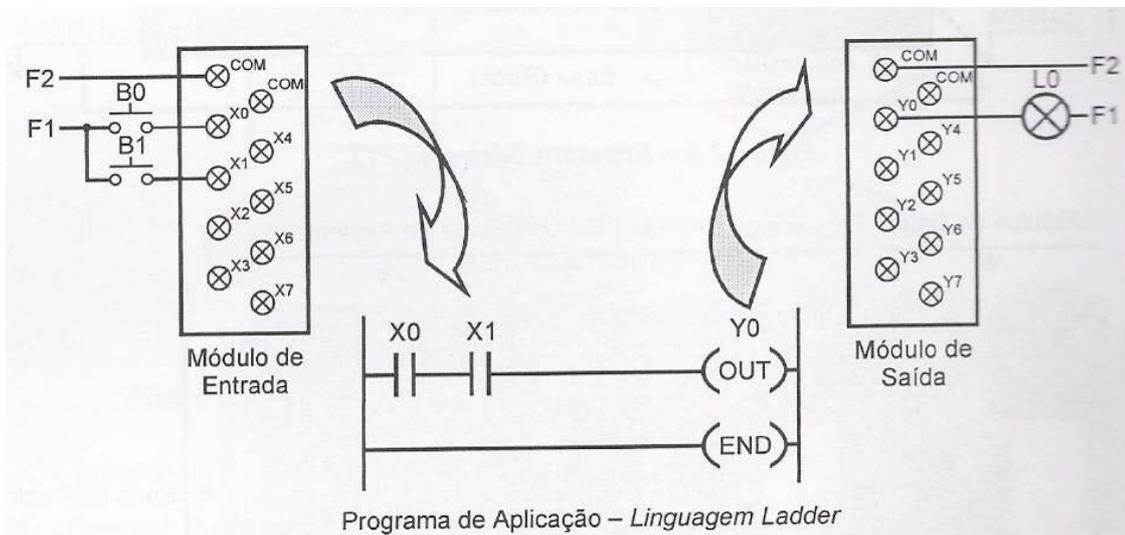


Figura 4: Implementação da lógica convencional por meio de PLC

Fonte: Georgine (2003)

A lógica implementada pelo PLC é muito similar à convencional, sendo que os dispositivos de entrada (elementos BO e B) são conectados ao circuito/módulo de entrada e o dispositivo de saída (elemento LO), ao

circuito/módulo de saída. O programa de aplicação determina o acionamento da saída em função das entradas ($BO \cdot B1 = LO$). Qualquer alteração desejada nessa lógica é realizada por meio de alterações no programa, permanecendo as mesmas ligações (conexões) nos circuitos/módulos de I/O.

A Figura 5 mostra um modelo de CLP disponível no mercado, mostrando de forma detalhada os módulos de entrada, módulos de saída, a CPU a fonte de alimentação e a base ou *rack*.

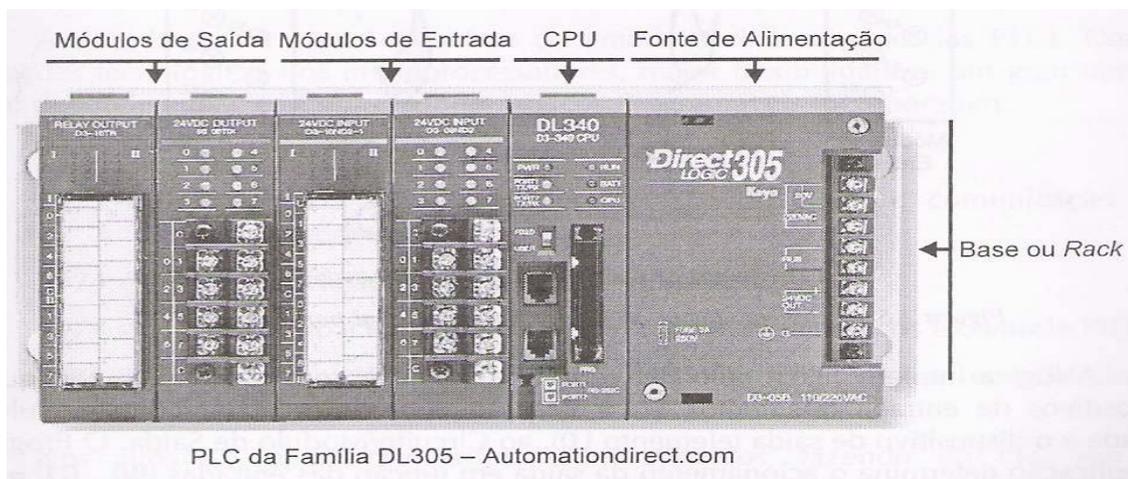


Figura 5: Exemplo de CLP disponível no mercado

Fonte: Giorgini (2003)

2.2.3 Definição de interface homem máquina (IHM)

Segundo Antonelli (1998), Interface Homem Máquina (IHM), é um equipamento dedicado à monitoração e controle do processo, composto comumente de um *display* de cristal líquido gráfico ou não, e um teclado básico onde se encontram as teclas de comando e funções para programação e controle do CLP.

As IHM's, devido a sua construção mais robusta e menos vulnerável as intempéries do meio, são amplamente utilizadas nos ambientes onde não é possível a instalação de um microcomputador devido à hostilidade do local.

A Figura 6 mostra a visão frontal de um IHM, utilizada na EEAT-2 da DESO, que se caracteriza em duas partes principais: na parte superior um visor de

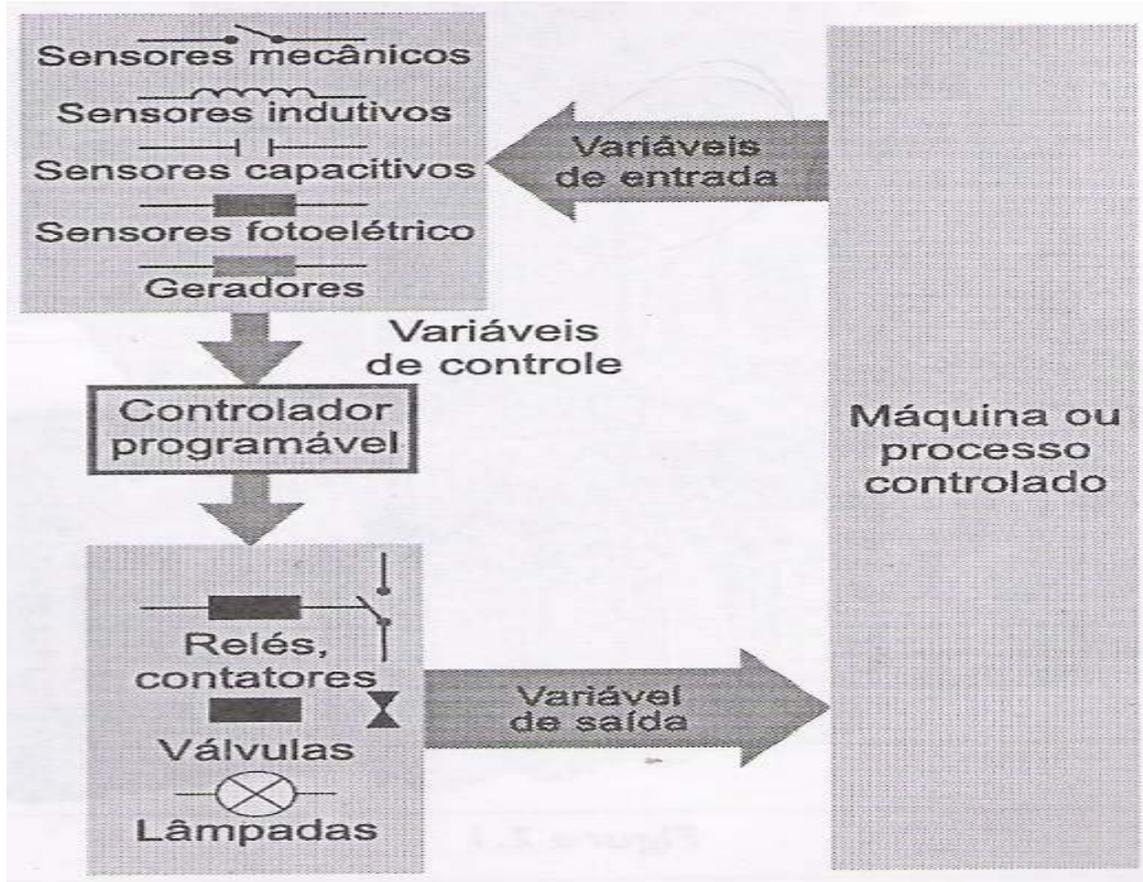


Figura 7: Implementação elétrica de controle do CLP

Fonte: Natale (1995)

Segundo Natale (1995), o processamento é feito em tempo real, ou seja, as informações de entrada são analisadas e comparadas com informações residentes na memória e, em consequência, as decisões são tomadas pelo CLP (Controlador Lógico Programável), os comandos ou acionamentos são executados pelas suas saídas, tudo concomitante com o desenrolar do processo.

O trabalho de automação era realizado por meio de circuitos e relés, ou seja, a partir do equacionamento do sistema a controlar. Eram gerados desenhos, listas de trabalho com referências cruzadas ou listas de instruções e implementares ou montadas em armários para conter todos esses componentes. Quando era necessário efetuar uma modificação no controle por qualquer motivo, isso implicava em um rearranjo na montagem, o que se tornava dispendioso, demorado e cansativo.

A substituição por manutenção também se tornava difícil, quando não impossível, pela evolução que os produtos sofrem.

O Controlador Lógico Programável veio, antes de tudo, trazer um avanço tecnológico dos componentes e, com o advento do computador, resultou em inúmeras aplicações na área industrial.

Uma mudança no controle, portanto, implica em uma alteração do programa, tornando a operação fácil e rápida.

A Figura 8 mostra o esquemático da implementação do CLP, com as entradas e saídas do controlador programável.

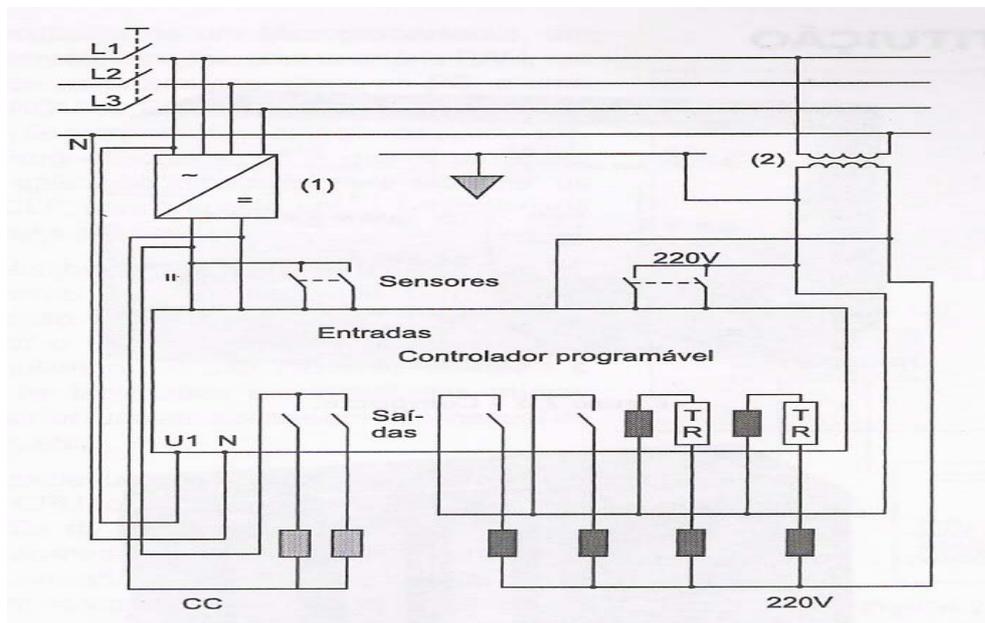


Figura 8: Implementação do CLP

Fonte: Natale (1995)

A Figura 9 mostra a implementação com o Controlador Lógico Programável, mostrando o esquemático do circuito elétrico, as listas de informações e o tipo de montagem.

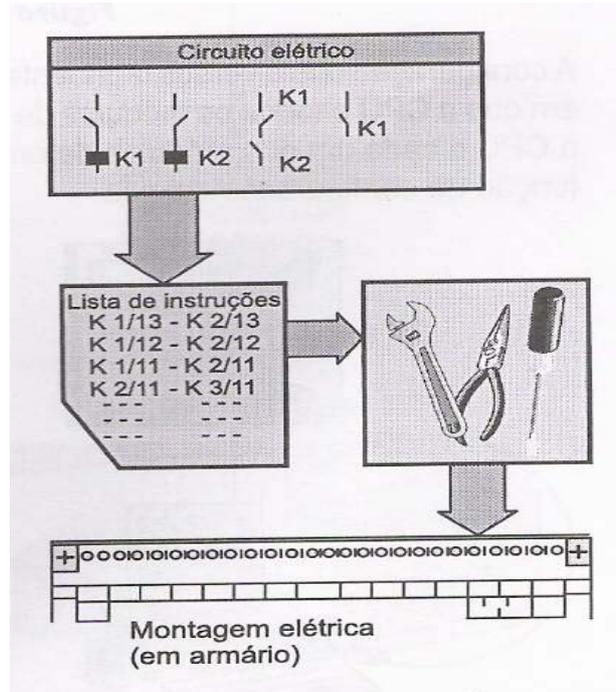


Figura 9: Configuração de implantação do circuito elétrico com o Controlador Lógico Programável

Fonte: Natale (1995)

3 METODOLOGIA

3.1 Conceito de Metodologia

Metodologia é a operacionalização, sistematização e racionalização do método. Dentro de um planejamento, a metodologia da pesquisa deve ser um conjunto detalhado e seqüencial de métodos e técnicas científicas a serem pesquisadas, de tal modo que consiga atingir os objetivos no menor custo, maior rapidez, maior eficácia e mais confiável (CARVALHO, 2000).

3.2 Conceito de Método e Técnica

Método é a forma de proceder, ou seja, a ordem que se segue na investigação da verdade. Constitui-se de processos e técnicas, e a aplicação específica do método.

Técnica é a forma especial de executar o método (CARVALHO, 2000).

3.3 Tipos e Meios de Pesquisa

Consoante Gil (1999), quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser:

- Exploratória: torna mais claro o problema, aprimorando as idéias sobre o objeto de estudo.

- Descritiva: descreve as características de determinado fenômeno, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados.

- Explicativa: preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Segundo Gil (1999), quanto aos meios à pesquisa pode ser:

- Bibliográfica: esta é desenvolvida a partir de material já elaborado, principalmente de livros e artigos científicos.

- Documental: esta pesquisa utiliza materiais que não receberam ainda tratamento analítico.

- Experimental: consiste em determinar o objeto de estudo, escolhendo as variáveis que podem influenciá-lo, definindo as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

- Estudo de Caso: é marcado pelo estudo aprofundado e exaustivo de um ou de poucos objetos, permitindo amplo e detalhado conhecimento, sendo utilizado na investigação de fenômenos das mais diversas áreas do conhecimento.

Segundo Gil (1999), quanto à abordagem, a pesquisa se classifica como:

- Quantitativa: quando na pesquisa apenas estiver presentes dados mensuráveis, perfiz estatísticos, com ou sem cruzamento de variáveis.

- Qualitativa: quando o estudo objetiva uma análise de compreensão ou de interpretação do problema ou fenômeno, onde o sentimento afetivo é colocado nas entrevistas com os pesquisados.

- Quali-quantitativa: além de interpretar os resultados e do levantamento quantitativo, procura compreender os resultados e as conseqüências.

3.4 Procedimentos da Pesquisa

Após uma verificação sobre os conceitos de metodologia e os tipos de pesquisa, este estudo se caracteriza como explicativo, conforme os objetivos. De acordo com os meios esta pesquisa é bibliográfica (livros, artigos técnicos e científicos) e mais se apropria a um estudo de caso. Por fim, segundo a abordagem, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados, sendo esse subdividido em dados e informações sobre o sistema antes e depois da implantação do Sistema de Automação Industrial.

4.1 Sistema Antes da Implantação da Automação Industrial

O sistema de bombeamento denominado EEAT-2 está localizado no município Lagarto e distribui água tratada para as cidades de Lagarto, Riachão do Dantas, para os povoados Tapera e Santo Antônio, para a cidade de Simão Dias e os povoados Taperinha dos Gatos e Quilombo. O EEAT-2 é o centro geral de reservação e distribuição para todas as outras cidades e povoados. Em cada uma das cidades e povoados existe um reservatório e em cada reservatório existia um funcionário da DESO que era responsável pelo controle da vazão de entrada e saída de água para os respectivos sistemas.

No EEAT-2 há seis conjuntos moto-bombas, denominados unidades de bombeamento que fazem a distribuição para as respectivas cidades, sendo duas bombas para o município Lagarto, duas para o município Riachão do Dantas e povoados e duas para o município Simão Dias e povoados.

Esse tipo de controle se mostrava pouco eficiente, pois todos os controles dos níveis e de falhas se faziam de forma visual e dependia exclusivamente da atenção e perícia do operador da unidade. Em várias ocasiões motivadas por essa ineficiência aconteceram vazamentos entre intervalos da passagem dos níveis, bem como por falta de atenção houve grandes desperdícios de água tratada e até de prejuízos com a escavação de terrenos, e também a derrubada de árvores e de residências por parte da pressão da água jorrando da tubulação partida.

Outra ineficiência por parte desse tipo de controle constatava-se no planejamento e controle de energia elétrica, dos parâmetros elétricos tipo corrente, tensão, fator de potência e horas trabalhadas das unidades de bombeamento, que simplesmente não funcionavam, afetando outro setor também importante que é o de planejamento e controle da manutenção. Com o controle da manutenção ineficiente, os principais parâmetros (temperatura e vibração), de auxílio para o controle de

paradas das unidades por falha ou quebra de equipamentos não eram realizados. Essas paradas de equipamentos geravam prejuízos e abusos para a empresa, pois a população ficava com o abastecimento de água comprometido e às vezes até parado, além do elevado custo para reparar os equipamentos danificados.

Com todos esses problemas a serem resolvidos no seu sistema de abastecimento de água tratada, a DESO buscou informações e realizou estudos para reduzir os níveis de reclamações da população, o aumento da eficiência da distribuição da água, um melhor controle dos seus gastos com energia elétrica e a diminuição dos custos com a manutenção. Assim sendo, a empresa implantou no EEAT-2 como um projeto piloto o Sistema de Automação Industrial, com a promessa de soluções para todos os problemas e reclamações existentes naquela localidade.

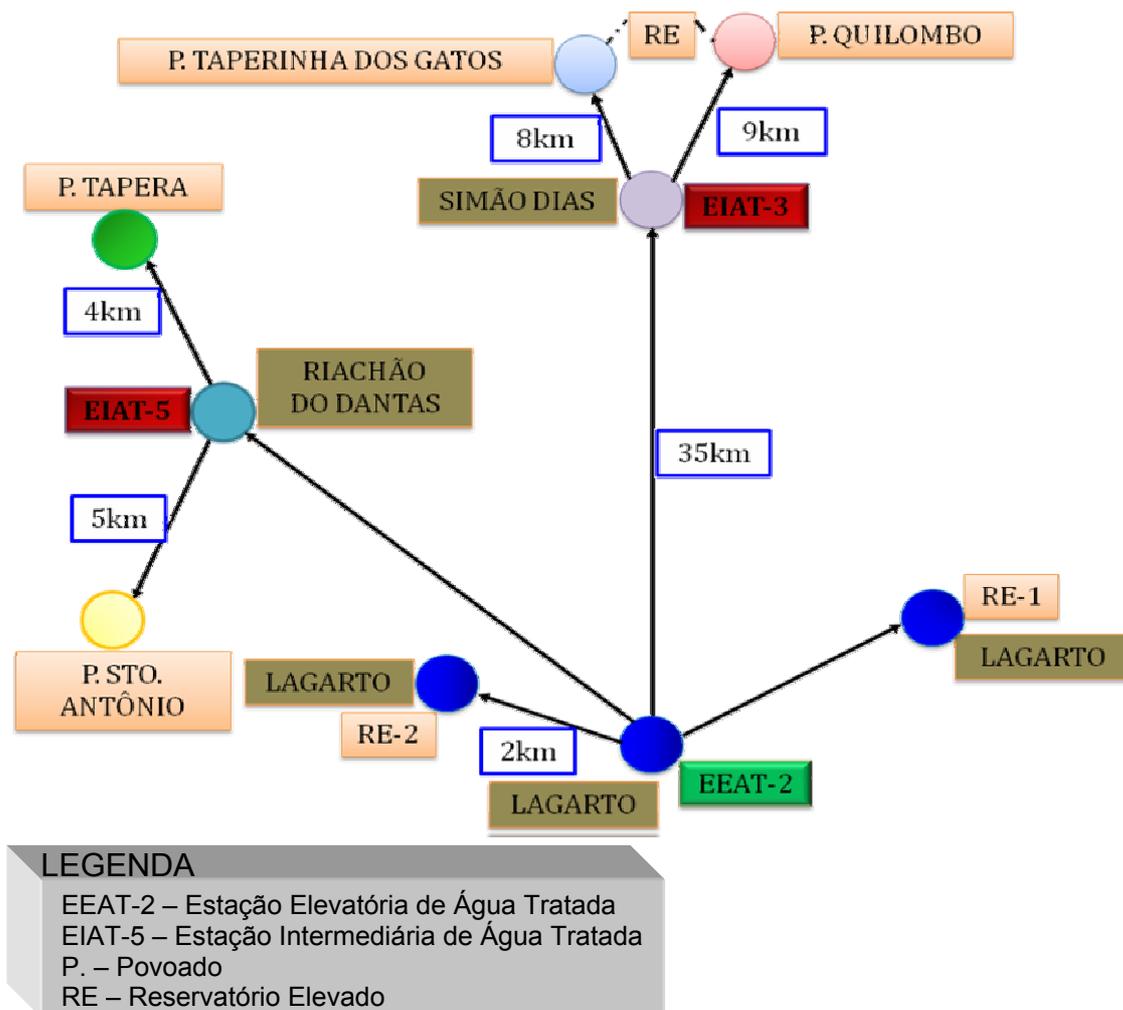


Figura 10: Sistema de distribuição do EEAT-2

Fonte: DESO (2005)

4.2 Sistema Após a Implantação da Automação Industrial

Com a implantação do sistema de automação industrial, em dezembro de 2005, foram instalados painéis de comando e controle das operações e controle das unidades de bombeamento da marca ATOS, Automação Industrial Ltda. Esse controle é feito através do sistema de telemetria (rádio), que dispensa a presença dos operadores nos centros de reservação. O EEAT-2 localizado no município de Lagarto se transformou no Centro de Controle Operacional (CCO), atuando como controlador de todo o sistema. A empresa SAGA do Nordeste foi quem implantou todo o sistema.

No centro de controle operacional, todo o sistema é controlado por um único operador através de um terminal de computador que recebe, armazena, alarma e controla todas as operações e possíveis anomalias que possam ocorrer. Todas essas informações são passadas automaticamente pelos painéis instalados em todas as unidades de bombeamento.

Esses painéis são dotados de equipamentos e sensores que realizam com total eficiência os controles necessários para uma perfeita operação e controle da manutenção dos equipamentos e da distribuição da água, possibilitando ainda ao operador a função de partida e parada de equipamentos a quilômetros de distância.

4.2.1 Especificação funcional do processo

Todos os elementos necessários ao controle do sistema possuem as suas características funcionais que tornam o processo mais eficiente. A seguir uma lista desses processos e suas especificações:

- Controle de nível: A unidade EEAT-2 possui dois reservatórios apoiados denominados RA-1 e RA-2. A medição e o controle de nível é feito através de transmissores analógicos e de bóias de segurança.

- Medição de vazão: Os medidores de vazão são do tipo magnético para a monitoração da vazão instantânea.

- Controle das bombas: Os conjuntos moto-bombas são equipados com válvulas controladoras de bomba, visando minimizar os efeitos danosos dos transientes hidráulicos ocorridos principalmente, durante as partidas e paradas.

- Segurança: Cada conjunto possui uma chave de segurança para a seleção da condição de operação e manutenção. A condição de manutenção bloqueia a operação garantindo segurança às equipes de manutenção. A condição de operação permite ao conjunto ser operado via comando local ou comando remoto à distância.

4.2.2 Controle e proteção dos conjuntos moto-bombas

A característica operacional do sistema consiste no acionamento escalonado dos conjuntos de acordo com o valor da variável de processo. Essa variável poderá ser o nível do reservatório abastecido ou a pressão de recalque, ou ainda a combinação destas variáveis em determinadas condições.

Para a segurança quanto à demanda de energia, o sistema de controle estabelece limite máximo de conjuntos em operação simultânea, programado via IHM local através do CCO, inibindo a operação dos demais quando o limite preestabelecido for atingido.

A integridade dos conjuntos moto-bombas é garantida através de proteções classificadas como sistêmicas, comuns a todos os conjuntos, e individuais, específica da cada conjunto. As proteções sistêmicas são:

- Nível muito baixo do poço de sucção;
- Pressão de recalque muito baixa aliada à vazão muito alta, pode indicar rompimento da adutora;
- Pressão muito alta aliada à vazão muito baixa pode indicar adutora obstruída;
- Vazão de recalque muito baixa pode indicar problemas na bomba;
- Proteção contra partidas simultâneas tanto em modo automático como em manual.

Quando esses eventos ocorrem, interrompem imediatamente a operação dos conjuntos moto-bombas. Assim sendo, quando observada a tendência de uma variável à condição de falha serão gerados alarmes e sinalizações a fim de que ações preventivas possam ser tomadas a tempo. Esses alarmes saltam na tela do computador do CCO mostrando ao operador a falha que ocorreu. Pode-se citar como exemplo: Proteção individual, proteção térmica, condição de emergência, falha

na partida ou parada do motor, falha na abertura ou fechamento de válvulas, Intervalo entre partidas menor que quinze minutos.

O sistema de automação dispõe também dos seguintes recursos:

- Medição de parâmetros elétricos como tensão de linha, corrente de fases, potência ativa total, potência reativa total, consumo de energia ativo e fator de potência médio.

- Horímetros, que têm a função de informar o tempo de operação acumulado, monitorar o tempo de uma mesma seqüência assim como o tempo de manutenção do conjunto.

- Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (raios).

- Sistema de alimentação ininterrupta que tem a finalidade de manter o sistema de telemetria ativo causado por falta ou queda de energia.

- Central de alarmes contra a invasão de estranhos ou intrusos na área.

4.2.3 Resultado final

Segundo os relatórios de operação apresentados pela empresa, realizou-se levantamentos para avaliar os efeitos e resultados com a implantação do sistema de automação industrial. Esses resultados foram favoráveis, benéficos e essenciais, apesar do elevado custo da implantação inicial desse tipo de sistema. No entanto, esse valor não foi divulgado pela empresa.

Portanto, após a implantação do sistema os controles de vazão e níveis dos reservatórios, os controles de consumo de energia e de parada dos equipamentos se tornaram mais eficazes e deixou muito mais eficiente a operacionalização do sistema.

5 CONCLUSÕES

A partir da questão norteadora desta pesquisa, assim como de seus objetivos, chega-se as seguintes conclusões:

- Antes da implantação do sistema de automação industrial não era possível realizar um acompanhamento, a título de fiscalização e controle, das unidades de bombeamento.

- A inexistência de planejamento e controle de energia elétrica, bem como dos parâmetros elétricos tipo corrente, tensão, fator de potência e horas trabalhadas das unidades de bombeamento, afetava outro setor também importante que é o de planejamento e controle da manutenção.

- Não eram verificados os principais parâmetros (temperatura e vibração), que auxiliam o controle de paradas das unidades por falha ou quebra de equipamentos.

- Conseqüentemente, a Companhia informou-se, por meio de pesquisa, buscando soluções voltadas para: a diminuição dos níveis de reclamações da população; o aumento da eficiência da distribuição da água; um melhor controle dos seus gastos com energia elétrica e a diminuição dos custos com a manutenção.

- Após a implantação do sistema de automação industrial deixaram de ocorrer as falhas no abastecimento das localidades, ou seja, não mais depende da atenção da perícia para a verificação de vazamentos e controle.

- Com a instalação dos painéis de comando e controle das operações, bem como das unidades controladoras de bombeamento, foi dispensada a presença dos operadores nos centros de reservação.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. Luiz Loureiro. **Instrumentação, Controle e Automação de processos**. Rio de Janeiro, 2005.

ANTONELLI, Pedro Luis. **Curso de CLP básico**. São Paulo: SENAI, 1998.

ATOS, Automação Industrial Ltda. **Manual de operação do sistema EEAT-2 no município de Lagarto SE**. São Paulo, 2005.

BONACORSO, Nello Gauze; NOLL Valdir. **Automação Eletropneumática**. São Paulo: Érica Ltda., 2004.

CARVALHO, E. G. **Globalização e estratégias competitivas na indústria automobilística, tese de doutorado**. Campinas/SP: UNICAMP, 2003.

COSTA, Sérgio Eduardo Gouvea da. **Desenvolvimento de uma Abordagem Estratégica para a Seleção de Tecnologias Avançadas de Manufatura**, AMT. (Tese). Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da USP. São Paulo: USP, 2003.

FERNANDES, Flavio Cesar e Leite. **Automação industrial e sistemas informatizados de gestão da produção em fundições de mercado**. São Paulo: DEP, UFSC, 2002.

FOUREZ, Gerard. **A construção das ciências: Introdução à Filosofia e à ética das ciências**. Trad. Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: UNESP, 1995.

FREIRE, E. P. **Administração de centros de processamentos de dados**. Taubaté/SP, 1994.

GARCIA, L. R. S. **Adaptação à estratégia de manufatura**. Dissertação de mestrado. Niterói/RJ: UFF, 2006.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**. São Paulo: Érica Ltda., 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, Marcello Soares. **Desenvolvimento e Implantação de sistemas de Automação Industrial**: Estudo de Caso. 128f. (Monografia). Pós-Graduação em MBA - Gerência de Produção e Tecnologia do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. Universidade de Taubaté. São Paulo, 2002.

GROOVER, M. **Automation, Production Systems, and Manufacturing**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

MARODIN, Kleine Joyce; CAMARGO, Lorena dos Santos. **Impactos da Automação em Sistemas de Abastecimento de Água**. Curitiba: UFPR, 2005.

MORAES, Cícero Couto; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo: Érica Ltda., 1995.

PEREIRA, Roberto Martins; SPRITZER, Ilda Maria de Paiva. **Automação e Digitalização de energia Elétrica**. Rio de Janeiro: CEFET, 2006.

SAGA, Sistema de Automação Industrial do Nordeste Ltda. **Manual de Automação Industrial**. Salvador-BA, 2005.

SOUZA, Alessandro J. de; OLIVEIRA, Luiz Carlo de. **Automação Industrial**. Redes Industriais. Natal: DCA, UFRN. 2003.