



UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA / ELETRÔNICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

2012

Título: Sistema de Automação e Supervisão de uma Estação de Tratamento de Água (ETA)

Aluno: Anderson dos Reis Gomes

Aluno: Vagner Pastor

Orientador: José Ricardo Abalde Guede

Banca Examinadora:.....

.....

.....

Nota do Trabalho: (.....)

São José dos Campos – SP/

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA (ETA)

Anderson dos Reis Gomes

Vagner Pastor

Relatório final apresentado como parte das
exigências da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso à Banca Examinadora da
Faculdade de Engenharia, Arquitetura e
Urbanismo da Universidade do Vale do
Paraíba.

Orientador: José Ricardo Abalde Guede

2012

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente e principalmente a Deus, pela infinita misericórdia e bondade por nos sustentar nesta caminhada permitindo que agora colhamos os frutos deste trabalho.

Agradecemos a colaboração do Professor José Ricardo Abalde e ao Professor Jair Cândido, por ter nos ajudado na orientação deste trabalho, pois sem esta ajuda com certeza o mesmo não seria bem sucedido.

E aos familiares que souberam com paciência, compreensão e com muito amor esperar por todos os momentos em que não estivemos presente.

Sumário

1 - Resumo:	5
2 - Abstract	6
3 - Introdução	7
4 - Objetivo	8
5 - A necessidade de automação de uma ETA	9
6 - Sistema de Reserva e Recalque de Água	10
7 - Sistema de Automação e Supervisão	34
8 - Resultados	47
9 - Conclusão	48
Referências	49

1 – RESUMO

Este projeto tem como finalidade à instalação de um sistema supervisório, a fim de automatizar o sistema de gerenciamento de informações e garantir o controle de processo de reserva e recalque de água On-Line. O sistema supervisório consiste no desenvolvimento de uma arquitetura de hardware e software com capacidade de se comunicar com os equipamentos existentes.

A redução de desperdícios, a identificação de falhas e irregularidades existentes no processo, agilidade nas informações e nas tomadas de decisões torna este o objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso, aplicando conhecimentos tecnológicos para o gerenciamento e controle da captação, tratamento, reserva e distribuição de água.

A realização do estudo do sistema existente a ser automatizado foi de fundamental importância, verificando os equipamentos instalados e as alterações que deveriam ser realizadas, na inclusão de novas alternativas e na escolha dos equipamentos e sensores utilizados para a monitoração das diversas variáveis de trabalho. O estudo e a escolha do CLP e do software de supervisão, bem como suas respectivas programações e elaboração de diagramas elétricos e de linguagem Ladder foi desenvolvida como base nas especificações dos equipamentos e seus funcionamentos. Por fim, foram realizados os desenvolvimentos das telas gráficas de supervisão e a rotina de sua interação com o sistema.

Este trabalho foi realizado baseado em um sistema não automatizado da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SAAE – localizada na cidade de Jacareí, ao qual se aplicou uma solução viável de automação e supervisão para este sistema.

Palavras-chave: SASEA, Sistema, Automação, Supervisão, Estação, Água.

2 – ABSTRACT

This project has as purpose to the installation of a Supervisory System, in order to automatized the system of the management of management of information and to guarantee the control of reserve process and stresses of On-line water. The Supervisory System consists of the development of architecture of the hardware and software with capacity of communicating with the existing equipment.

The reduction of wastefulness's, the existing identification of imperfection and irregularities in the process, the agility in the information and the taking of decisions becomes this the main objective of this work course conclusion, applying technological knowledge for the management and control in the capitation, treatment, reserve and distribution of water.

The accomplishment of the study of the existing system to be automatized was of basic importance, verifying the equipment installed and the alterations that would have to be carried through, in the inclusion of news alternatives and the choice of the equipment and sensors used for the monitoration of the diverse variable of work. The study and the choice of the CLP and the Software of supervision, as well as its respective programming's elaboration of electric diagrams and language to ladder it was developed on the basic of the specifications of the equipment and its functioning. Finally, the development of the graphical screens of supervision and the routine of its interaction with the system had been carried through.

This work was carried through based in a system not automatized of the Company of Basic Sanitation of the State of São Paulo - SAAE - located in Jacareí to which applied a viable solution of automation and supervision for this system.

3 – INTRODUÇÃO

Na atual situação a sociedade passa por pelo problema de escassez dos recursos naturais existentes em nosso planeta, que apesar de serem alguns renováveis (tal como água), estão chegando a um nível de degradação que num futuro bem próximo estarão comprometidos quanto a sua existência e sua utilização.

O mundo hoje tem se preocupado com este assunto de modo a sustentar as necessidades humanas sem causar impactos alarmantes sobre a natureza, influenciando, desta maneira, a busca de novas tecnologias e meios para o decréscimo destes impactos e sua manutenção.

A automação se destaca como solução nas mais variadas aplicações, além disso, a necessidade de atualização e formação contínua nunca foi tão constante como nos últimos tempos, o conhecimento e domínio das tecnologias utilizadas tem sido pré-requisito para a sobrevivência profissional em qualquer área.

Na automação de um sistema de tratamento de água buscamos a atualização tecnológica a fim de obter dados precisos e adequação às novas exigências do mundo globalizado e tecnológico atual.

4 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mostrar de forma clara e objetiva o funcionamento de um sistema supervisor, a fim de automatizar o sistema de gerenciamento de informações e garantir os controles dos processos de captação, tratamento, reserva e distribuição de água, através de equipamento e dispositivo (elétricos, eletrônicos, mecânicos e pneumáticos).

5 – A NECESSIDADE DE AUTOMAÇÃO DE UMA ETA

A necessidade da automação de uma ETA se deve a necessidade de ampliar a capacidade de água tratada, isso se deve ao fato do crescimento das indústrias e aumento da população, comprometendo o abastecimento de água em toda a região e ocasionando com grande frequência os cortes e racionamentos.

6 – SISTEMA DE RESERVA E RECALQUE DE ÁGUA

6.1 – Descrição do Processo Atual

O processo consiste de dois reservatórios de água pura, elemento neutro com baixo teor de produtos químicos.

O reservatório 1 é abastecido pela a bomba de captação (Bomba 1) e o reservatório 2 pela a bomba de recalque (2 e/ou 3), controlada manualmente.

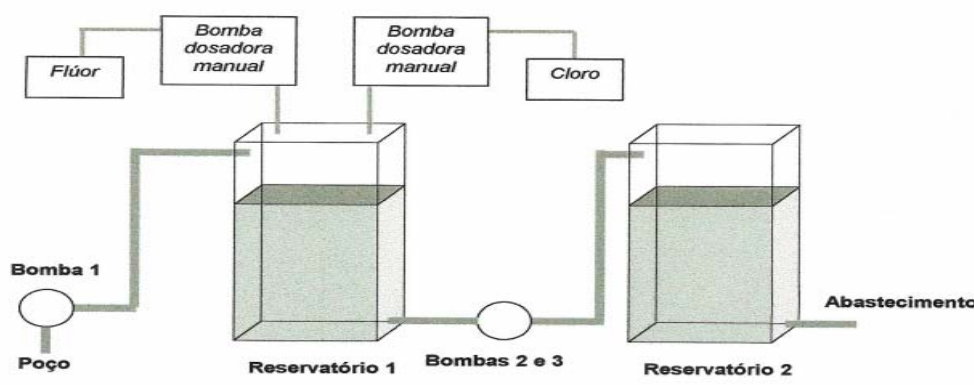
O controle de nível dos reservatórios é feito visualmente, através de uma régua de medição de nível, conforme (figura 2).

O sistema de tratamento de água é realizado após a captação da água no reservatório 1, onde é feita a adição de produtos químicos como flúor e cloro, através de duas bombas dosadoras manuais a fim de manter a dosagem correta e a água própria para o uso humano.

O monitoramento dos produtos químicos contidos na água é realizado no local mediante análise periódica a cada hora.

Tanto a operação de ligamento e desligamento das bombas, acompanhamento do nível dos reservatórios bem como a análise e dosagem de produtos químicos são realizadas por um operador responsável pelo sistema. Na figura abaixo segue exemplo do processo atual.

Figura 1 – Sistema Atual de Tratamento de água

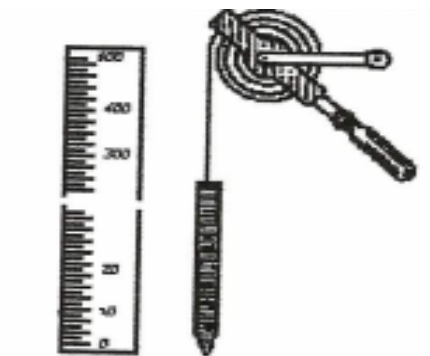


6.1.1 – Metodologias Empregadas para Medição de Nível

A metodologia utilizada para a medição do nível dos tanques é conhecida como Régua ou Gabarito, a mesma consiste em uma régua graduada a qual tem um comprimento conveniente para ser introduzida dentro do reservatório a ser medido.

A determinação do nível se efetuará através da leitura direta do comprimento molhado na régua pelo o líquido, segue abaixo a ilustração de uma régua ou gabarito.

Figura 2 – Régua ou Gabarito



6.1.2 – Desvantagens do Processo Atual

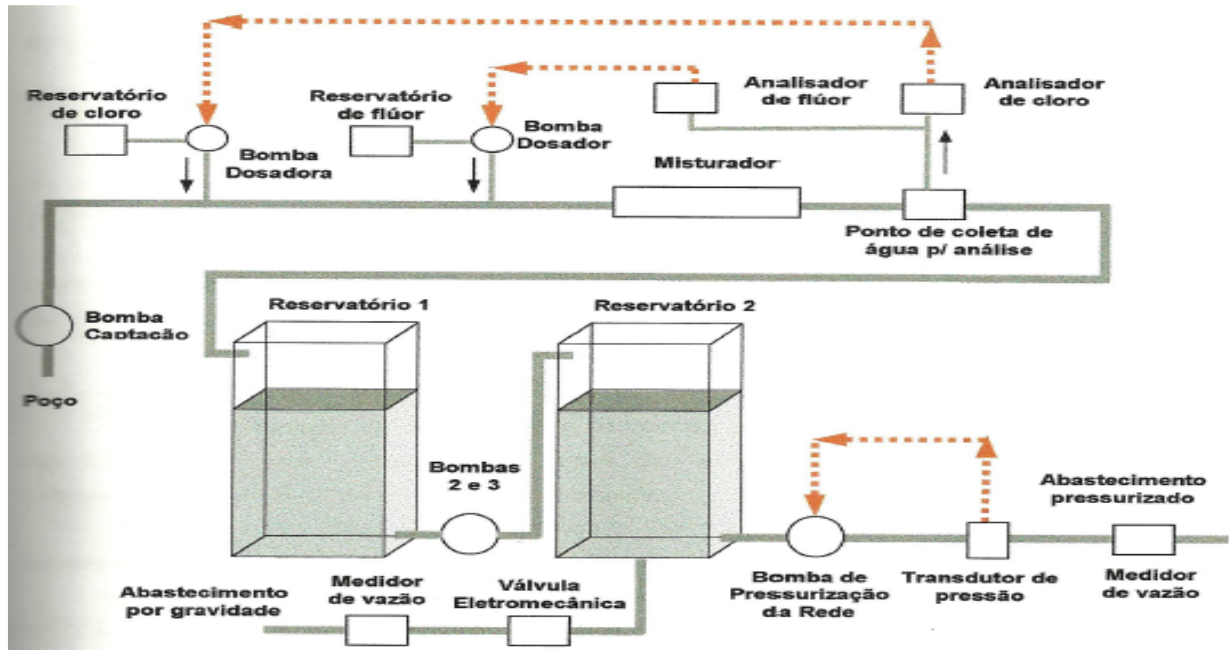
- Ausência de controle preciso das variáveis importantes do sistema, tais como: Nível, vazão, corrente e tempo de funcionamento das bombas e pH da água;
- Operação das atividades de manobra e controle dos reservatórios realizados manualmente no local, sujeitas às falhas humanas;
- Falta de identificação de falhas ou problemas no sistema em tempo real;
- Desperdícios de água e energia elétrica devido a difícil localização de problemas em tempo hábil.

6.2 – Descrições do Processo Proposto

O sistema proposto oferece uma solução que é viável ao antigo sistema, pois mantém o seu princípio geral de funcionamento, aplicando recursos de automação nos equipamentos existentes, com as seguintes vantagens operacionais:

- Reduzir a quantidade e tempo de interrupções através de supervisão direta e em tempo real;
- Obter leituras instantâneas dos diversos transmissores instalados nos diferentes locais da ETA;
- Possibilitar melhor diagnóstico dos sistemas em função dos registros históricos;
- Facilitar o acesso às informações;
- Receber e enviar comandos a equipamentos e dispositivos instalados em campo, diminuindo assim o tempo entre a tomada de decisão e a ação;
- Aumento do tempo de vida útil dos equipamentos (tubulações e bombas);
- Melhorar o gerenciamento dos sistemas;
- Propiciar maior confiabilidade na obtenção dos dados;
- Facilitar a localização e o diagnóstico de problemas possibilitando a diminuição do tempo de intervenção da manutenção;
- Agilizar a correção de anomalias;
- Obtenção de dados estatísticos sobre o sistema para estudos futuros.

Figura 3 – Sistema Atual de Tratamento de água



O Sistema Supervisório proposto tem a finalidade de monitorar o funcionamento de todo o processo de Captação, Tratamento, Recalque, Reserva e Distribuição de Água, através dos seguintes parâmetros:

1. Corrente elétrica dos motores das bombas;
2. Análise química nos pontos de amostragem;
3. Nível de água no reservatório;
4. Vazão de Água;
5. Pressão na tubulação.

6.2.1 – Captação de Água

A captação é o local de onde é extraída a água bruta para alimentar o sistema de abastecimento de água. Os mananciais utilizados para abastecimento de água podem prover das águas pluviais, superficiais e subterrâneas.

A captação de águas subterrâneas onde se tem uma melhor qualidade da água bruta é aquela do lençol confinado. Neste caso, a captação compreende conjunto motor-bomba, poço de sucção, tubulações, ações de sucção e recalque.

6.2.1.1 – Bomba de Captação B1

Com a automatização do sistema, a bomba B1 entra em operação via comando de CLP, assim que o sensor de nível do reservatório R1 indicar 7 MCA que corresponde a 87,5% de capacidade nominal.

A bomba B1 desliga via comando de CLP quando o sensor de nível do reservatório R1 indicar 8 MCA que corresponde a 100% da capacidade nominal.

Para que a bomba opere em regime de normalidade a corrente deve estar entre 43,2 e 79,2 A. Caso a corrente da bomba esteja fora da faixa definida, a bomba desliga automaticamente via comando CLP.

A faixa de corrente estabelecida segue os seguintes critérios:

Corrente nominal: 72 A

Corrente máxima: 79,2 A

Corrente mínima: 43,2 A

Dados técnicos B1:

Bomba Submersa

Modelo: EBARA BHS 516-11

Potência: 25 HP

Vazão: 36 metros cúbicos por hora

Pressão de 130 mca

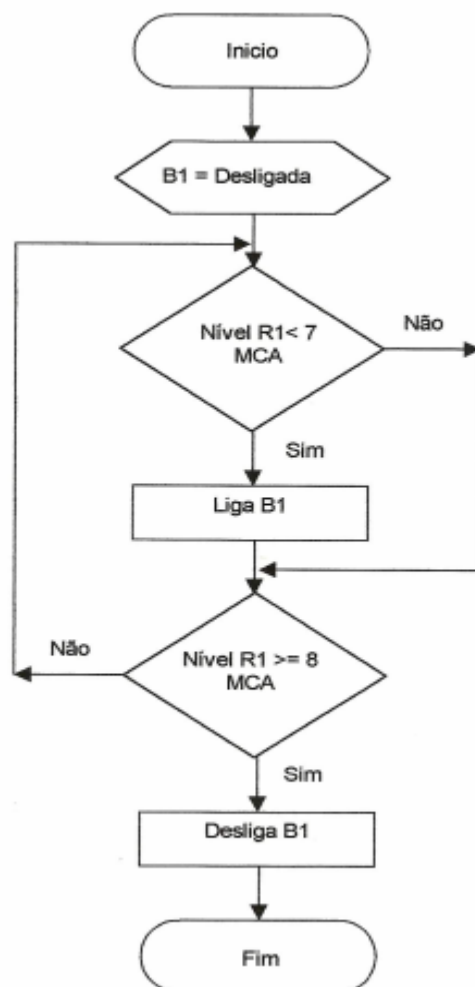
Voltagem: 220 V

Corrente: 72 A

Tubulação de Recalque: Diâmetro de 100 mm

Para melhorar o entendimento do funcionamento de B1, segue fluxograma de comando, conforme figura abaixo.

Figura 4 – Fluxograma de comando – B1



6.2.2 – RECALQUE E RESERVA DE ÁGUA

6.2.2.1 - Bombas de Recalque – B2 e B3

As bombas de recalque de água do reservatório R1 para o reservatório R2 passam a operar em regime de revezamento automático. A utilização de duas bombas é necessária para que uma seja reserva da outra em uma eventual quebra, falha ou capacidade insuficiente. No caso de falha em uma das bombas o sistema identifica automaticamente e sinaliza através do supervisório qual das bombas se encontram defeituosa.

A seguir têm-se as condições de funcionamento das bombas.

Dados técnicos B2 e B3:

Bomba de Recalque (2 unidades)

Modelo: SULZER WEISE AZ40-200

Potência: 15 HP

Vazão: 20 metros cúbicos por hora

Pressão de 57 mca

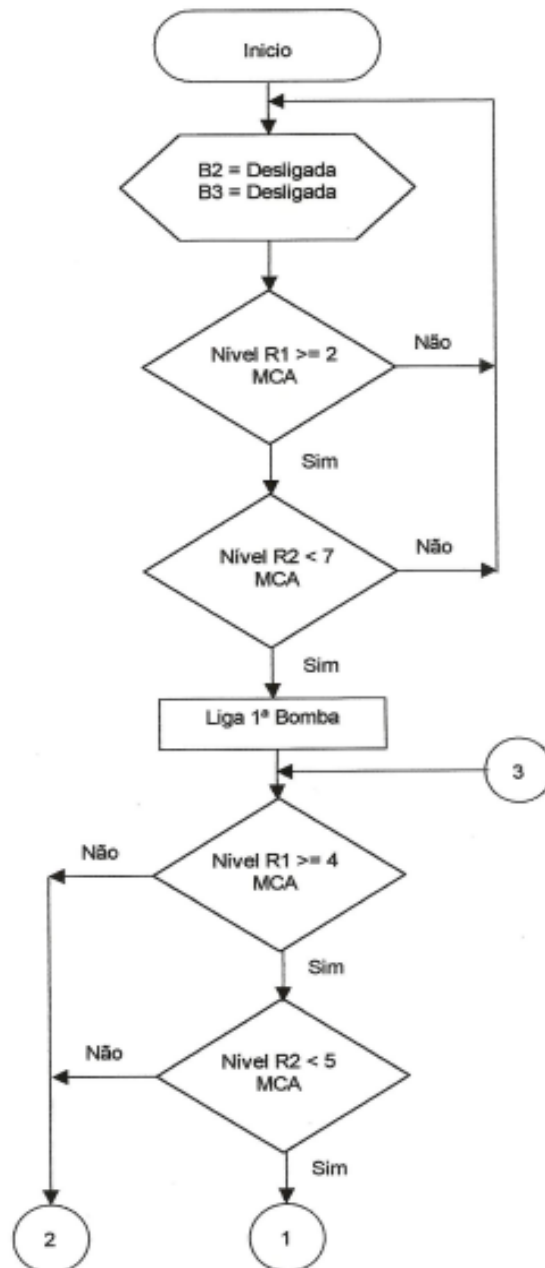
Voltagem: 220 V

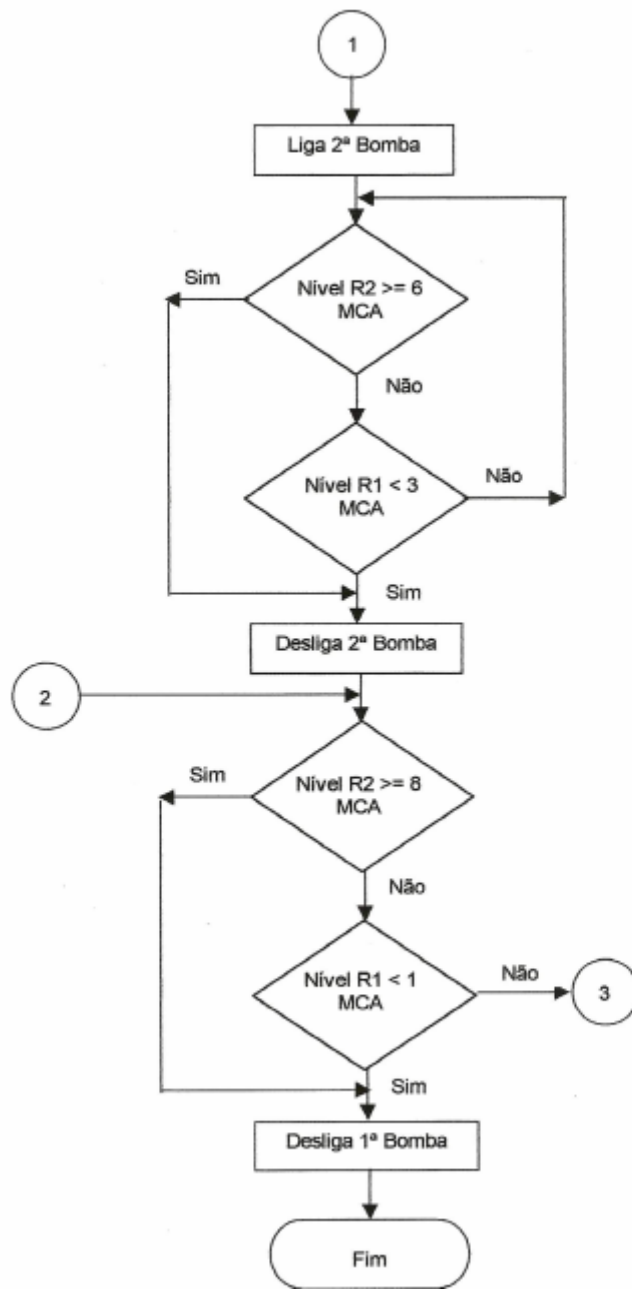
Corrente: 40 A

Tubulação de Recalque: Diâmetro de 200 mm

Para melhorar o entendimento do funcionamento de B2 e B3, segue fluxograma de comando, conforme figura abaixo.

Figura 5 – Fluxograma de comando – B2 e B3





6.2.2.2 – Transdutor Corrente

Os transdutores são equipamentos que convertem uma forma de energia em valores proporcionais de tensão ou corrente contínuas. São disponíveis nos modelos auto-alimentados ou com alimentação auxiliar (para saída de 4 a 20 ma).

Segue abaixo a figura e as características técnicas do transdutor de corrente utilizado nas bombas B1, B2 e B3.

Figura 6 - Transdutor "marca Incon" LC420A



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Entrada: 5, 10, 25, 40, 50, 100 A

Saída: 0 a 10 Vcc ou 4 a 20 mA

Alimentação: 127 ou 220 Vca

Precisão: 0,5% do valor medido

Tempo de resposta: 0,5 segundos

Temperatura de trabalho: 0 a 50 °C

Consumo: 3 VA

Ripple: 1,0%

Máxima carga de saída: 500 Ohms

Dimensões: 45 x 110 x 75 mm

6.2.2.3 – Sensor de Nível do Reservatório 01 e 02 – TN

Este sensor tem a finalidade de indicar o nível do reservatório 01 e 02, atua em níveis pré-estabelecido e envia sinais para o CLP.

O transdutor utiliza como princípio de medição a ponte de Wheatstone tipo Piezo-resistivo. Está ponte quando submetida a uma variação de pressão, altera os valores de resistores de medição, comparando-o a variação com os resistores de referência. A diferença de sinal entre a medição e referência é proporcional a pressão, isto é, ao nível de profundidade.

Portanto este sensor de profundidade leva em consideração a coluna d'água instalada acima do ponto de medição do sensor, ou seja, o transdutor é instalado no fundo do reservatório. Segue abaixo a figura e as características técnicas do sensor de nível utilizado nos reservatórios R1 e R2.

Figura 7 – Transmissor de nível PTX 1030



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Elemento Sensor:	Transdutor tipo piezo-resistivo (Presença de diafragma)
Sobrepresão Admissível:	3x F.E
Temperatura do Processo:	0 a +50 °C
Precisão:	±0,5% do fundo de escala (0 a +50 °C)
Alimentação Elétrica:	18 a 28 VCC
Sinal de Saída:	4-20 mA (2 fios)
Impedância Máxima:	RL menor ou igual (VB-6) / 0,02 [ohm]
Proteção Elétrica:	Inversão de polaridade e limitador de corrente incorporados
Proteção Contra Surtos de Tensão:	Máx. 30 VCC
Conexão Elétrica:	Conexão direta através do cabo
Cabo:	2 condutores de cobre + blindagem
Seção dos Condutores do Cabo:	0,50 mm ²

Material do Corpo do Sensor: AISI 316
Grau de Proteção do Invólucro: IP68
Material do Diafragma: AISI 316L
Material da Capa de Proteção: Polipropileno (PP)
Material do Termocontrátil: Polietileno reticulado
Material do Cabo: Poliuretano (PU)

6.2.2.4 - Sensor de Extravazão – SE

Instalado na parte superior dos reservatórios 01 e 02, localizado na tubulação destinada ao escape de água (nível máximo do tanque).

Consiste de dois eletrodos espaçados entre si dentro da tubulação de escape de forma que quando exista água neste ponto os contatos dos eletrodos se fecham e sensibiliza um rele PN (rele de nível) que por sua vez emite ao CLP o status de presença de água na tubulação.

Este será atuado caso ocorra falha do sensor TN (transdutor de nível) no transbordamento do tanque, ou seja, caso o TN não atue, o reservatório terá sua capacidade útil de 100% ultrapassada e entrará água na tubulação de escape (ladrão) quando a capacidade do reservatório atingir a capacidade máxima de 112,5%. Na presença de água neste trecho o sensor SE será acionado emitindo sinal via CLP para a bomba B1 desligar, sinalizando falha na operação correta do TN. Segue abaixo a figura e as características técnicas do sensor de extravazão utilizado nos reservatórios R1 e R2.

Eletrodo tipo pêndulo

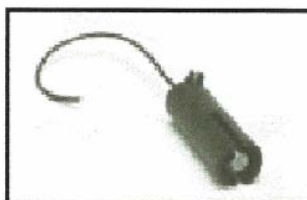


Figura 8 – Sensor de Extravazão modelo PN/PNS



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS				
		PN e PN/PNS	HASTE PÊNDULO	
alimentação(-15+10%)	Vca	24,48, 110/127,220,380 ou 440	-	
frequência da rede	Hz	43 ~ 63	-	
ajuste da sensibilidade		até 100 K Ω	-	
consumo aproximado	VA	3,5	-	
contato de saída	quantidade	1 SPTD	-	
	capacidade	5 A @ 250 Vca (cos =1)	-	
Material	caixa	ABS auto-extinguível (VO)	aço inox 303	
temperatura de operação	°C	0 a 50	0 a + 260	0 a + 60
peso aproximado	Kg	0,28	0,23	0,0212
tensão nos eletrodos	Vca		-	
I max entre eletrodos	mA	14	-	
grau de proteção		1	IP68	
pressão admissível	Kgf/cm ²	kgf/cm ²	3	-

6.2.3 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água tem por finalidade adequar a água aos padrões de potabilidade. Existem vários processos de tratamento e sua escolha é função da qualidade da água bruta e da eficiência desejada na redução de agentes físicos, químicos e microbiológicos.

6.2.3.1 - Bomba Dosadora

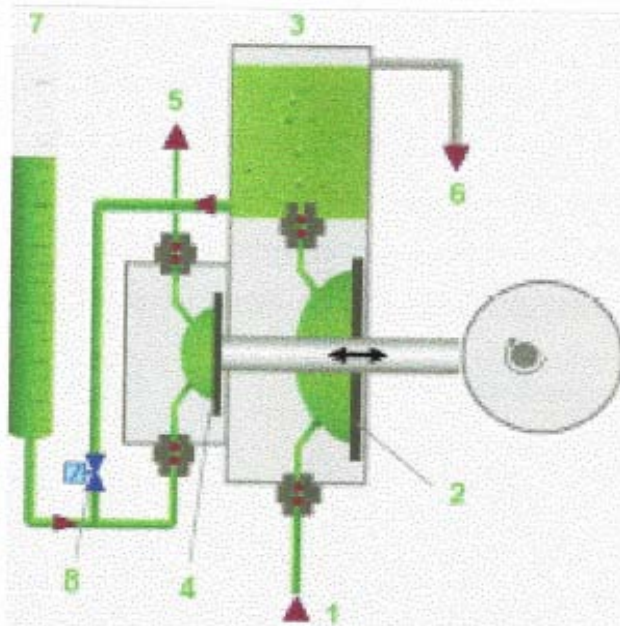
Para a dosagem de cloro e flúor utilizam-se duas bombas dosadoras com medidor e totalizador de vazão eletronicamente incorporado. Além de calcular a quantidade medida baseada no ajuste do comprimento e na frequência dos pulsos, agora também é possível a medição através do display diretamente em l/h. O display iluminado garante uma fácil leitura de todas as variáveis fornecidas.

Outro recurso disponível para esse modelo é uma interface para comunicação em rede.

A dosadora também pode ser controlada por contato externo livre de potencial (uma unidade de controle). Com a opção de ativação através de sinal analógico, a frequência de stroke pode ser controlada via sinal 0/4-20 mA.

Conforme a (figura 9) o diafragma (2) transfere um grande volume de líquido de fora da estação (tanque) (1), para a câmara superior (priming) (3). Não existe problema ao transferir quantidades muito pequenas do líquido, todas as bolhas de ar no líquido são exaladas á atmosfera na câmara do priming. O diafragma trabalhando separado é responsável pela dosagem precisa (4), dosando o líquido na linha de processo (5). Todo o líquido adicional é retornado aos tanques através do desvio da câmara superior (6). O sistema intregado da calibração compreende um tubo graduado da calibração (7) e uma válvula de calibração (8) que permite a calibração precisa do fluxo quando a bomba funcionar. Abaixo exemplo do diagrama funcional da bomba dosadora.

Figura 9 – Diagrama Funcional da Bomba Dosadora



Segue abaixo a figura e as características técnicas da bomba dosadora de cloro e flúor.

Figura 10 – Bomba Dosadora modelo Gamma/L



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Capacidade de dosagem 0.74 - 32 l/h, 16 - 2 bar

Ajuste contínuo do comprimento de pulso de 0 - 100%

Taxa de pulsos digitalmente precisa via teclado e grande display LC

Display da taxa de dosagem em pulsos/min. ou l/h

Níveis de pressão programáveis

Display de 3 LEDs para liga/desliga, aviso, e erro
Materiais de cabeçote: PP, Acrílico/PVC, PVDF, PTFE, aço inox
Desaeração grossa/fina patenteada em PP, acrílico/PVC e PVDF
Versão de cabeçote com auto-desaeração em PP e acrílico/PVC
Cabeçote AV (Alta Viscosidade) para líquidos de elevada viscosidade
Entrada de monitor de dosagem, contador ajustável de erro de pulso
Controle externo via contato livre de tensão com função opcional de aumento/diminuição de pulso
Controle opcional externo via sinal padrão 0/4 - 20 mA
Conector de chave de nível flutuante de dois níveis
Temporizador opcional de 14 dias de processo
Classe de proteção IP65
Opção de baixa voltagem 12-24 V DC, 24 V AC/DC
Alarme audível para pré-alarme/falha corresponde a tom intermitente/contínuo
Interface para PROFIBUS®-DP

6.2.3.2 - Sistema de Análise e Aplicação de Cloro

O conjunto é composto por analisador, reservatório de cloro e bomba dosadora. Este sistema analisa a quantidade de cloro existente em uma amostra de água.

A amostra é feita por processo de amostragem, através de um desvio de tubulação com diâmetro menor do que o principal, encaminhando a amostra de água para o sistema analisador. A análise de cloro é realizada através da reação do reagente tampão fosfato de DPD e o próprio fosfato de DPD, que quando inseridos na água, alteram sua coloração sendo este o objetivo de análise pelo equipamento. Quanto mais escura a coloração (vermelha) maior a quantidade (ppm) de cloro existente na água e vice-versa. O analisador converte a leitura colorimétrica em sinal de corrente elétrica (4 a 20 mA), que controla a bomba dosadora de cloro via CLP.

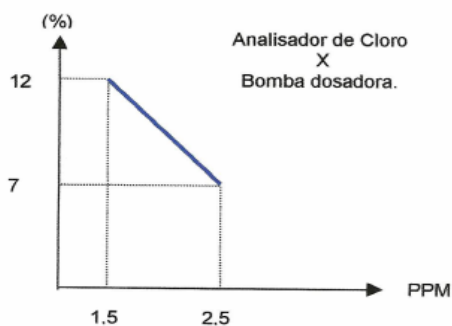
O sistema analisador e a bomba dosadora de cloro entram em funcionamento somente quando a bomba B1 estiver em operação. O resultado da análise de cloro é emitido via CLP para a bomba dosadora. A cada 2 minutos uma nova amostra de água é solicitada e a análise e correções se repetem continuamente, com a aplicação de cloro na água através da bomba dosadora.

A água analisada retorna ao sistema antes do ponto de coleta. No intervalo, de tubulação entre a água coletada e seu retorno ao sistema, existem vários desvios na tubulação, ocasionando um turbilhão. Desta forma, a mistura água e cloro são mais homogêneos.

O nível do reservatório de cloro e dos reagentes do analisador é verificado diariamente por uma pessoa responsável e se estiverem com nível baixo são abastecidos até o limite máximo especificado nos próprios reservatórios.

A resposta da dosagem em função da análise é explicada na figura abaixo.

Figura 11 – Gráfico de Dosagem de Cloro



Segue abaixo a figura e as características técnicas da Analizador de Cloro.

Figura 12 – Analizador de Cloro modelo Digimed AI-CL2



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
ANALISADOR	AI-CL2
Aplicação	Cloro livre ou total
Faixa de medição , mg/L	0 a 5 / 0 a 11
Resolução	0,01
Precisão relativa	0,2 % (fe)
Pressão de amostra (min/max)	10 / 120 psi
Temp. da amostra	15 a 45 °C
Fluxo da amostra	70 mL/min
Consumo de Buffer	500mL / 30 dias
Consumo de DPD	500mL / 30 dias
TRANSMISSOR	
Saída analógica	Duas de 4 a 20 mA
Saída digital	RS485
Resistência de linha	1 K Ω
CONTROLADOR	
ON-OFF/PWM	2 contatos NA (1A / 250 Vca)
P+I+D	2 saídas independentes
GERAL	
Grau de proteção	IP-67
Dimensões (LAP), mm	333 x 413 x 145
Alimentação elétrica	90 a 240 Vca (50/60 Hz)
Potência consumida	2,5 VA
Peso	14Kg

6.2.3.3 - Sistema de Análise e Aplicação de Flúor

O conjunto é composto por analisador, reservatório de flúor e bomba dosadora.

O sistema de análise e aplicação do flúor está localizado antes da água entrar no reservatório 01. A amostra de água chega até o analisador de flúor através de um desvio de tubulação com o diâmetro menor do que o principal.

O sistema analisador de flúor tem como princípio de análise o método potenciométrico.

O processo utiliza o reagente Tissab III (Total Ativador de Força Iônica) que ao reagir com a água ioniza-a dando referência a dois eletrodos, um de medida íon fluoreto e o outro de referência onde a proporção de íons é correspondida em um sinal de corrente de saída

analógico (4-20mA). Desta forma o sinal enviado do analisador ao CLP é processado solicitando para a bomba dosadora de flúor a dosagem necessária para a correção solicitada.

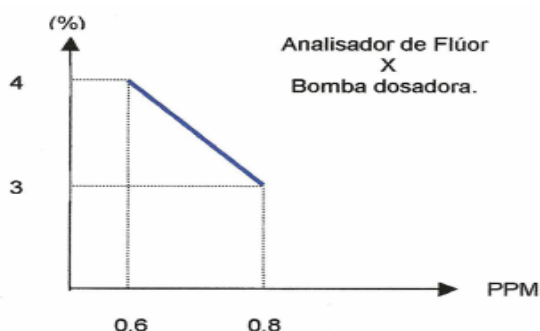
O sistema analisador e a bomba dosadora de flúor entram em funcionamento somente quando a bomba B1 estiver em operação. A cada 2 minutos uma nova amostra de água é solicitada e a análise e correções se repetem continuamente, com a aplicação de flúor na água através da bomba dosadora.

A água analisada retorna ao sistema antes do ponto de coleta. No intervalo, de tubulação entre a água coletada e seu retorno ao sistema, existem vários desvios na tubulação, ocasionando um turbilhão. Desta forma, a mistura água e flúor são mais homogêneos.

O nível do reservatório de flúor e dos reagentes do analisador é verificado diariamente por uma pessoa responsável e se estiverem com nível baixo são abastecidos até o limite máximo especificado nos próprios reservatórios.

A resposta da dosagem em função da análise é explicada na figura abaixo.

Figura 13 – Gráfico de Dosagem de Flúor



Segue abaixo a figura e as características técnicas da Analisador de Flúor.

Figura 14 – Analisador de Flúor modelo Digimed AI-FL2



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

ANALISADOR	AI-FL2
Aplicação	Flúor
Faixa de medição	0 a 100 mg/L
Resolução	0,01
Precisão relativa	0,01 % (fe)
Pressão de amostra (min/max)	10 / 120 psi
Temp. da amostra	15 a 45 °c
Fluxo da amostra	70 mL/min
Consumo de Reagente	500mL / 20 dias
TRANSMISSOR	
Saída analógica	Duas de 4 a 20 mA
Saída digital	RS485
Resistência de linha	1 K Ω
CONTROLADOR	
ON-OFF/PWM	2 contatos NA (1A / 250 Vca)
P+I+D	2 saídas independentes
GERAL	
Indicação local	Display alfanumérico de 2 Linhas x 16 Caracteres
Grau de proteção	IP-67
Dimensões (LAP), mm	333 x 413 x 145 mm
Alimentação elétrica	90 a 240 Vca (50/60 Hz)
Potência consumida	2,5 VA
Peso	14Kg

6.2.4 - SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O reservatório de distribuição de água tem como finalidade:

Garantir a quantidade da água, regularizar as diferenças entre o abastecimento e o consumo;

Melhorar as condições de pressão da água na rede de distribuição.

6.2.4.1 - Sistema de Pressurização

O sistema de pressurização e abastecimento de água é composto das seguintes partes:

Bomba inserida na rede;

Inversor de Frequência;

Transdutor de Pressão.

A distribuição de água deve atender uma pressão mínima de abastecimento de 10MCA, além das especificações técnicas quanto ao tratamento. Nos reservatórios de água situados acima do nível do consumidor, a própria gravidade se encarrega de inserir pressão de rede. Porém, se o consumidor situa-se em uma altitude onde a gravidade não é capaz de atender as exigências mínimas de pressão, utiliza-se o recurso da pressurização da rede de abastecimento.

Esta pressurização é realizada por meio de um circuito realimentado, utilizando uma bomba B4 (Inserida na rede), um transdutor de pressão e um inversor de frequência.

A pressão da água na tubulação é medida através de um transdutor de pressão que utiliza o mesmo princípio de medição do transdutor de nível, porém este é conectado em um orifício na rede de abastecimento. O transdutor converte a pressão medida em um sinal de corrente (4 a 20mA) diretamente proporcional. O CLP reconhece o sinal, envia o comando para a redução ou aumento da frequência do inversor. Desta forma a bomba B4 opera em uma velocidade variável, porém suficiente para manter a pressão mínima estabelecimento na rede de distribuição.

Dados técnicos bomba (B4);

Bomba: LEÃO EC1-4;

Potência: 3 HP;

Voltagem: 220 V;

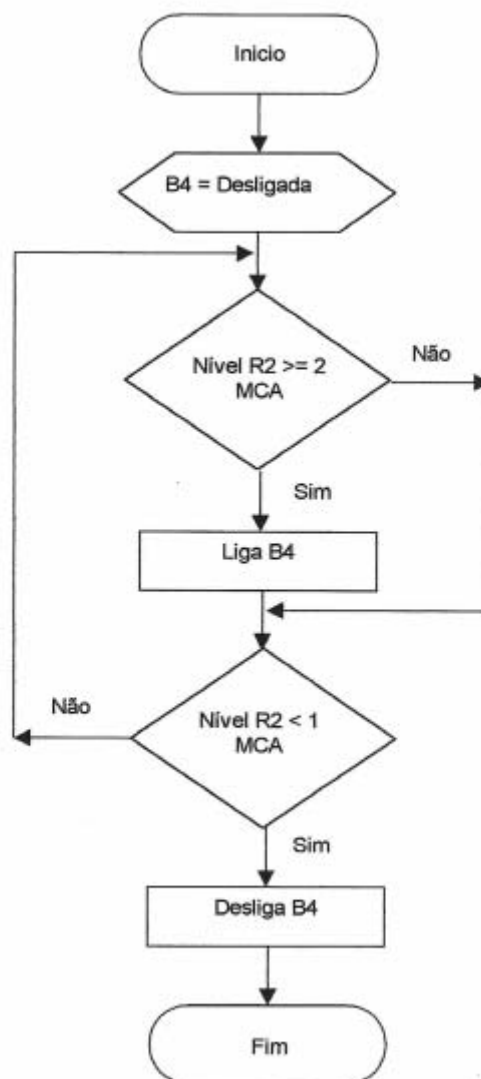
Corrente: 11 A;

Vazão: 8 metros cúbicos por hora

Tubulação de recalque: diâmetro 75 mm

Para melhor entendimento do funcionamento da bomba B4, segue o fluxograma de comando, conforme figura abaixo.

Figura 15 – Fluxograma de comando – B4



6.2.4.2 - Inversor de Frequência

Os inversores de frequência são dispositivos que possui o objetivo de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico, gerando uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis.

Segue abaixo a figura e as características técnicas do Inversor de Frequência.

Figura 16 – Inversor de Frequência modelo Siemens G110



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Faixas de tensão	200 - 240 V, +/- 10%, 1 AC
Faixas de potência	0,16 a 4,0 CV (0,12 a 3,0kW)
Temperatura de operação	-10°C a +40°C
Tipos de controle	Característica V/f, característica multiponto
Entradas	3 entradas digitais; opção com entrada analógica;
Saídas	1 saída a relé
Comunicação com a automação	O conversor parceiro para o LOGO! e SIMATIC S7-200

6.2.4.3 - Transdutor de Pressão

O transdutor de pressão é o componente básico para a medida da pressão invasiva.

O transdutor tem a função de receber uma pressão mecânica sobre a sua superfície e transformar em um sinal elétrico, que será tratado e utilizado pelo equipamento de monitoração.

Segue abaixo a figura e as características técnicas do Transdutor de Pressão.

Figura 17 – Transdutor de pressão modelo PTX 1000



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Ranges de Pressão:	0 a 1 até 0 a 1000 PSI
Sinal de Saída em corrente:	4 - 20 mA
Precisão:	0,15% FE BSL
Tensão de Alimentação:	9 - 30 Vdc
Range de Temperatura de Operação:	-40 °C a 80°C
Conexão Elétrica:	Conector DIN com prensa cabos
Material do Corpo:	Aço Inox 316
Princípio de Medição:	Transdutor piezo-resistivo
Sobre-pressão admissível:	Até 2 vezes o FE
Resistência de isolamento:	> 10 M Ω @ 500 Vdc
Proteção:	Contra inversão de polaridade

6.2.4.4 - Medidor de Vazão

Medidores de vazão eletromagnéticos medem a vazão de líquidos eletricamente condutivos.

O medidor de vazão eletromagnético consiste de um elemento primário, que é instalado na linha de dutos, e um conversor de sinais.

O projeto compacto tem um conversor de sinais montado diretamente no elemento primário.

Para sistemas com campo CC pulsante, as bobinas de campo de elemento primário que geram o campo magnético são energizadas por uma corrente contínua pulsante de um conversor de sinais.

O sinal de medição é uma tensão de onda quadrada de mesma frequência.

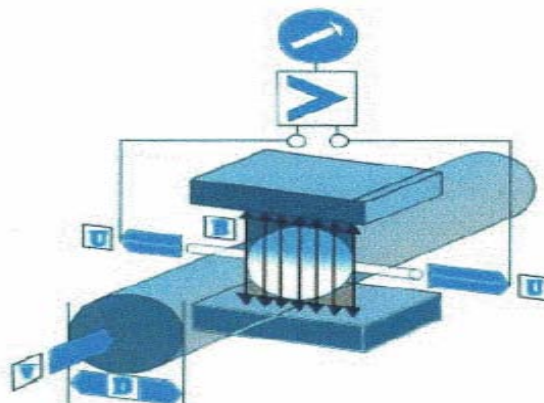
Estes sistemas produzem erros de medição extremamente pequenos.

O sinal da tensão induzida é coletado por dois eletrodos de medição em contato condutivo com o meio ou indiretamente por acoplamento capacitivo. Um conversor de sinal amplifica e converte um sinal padrão analógico (ex: 4 a 20 mA) e um sinal de frequência (ex: 1 pulso para cada galão americano ou metro cúbico do fluido que passa através do tubo de medição).

Para assegurar que a tensão não está em curto-circuito pela parede do tubo, o tubo de medição é feito de material isolante ou equipado com revestimento isolante.

A medição é bastante independente do perfil do fluxo e outras propriedades do meio, tais como a pressão, temperatura, viscosidade, densidade, consistência, condutividade elétrica, e contaminação do eletrodo.

Figura 18 – Medidor de Vazão Eletromagnético

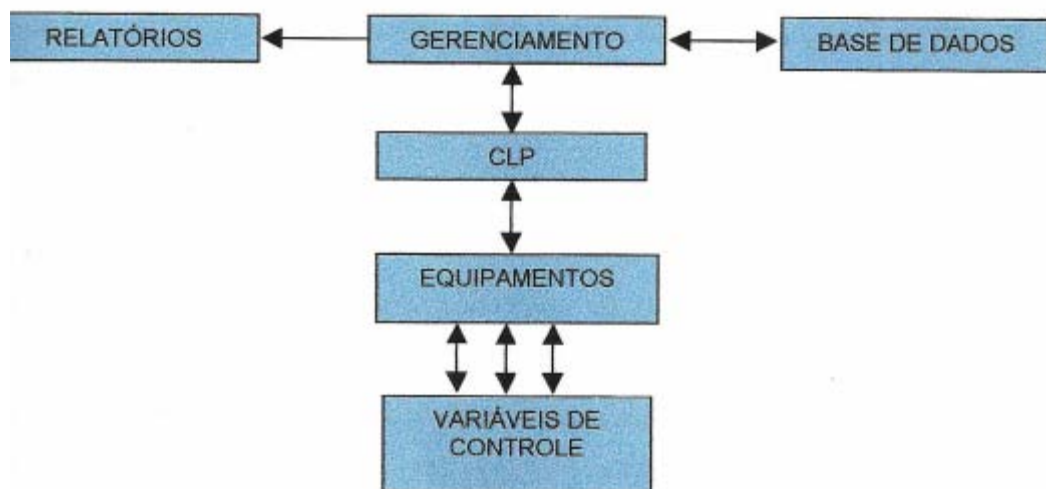


7 - SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO

A indústria tem optado pela utilização de microcomputadores para implementar uma interface gráfica entre o operador de processo e os equipamentos específicos, os CLP's, Softwares, ou também conhecido simplesmente como Supervisórios são sistemas executados em ambiente operacional Windows 95/98/NT que permitem a criação de aplicativos de supervisão, controle e aquisição de dados nas mais diversas áreas de atividades industriais, possibilitando a operação e visualização dos processos através de telas gráficas, independente do tamanho da planta. Através da coleta de informações de equipamentos externos, podem-se apresentar dados em tempo real e de forma gráfica ao operador tais como relatórios, gráficos de tendência, alarmes, imagens para a visualização em tempo real, etc.

A interface para o operador é feita de forma simples e rápida. São disponíveis animações, displays, botões, etc., que são associados com as variáveis de campo. Em geral podem ser utilizados desenhos gerados em outros editores gráficos, além das bibliotecas gráficas de desenhos fornecidas com o software de supervisão, de modo a facilitar a criação de sinóticos, fluxo de informações representado conforme figura abaixo.

Figura 19 – Fluxo de Informações



7.1 HARDWARE E SOFTWARE DO CLP

7.1.1 Introdução

O controlador lógico programável – CLP – é um microcomputador de propósito específico dedicado para o controle de processos. Os CLP's foram desenvolvidos para o controle de sistemas com entradas e saídas binários (de dois estados apenas: ligado – desligado, alto – baixo, etc.), porém, hoje tem adquiridos muitas outras funções com alta confiabilidade, como é o caso de tratamento de sinais analógicos, controle contínuo multi-variáveis, controle de posição de alta precisão, etc.

Os CLP's nasceram para substituir reles na implementação de intertravamentos e controle sequencial se especializado no travamento de variáveis digitais.

O CLP trabalha olhando suas entradas e dependendo de seu estado, liga / desliga suas saídas. O usuário incorpora um programa, geralmente através do software, para assim obter resultados desejados.

Os CLP's são frequentemente definidos como miniaturas de computadores industriais que contém um hardware e um software que são utilizados para realizar as funções de controles. Um CLP consiste em duas seções básicas: a unidade central de processamento (CPU - Central Processing Unit) e a interface de entradas e saídas do sistema. A CPU, que controla toda a atividade do CLP, pode ser dividida em processador e sistema de memória. O sistema de entradas e saídas são conectados fisicamente nos dispositivos de campo (Interruptores, sensores, etc.) e provém também de uma interface entre a CPU e o meio externo.

Operacionalmente a CPU lê os dados de entradas dos dispositivos de campo através da interface de entrada, e então executa, ou realiza os controles de programa que tinham sido armazenados na memória. Os programas são normalmente realizados na linguagem Ladder, a linguagem que mais se aproxima de um esquema elétrico baseados em reles, e são colocados na memória da CPU em forma de operações. Finalmente, baseado no programa, o CLP escreve ou atualiza as saídas atuando nos dispositivos de campo. Este processo, também conhecido como ciclo, continua na mesma sequência sem interrupções, ou mudanças, apenas quando as mudanças são realizadas através de comandos de programa.

7.1.2 - Estrutura do CLP

Um CLP é um equipamento eletrônico constituído de três partes básicas: Entradas, Saídas e CPU, conforme diagrama em blocos abaixo.

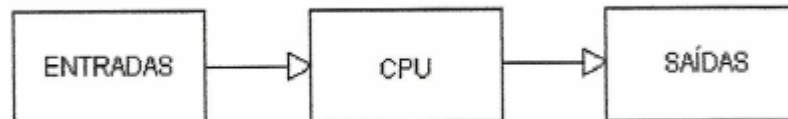
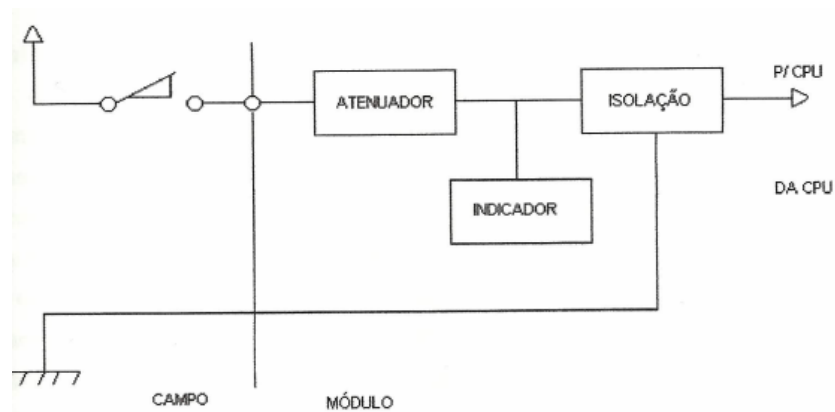


Figura 20 – Diagrama em blocos de um CLP

7.1.2.1 – Entradas

Trata-se da parte do sistema responsável pela aquisição dos sinais provenientes de sensores, limites, botoeiras, etc. Os módulos de entrada compatibilizam as tensões de comando disponíveis no campo (24 Vcc, 110 Vca, etc.) com os níveis digitais utilizados pela CPU. Estes módulos promovem ainda uma isolação (geralmente óptica) entre a alimentação de comando e os sinais internos do sistema CLP, de forma a evitar danos causados por problemas provenientes de campo. Em geral, os módulos de entradas são elementos simples que na maioria dos casos trata os sinais digitais, isto é, sinais do tipo ligado/desligado. Cada sinal deste tipo é conectado a um borne de entrada. Um sensor de porta aberta, por exemplo, é um sinal digital de entrada: porta fechada = sensor on.

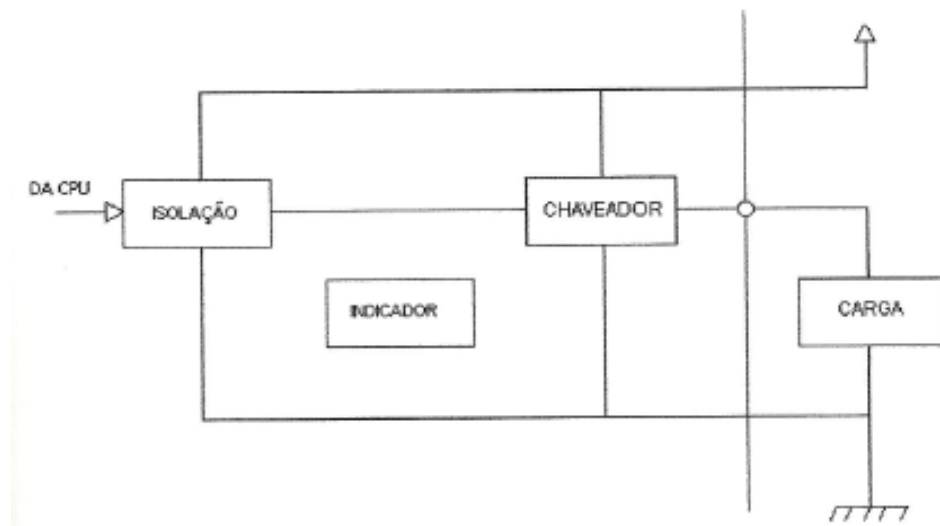
Figura 21 – Ponto de Entrada



7.1.2.2 – Saídas

São elementos responsáveis pela atuação do sistema CLP no processo controlado. Em geral são módulos simples, que entendem os sinais lógicos da CPU transformando-os em sinais compatíveis com o campo (24 Vcc, 110 Vca, etc.). Nesta conversão de níveis, costuma-se encontrar também a isolação (geralmente óptica) para preservar a CPU. Assim como os módulos de entrada, os módulos de saída costumam apresentar uma eletrônica simples, tratando somente de sinais digitais do tipo ligado/desligado.

Figura 22 – Ponto de Saída



7.1.2.3 – CPU

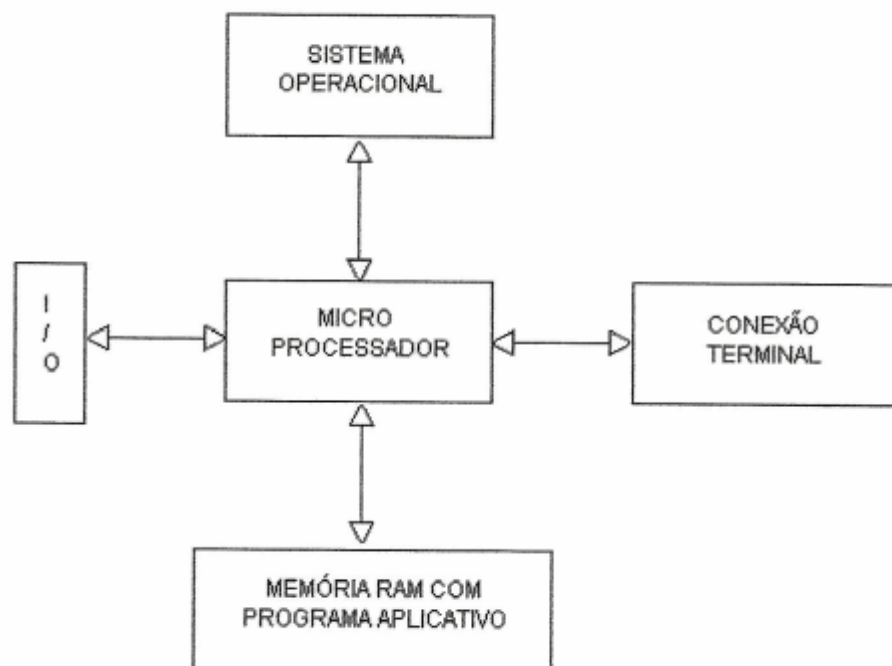
É o centro do sistema CLP. Dentro da CPU está armazenado o programa aplicativo e as configurações básicas, isto é, toda a inteligência necessária ao sistema.

A CPU é responsável pela leitura da entrada, comparação com o programa aplicativo, e escritas das saídas. A grande maioria dos sistemas CLP executa esse processo continuamente enquanto estiver no modo operação. Atualmente as CPU's são compostas por microprocessadores (em alguns casos, vários deles trabalhando em conjunto),

mecanismo para comunicação com os dispositivos de entrada e saída, além de todo o suporte para a conexão com os terminais de programação.

Os programas são armazenados na memória RAM das CPU's que é mantida por bateria ou capacitor em caso de queda de energia. Em muitos casos a CPU pode acondicionar chips de memória EPROM para o backup da memória RAM. É comum também encontrar indicadores de diagnósticos (led's) no painel frontal da CPU, informando o estado geral do equipamento. O diagrama em blocos abaixo mostra uma CPU típica.

Figura 23 – CPU



7.1.3 – Dimensionamento

O dimensionamento do CLP é baseado nas variáveis de entrada e saída que controlará no sistema. Um sistema a ser automatizado, deve ter, portanto, estas variáveis bem definidas. Neste sistema são:

Tabela 1 – Variáveis de Entrada e Saída

Saídas Digitais	Bomba submersa B1
	Bomba recalque B2
	Bomba recalque B3
	Válvula eletromecânica
Entradas Digitais	Sensor de extravazão 1
	Sensor de extravazão 2
	Válvula eletromecânica
	Bomba dosadora de cloro
	Bomba dosadora de flúor
Saídas Analógicas	Bomba dosadora de cloro
	Bomba dosadora de flúor
	Inversor de frequência
Entradas Analógicas	Transdutor de corrente (TC) B1
	Transdutor de corrente (TC) B2
	Transdutor de corrente (TC) B3
	Analisador de cloro
	Analisador de flúor
	Transdutor de nível - Reservatório 1
	Transdutor de nível - Reservatório 2
	Transdutor de pressão
	Medidor de vazão - Saída pressurizada
	Medidor de vazão - Saída por gravidade

Adotou-se uma estrutura de CLP com uma CPU, 8 saídas digitais, 8 entradas digitais, 4 saídas analógicas, 12 entradas analógicas e fonte de 24 Vcc para alimentação de entradas e saídas.

7.1.3 – CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES

Para automação do sistema utilizou-se um CLP na marca ATOS da família MPC4004, conforme figura abaixo.

Figura 24 – CLP ATOS modelo MPC4004

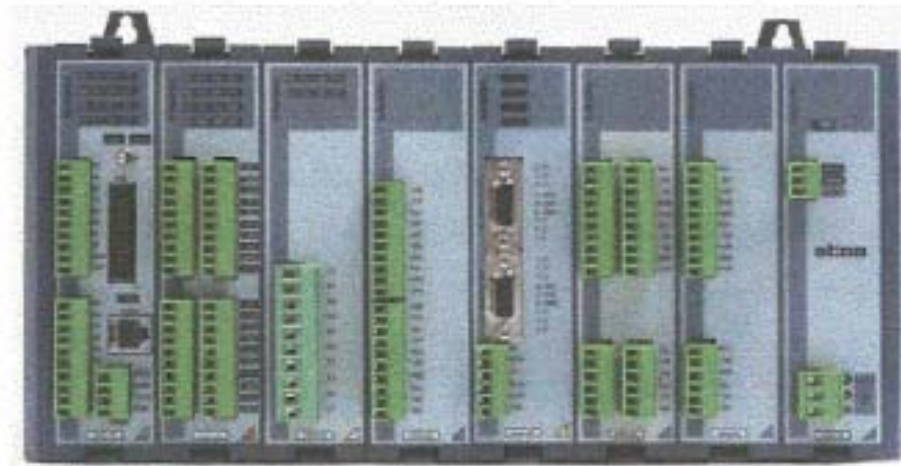


Tabela 2 - Especificação do CLP

Modelo 4004.24	BASTIDOR DE 04 SLOTS
Modelo 4004.02	CPU NVRAM 8E/8S "P" 24 Vcc
Modelo 4004.61/A	EXPANSÃO ANALÓGICA 4E (TENSÃO ou CORRENTE) e 4S (CORRENTE) 0 a 20 mA
Modelo 4004.62G	EXPANSÃO ANALÓGICA 8E (TENSÃO ou CORRENTE) 0 a 10 Vcc / 0 A 20 mA
Modelo 4004.24	FONTE DE ALIMENTAÇÃO CHAVEADA 93 A 250 Vca c/ 24 Vcc AUXILIAR

7.1.3.4 - SOFTWARE

O software empregado neste projeto é o Citect. Este software foi desenvolvido tendo como objetivo a flexibilidade para se adaptar a qualquer aplicação industrial. Possui uma linguagem de programação simples, estruturada, similar à linguagem C, projetado especialmente para aplicações de controle e monitoração.

A implementação do sistema Citect permite ao usuário monitorar e controlar as informações em tempo real, definido comandos que executem tarefas específicas tais como: partir e parar as máquinas, reconhecer alarmes e gerar relatórios.

A aplicação será operada através de teclado e mouse localizado no servidor do Citect. O Citect trabalha em ambiente windows e utilizam as características do windows graphical users interface, telas gráficas, botões e cursor em forma de seta movimentado pelo mouse.

7.1.5 - LINGUAGEM LADDER

A linguagem Ladder é destinada a programação de CLP's, sendo a mais utilizada e estando presente em praticamente todos os CLP's disponíveis no mercado. Por ser uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhante aos encontrados nos esquemas elétricos, as possíveis diferenças existentes entre os fabricantes de CLP's quanto a representante das instruções, são facilmente assimiladas pelos usuários, conforme figura abaixo.

Figura 25 – Simbologia Ladder

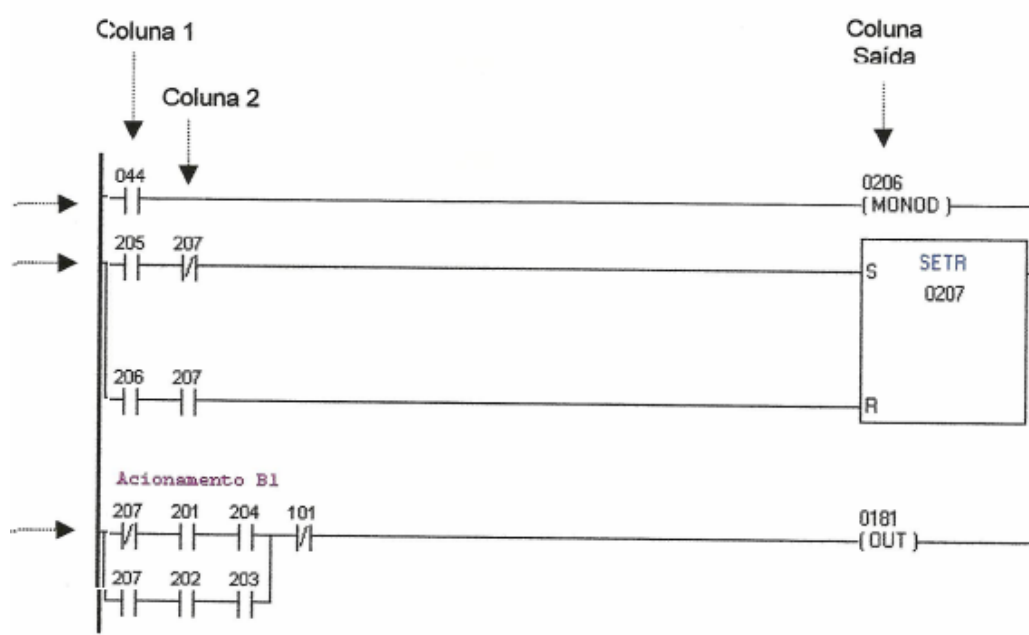


O nome Ladder deve-se a representação da linguagem se parecer com uma escada (ladder), no qual duas barras verticais paralelas são interligadas pela lógica de controle, formando os degraus (Rungs) da escada. Por tanto, a cada lógica de controle existente no programa de aplicação denomina-se rung, a qual é composta por colunas e linhas.

Cada elemento (contato ou bobina) da lógica de controle representa uma instrução de linguagem ladder, sendo alocada em um endereço específico e consumindo uma quantidade determinada de memória disponível para armazenamento do programa de aplicação, conforme a CPU utilizada. Um mesmo símbolo gráfico de linguagem ladder pode representar instruções diferentes, dependendo da localização na lógica de controle.

A figura abaixo exemplifica um programa em linguagem ladder.

Figura 26 – Instruções em linguagem ladder



7.2 - SOFTWARE E HARDWARE DO SISTEMA DE SUPERVISÃO

7.2.1 – Software

O software empregado neste projeto é o Citect. Este software foi desenvolvido tendo como objetivo a flexibilidade para se adaptar a qualquer aplicação industrial. Possui uma linguagem de programação simples, estruturada, similar à linguagem C, projetado especialmente para aplicações de controle e monitoração.

A implementação do sistema Citect permite ao usuário monitorar e controlar as informações em tempo real, definindo comandos que executam tarefas específicas tais como: partir e parar as máquinas, reconhecer alarmes e gerar relatórios.

A aplicação será operada através de teclado e mouse localizado no servidor do Citect. O Citect trabalha em ambiente windows e utiliza as características do windows graphical users interface, telas gráficas, botões e cursor em forma de seta movimentado pelo mouse.

7.2.2 - COMUNICAÇÃO DE HARDWARE DE CONTROLE

O sistema de reserva e recalque de água será controlado e monitorado por um sistema de interface com o operador, instalado em um único computador que irá se comunicar com o CITECT.

O Software Citect tem a interface com a planta através do seguinte hardware:

- CLP ATOS família MPC4004

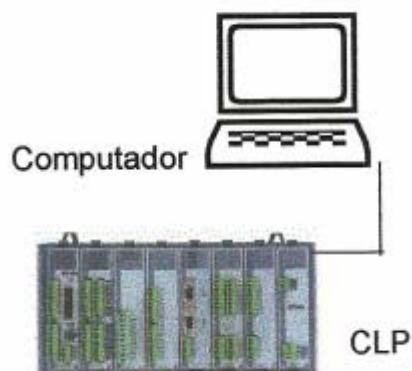
Deverá possuir a seguinte configuração mínima:

- Pentium III 550 MHZ Processador;
- 10 Gigas bytes de Hard Disk;
- 64 Mbytes de memória RAM;
- Sistema operacional Windows NT 4.0 ou Windows 2000;
- Monitor com resolução de (1024 x 768) pixels;
- Cartão controlador gráfico com 2 Mbytes de RAM;
- Teclado padrão com 101 teclas.

7.2.3 - CONEXÃO DE HARDWARE

- O servidor do Citect está conectado ao CLP via cabo serial.
- O layout do hardware está apresentado na figura abaixo.

Figura 27 – Layout de Hardware

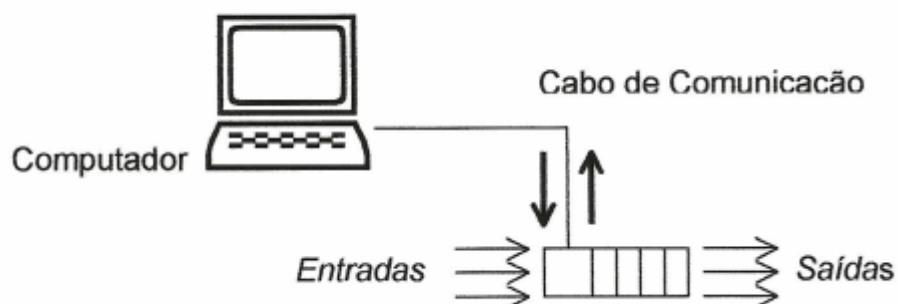


7.2.4 - SETUP DE COMUNICAÇÃO

O Citect pode se comunicar com qualquer dispositivo de I/O de controle ou monitoração que tenha uma porta de comunicação ou uma via de dados de alta velocidade, como CLP, controladores de malha, leitores de códigos de barra, analisadores científicos, etc.

O software Citect se comunica diretamente com os dispositivos de I/O localizados no chão de fábrica, conforme figura abaixo.

Figura 28 – Dispositivo de Entrada e Saída



7.2.5 - COMANDOS E CONTROLES

Os comandos e controles permitem ao operador interagir com o sistema de Run Time do Citect, determinar privilégios e áreas específicas para os comandos e controles.

Existem 3 tipos de comandos e controles:

Slider Controls: os operadores usam para alterar valores das variáveis analógicas.

Touch Commands: os operadores emitem o comando quando operam sobre objetos com o cursor do mouse.

Keyboard Commands: os operadores emitem comandos digitando instruções no teclado.

7.2.6 – ALARMES

A parte do Citect que trata de alarmes está sempre a monitorar os equipamentos e alertar os operadores sobre qualquer condição de falha ou alarme.

O Citect suporta 2 tipos de alarmes:

- **Alarmes de Hardware:** executa continuamente rotinas de diagnósticos para verificar equipamentos periféricos, tais como I/O Devices. Todas as falhas são reportadas automaticamente ao operador. Esta característica está totalmente integrada no Citect não necessitando de nenhuma configuração.

- **Alarmes Configurados:** diferentes dos alarmes de hardware, devemos configurar os chamados alarmes configurados, que reportam condições de falha no processo (por exemplo, quando um nível de tanque está muito alto ou quando um motor opera com sobre carga).

7.2.7 – RELATÓRIOS

Os relatórios podem ser emitidos sob solicitação, em tempos regulares ou quando ocorrem determinados eventos (tal como troca de estado de uma variável). Os relatórios podem ser produzidos no formato RFT (Rich Text Format).

Como haverá monitoramento online será possível à impressão de relatórios do status do processo e do seu histórico.

7.2.8 – SEGURANÇA

Na grande maioria das aplicações os operadores irão emitir comando quando for requerido. Entretanto, podem existir comandos que necessitam de alguma restrição e não podem estar disponíveis para todos os operadores, por exemplo: comandos que operam máquinas especializadas, reconhecimento de alarmes críticos, a impressão de relatórios confidenciais. O perfil usuário definido no banco de dados irá nos fornecer esta segurança. O usuário pode ser restringido de visualizar ou operar partes do processo onde existe restrição a ele.

Tão importante quanto fazer a segurança do sistema, é fornecer também meios de segurança para o Citect. Por exemplo: se for necessário não deixar que os operadores acessem outro aplicativo windows quando o sistema estiver sendo executado.

8 – RESULTADOS

O principal benefício técnico, funcional e operacional nos processos industriais de tratamento da água para abastecimento público decorrente da introdução de equipamentos de controle automatizado são a possibilidade de um melhor acompanhamento das variações destas condições e, em particular, das que seguem abaixo:

- Funcionamento uniforme dos equipamentos mesmo sob condições severas de variação da qualidade da água bruta.

- Redução da quantidade de energia elétrica usada para a mesma quantidade de água tratada e ao final, uma representativa redução de custos.

- Iniciar uma discussão sobre automatização funcional dos equipamentos utilizados em estações de tratamento de água, objetivando não só a produção de água dentro dos padrões previsto na legislação, como também a minimização de problemas operacionais.

Essas mudanças alteram também, as tarefas individuais dos funcionários permitindo a estes atuarem em realidades mais complexas, sendo que, agora passam a ser mais estimulados e, portanto, mais exigidos em suas competências, ou seja:

- Visão Sistêmica.
- Envolvimento com outras áreas.
- Capacitação Técnica

9 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Após um longo tempo de acompanhamento e estudo na estação de tratamento de água, concluímos que com o sistema automatizado obtivemos inúmeros ganhos devido à tecnologia do CLP, onde se tem a possibilidade de se eliminar parte considerável de cabos e painéis elétricos.

Essa tecnologia, também permitirá que os operadores possam atuar de forma rápida no processo de manutenção, pois o supervisor indicará os erros através de alarmes e relatórios.

Na parte experimental foi utilizado um CLP modelo ATOS da família MPC4004, este CLP foi escolhido devido ao baixo custo comparado com seus concorrentes, e também, devido ao mesmo ser um equipamento bem sucedido em outros projetos.

Com sua programação simples, foi utilizada a linguagem LADDER, por ser uma linguagem gráfica baseadas em símbolos semelhantes aos esquemas elétricos.

Observamos que mesmo com uma melhora significativa da nossa água tratada, ainda podemos sofrer com o resultado final da mesma, pois falta o equipamento de controle do pH da água, que é indispensável para um processo eficaz de tratamento de água.

Na avaliação final a automatização da estação de tratamento de água mostrou-se eficiente corroborando a hipótese inicial deste trabalho.

REFÊRENCIAS

- Lawrence H. Van Vlack ;Princípios de Ciência e Tecnologia Dos Materiais. 4º edição - Editora Campus.

- João Cardoso Pereira Netto; temas - Física, Matemática e Química. 1º 2º e 3º volume - 1ª edição - Editora Brasil, 2003.

- Mecânica dos Fluidos e Hidráulica; Coleção Schaum. - Editora McGRAW-HILL do Brasil, Ltda.

- Tecnologia Hidráulica Industrial (Apostila M20001-2 BR).

http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/como_funciona_estacao_pop1306x940.shtml

[http://www.infopedia.pt/\\$estacao-de-tratamento-de-aguas](http://www.infopedia.pt/$estacao-de-tratamento-de-aguas)

http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=tratamento.htm

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D76872.htm

São José dos Campos, ____ de _____ de 2012.

Assinatura do Estudante

Estudante

Anderson dos Reis Gomes

Anunciação

Assinatura do Estudante

Estudante

Vagner Pastor

Orientador

José Ricardo Abalde Guede