

**Flavio Carneiro Maeda
Luciano Cavallini Cyrillo**

“Veículo de Limpeza Industrial”

Trabalho final apresentado aos
coordenadores do curso de PMC
581 - Projeto Mecânico II do
departamento de engenharia
mecânica da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo.

**São Paulo
1998**

9,5 (nove e cinco)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. J. M.', written over a large, loopy circular flourish.

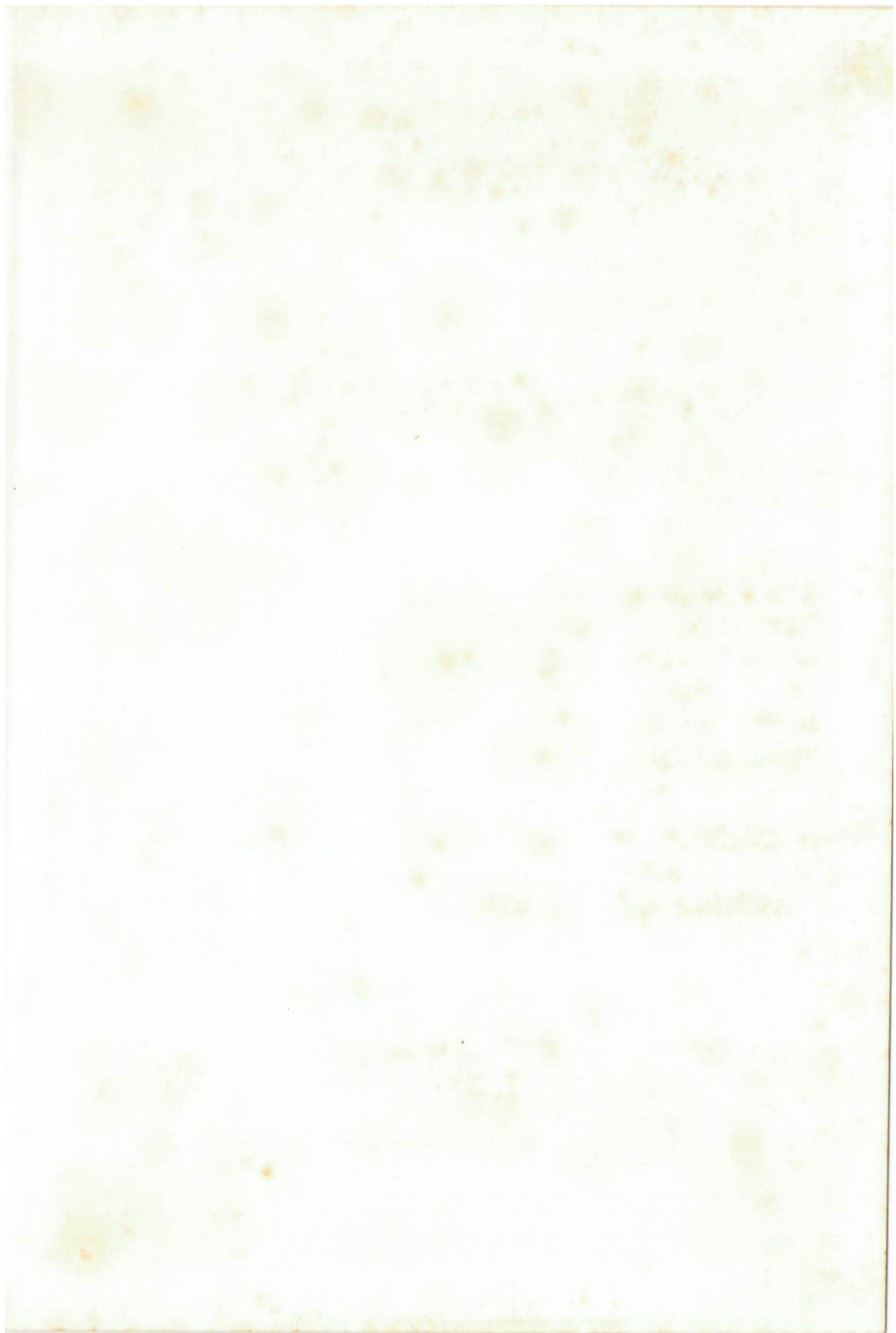
**Flavio Carneiro Maeda
Luciano Cavallini Cyrillo**

“Veículo de Limpeza Industrial”

Trabalho final apresentado aos
coordenadores do curso de PMC
581 - Projeto Mecânico II do
departamento de engenharia
mecânica da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo.

Área: Engenharia Mecânica -
Automação e Sistemas
Orientador: Prof. Lucas Moscato

**São Paulo
1998**



“Complete nossas imperfeições com suas reflexões”

Fala de um personagem da peça “O Teatro é um Veneno”

Agradecimentos:

- à indústria Gessy Lever que cedeu os materiais necessários para a realização do projeto.
- ao professor Lucas Moscato que orientou e colaborou no desenvolvimento do trabalho.
- às nossas famílias que nos deram todo o suporte e condições para que pudéssemos atingir mais este objetivo.

Índice

1. MOTIVAÇÃO DO PROJETO:	1
2. CONFIGURAÇÕES DO EQUIPAMENTO:	2
3. EQUIPAMENTO COM TANQUE:	3
3.1. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO:	3
3.1.1. Carro:	5
3.1.2. Tanque:	5
3.1.3. Painele Elétrico:	5
3.1.4. Válvula Borboleta Manual:	5
3.1.5. Bomba Centrífuga:	5
3.1.6. Bombas Peristálticas:	6
3.1.7. Bombonas de produto:	6
3.1.8. Conexão de entrada de água:	6
3.1.9. Conexão de retorno de solução:	6
3.1.10. Conexão de recalque de solução:	6
3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE LIMPEZA CIP:	7
3.3. ESTUDO DA AUTOMAÇÃO DO EQUIPAMENTO COM TANQUE:	12
3.3.1. Fluxograma - Enxágüe - Circuito Aberto:	13
4. EQUIPAMENTO SEM TANQUE:	15
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O EQUIPAMENTO SEM TANQUE:	17
4.2. FLUXOGRAMA DO EQUIPAMENTO SEM TANQUE:	19
4.3. PONTOS DE I/O DO PLC PARA O EQUIPAMENTO SEM TANQUE:	20
4.3.1. Saídas Digitais:	20
4.3.2. Entradas Digitais:	20
4.4. DESENHO REPRESENTATIVO DO EQUIPAMENTO SEM TANQUE:	21
4.5. DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO:	22
4.6. FLUXOGRAMA DO PROCESSO:	25
4.6.1. Enxágües:	25
4.6.2. Dosagem de Produtos:	26
5. ESTUDO DE VIABILIDADE:	28
6. SIMULAÇÃO:	29
6.1. PROCEDIMENTO PARA A SIMULAÇÃO:	29
6.2. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE:	35
6.2.1 Software de Automação:	35

6.2. IMPLEMENTAÇÃO, TESTES E SIMULAÇÃO DO SOFTWARE:	38
7. RESULTADOS E CONCLUSÕES:.....	39
ANEXO I - LISTAGEM DO SOFTWARE:.....	41
ANEXO II - DIAGRAMAS ELÉTRICOS:	65
BIBLIOGRAFIA.....	71

Índice de Figuras

3.1 - VISTA LATERAL CIP MÓVEL	3
3.2 - VISTA SUPERIOR CIP MÓVEL	4
3.3 - CIRCUITO ABERTO E FECHADO	7
3.4 - NUMERAÇÃO DAS VÁLVULAS ENVOLVIDAS NO PROCESSO.....	12
4.1 - FLUXO DO EQUIPAMENTO SEM TANQUE	19
4.2 - DESENHO DO CIP SEM TANQUE	21
6.1 PROTÓTIPO INSTALADO NO CIS-POLI	32
6.2 - VISTA SUPERIOR PROTÓTIPO - PLANTA	33
6.3 - VISTA FRONTAL DO PROTÓTIPO	34
6.4 - MFG DO SISTEMA	36

1. Motivação do Projeto:

O projeto consiste na Automação de um equipamento utilizado para a Limpeza CIP (Cleaning In Place) de instalações produtivas em Indústrias Alimentícias e Engarrafadoras em geral. Este sistema, mundialmente utilizado e conhecido no Brasil por Sistema CIP Móvel, vem sendo implementado no país pela DiverseyLever, uma Divisão das Indústrias GessyLever, com algumas unidades em pleno uso em empresas como Kibon, Brahma, Revlon, e outras. Este equipamento, ainda pouco utilizado no Brasil, mas com forte apelo pelo mercado acima citado, pelo fato de ser móvel e poder ser adaptado em diversas instalações em uma mesma fábrica, apresenta algumas dificuldades de operação, visto que, no momento, somente estão automatizados os tempos de dosagem e circulação da solução de limpeza. Todas as operações de abertura e fechamento de válvulas, acionamento das bombas, controle de nível no tanque de preparação da solução etc, são feitos pela ação direta do operador do equipamento, ou seja, manualmente. Por consistir de um processo que requer muitas operações em sequência, em cada etapa do mesmo, há a necessidade do operador estar muito bem treinado e familiarizado, com a operação do equipamento, o que acaba dificultando a propagação do mesmo nos clientes ou induzindo ao desuso progressivo dos equipamentos em campo.

A proposta, portanto, é implementar a automação deste equipamento de forma a eliminar ao máximo a intervenção do operador na condução das etapas e operações do processo de higienização, sem contudo, diminuir a versatilidade do equipamento, a qual é a sua maior vantagem comercial em relação aos sistemas CIPs convencionais, fixos e dedicados a uma só instalação produtiva.

2. Configurações do Equipamento:

Será descrito com detalhes à seguir, duas configurações existentes atualmente deste tipo de equipamento de limpeza CIP. Para cada configuração, será feito um estudo superficial do processo de automação necessário, a fim de que, através de um estudo de viabilidade, seja possível escolher o melhor caminho a ser adotado neste projeto.

3. Equipamento com Tanque:

3.1. Descrição do Equipamento:

O equipamento consiste basicamente de um carro, manufaturado em aço inox, provido de um tanque, uma bomba centrífuga, bombas peristálticas para a dosagem dos produtos químicos a serem utilizados na preparação das soluções de limpeza, reservatórios destes produtos químicos, válvulas borboletas manuais, tubulações para a condução da solução de limpeza e painel elétrico para o comando e temporizações das bombas, de acordo com os desenhos abaixo:

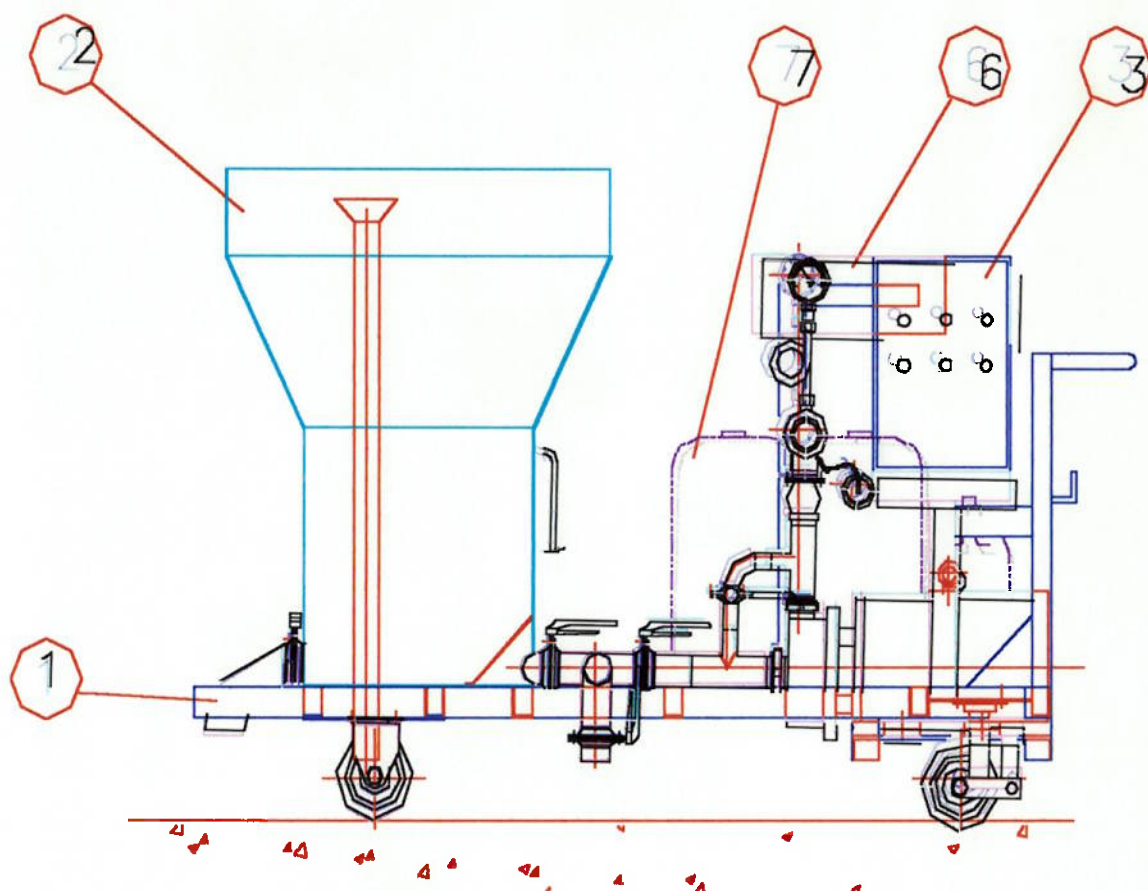


Fig 3.1: Vista Lateral CIP Móvel.

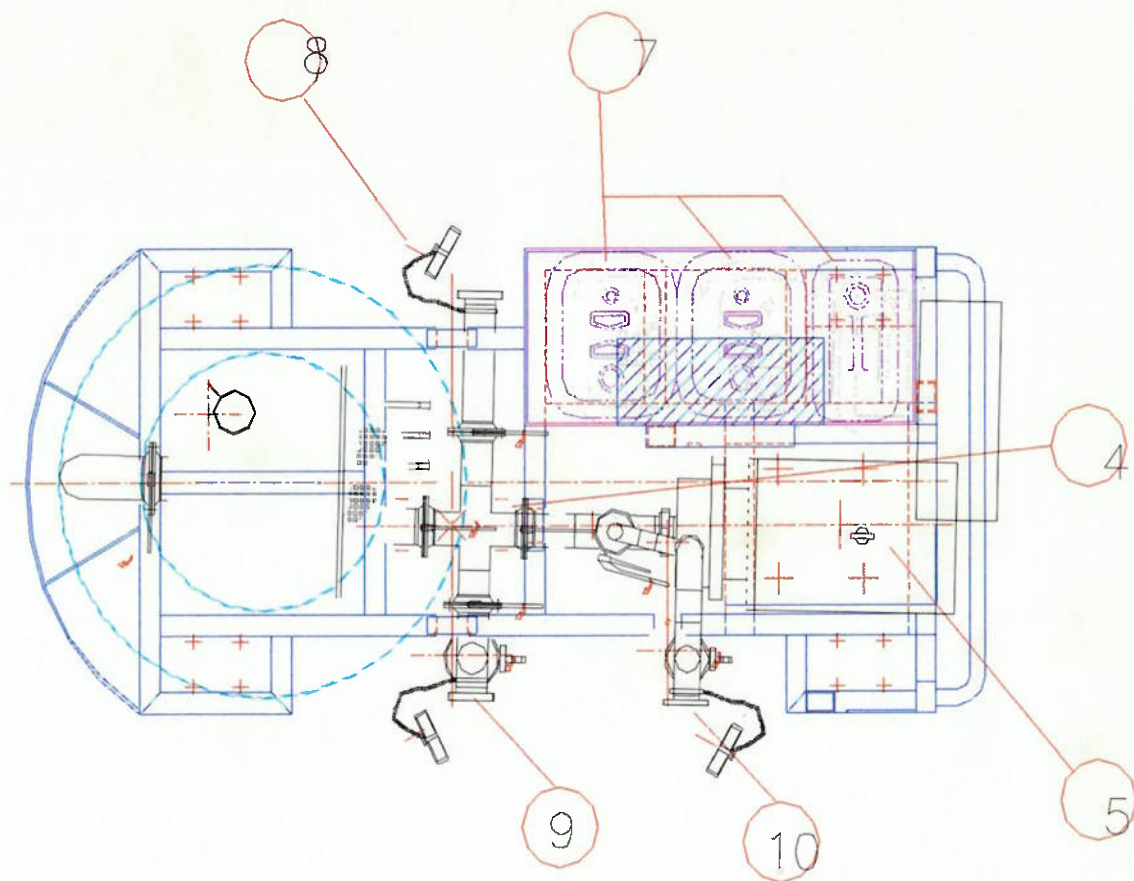


Fig 3.2: Vista Superior CIP Móvel.

- 1- Carro aço inox;
- 2- Tanque 500 litros;
- 3- Painel Elétrico;
- 4- Válvula borboleta manual;
- 5- Bomba centrífuga;
- 6- Bomba peristáltica;
- 7- Bombonas de produto;
- 8- Conexão de Entrada de Água;
- 9- Conexão de Retorno de Solução (Circuito Fechado);
- 10- Conexão de Recalque de Solução;

3.1.1. Carro:

O carro de aço inox suporta todo o equipamento a fim de transportá-lo, movido pelo operador, até os locais de limpeza das instalações.

3.1.2. Tanque:

O tanque de aço inox de capacidade de 500 litros, tem uma base com formato cônico e parte superior cilíndrica. Tem por finalidade a preparação das soluções de limpeza, onde são dosados os produtos. Serve também para armazenar a água para a realização dos enxágües, além de receber o retorno da água/solução, quando o processo é realizado em Circuito Aberto (ver item 3 - Descrição do Processo de Limpeza CIP).

3.1.3. Painele Elétrico:

Atualmente o painel serve para acionar todas as bombas (centrífuga e peristálticas), por meio de contadores, além de realizar as temporizações do funcionamento das mesmas. Todas estes comandos são realizados pelo operador no painel, ao início/final de cada operação do processo.

3.1.4. Válvula Borboleta Manual:

As Válvulas Borboletas Manuais servem exclusivamente para o controle do fluxo da água/solução de acordo com a operação a ser realizada. Cada operação, por sua vez pode envolver várias aberturas e fechamentos de válvulas.

3.1.5. Bomba Centrífuga:

Esta bomba tem por finalidade a circulação da água/solução pela instalação a ser higienizada. Esta bomba deve ser capaz de satisfazer as exigências mecânicas (pressão/vazão) de cada instalação que fizer uso do equipamento, a fim de que o processo de limpeza se dê de forma satisfatória. Atualmente, não há no equipamento,

qualquer controle de rotação da bomba, a fim de ajustar a mesma às exigências acima citadas.

3.1.6. Bombas Peristálticas:

Estas bombas tem por finalidade, dosar os produtos químicos necessários à preparação das soluções de limpeza a serem utilizadas no processo. Os produtos estão armazenados nas bombonas de produto e são dosados diretamente no tanque.

3.1.7. Bombonas de produto:

Armazenagem dos produtos químicos, com capacidade de 50 litros por produto. Em geral, há no máximo, 3(três) reservatórios no equipamento.

3.1.8. Conexão de entrada de água:

Através da conexão de mangueira, a água é fornecida ao equipamento no local de utilização do mesmo.

3.1.9 Conexão de retorno de solução:

Utilizada quando o processo de limpeza é realizado em circuito fechado, ou seja o retorno da água/solução de limpeza não é realizada diretamente no tanque, mas sim, é retornada via mangueira, através desta conexão, a fim de ser succionada novamente pela bomba ou descartada diretamente no piso da fábrica.

3.1.10. Conexão de recalque de solução:

A água/solução recalçada pela bomba é enviada à instalação por meio desta conexão, via mangueira.

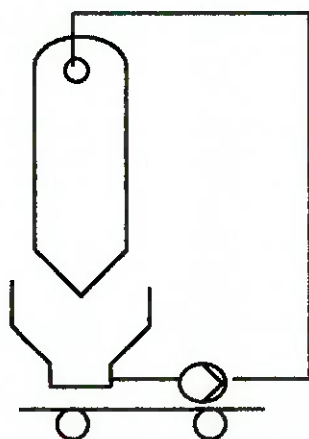
3.2. Descrição do Processo de Limpeza CIP:

A limpeza CIP é realizada por meio das seguintes operações, na sequência descrita abaixo:

- Pré-enxágue - para a remoção das sujidades grosseiras iniciais;
- Limpeza com solução detergente;
- Enxágüe intermediário;
- Sanitização - realizada com solução sanitizante;
- Enxágüe final.

O processo descrito acima pode ser realizado, de duas formas: em circuito aberto ou circuito fechado. Em circuitos fechados o retorno da solução de limpeza é realizado por meio da Conexão de Retorno de Solução (CRS). Em circuitos abertos, o retorno da solução é feito diretamente no tanque do equipamento. Vide as ilustrações abaixo:

Circuito Aberto



Circuito Fechado

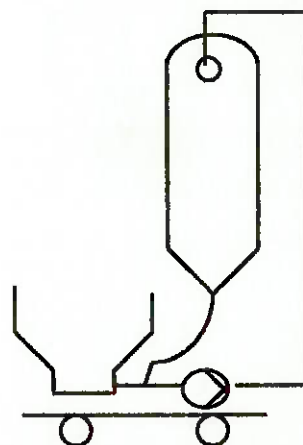


Fig 3.3: Circuito aberto e fechado.

Portanto as operações de limpeza baseiam-se em enxágües e circulação de soluções de limpeza. Em circuito aberto o tanque serve tanto para a preparação da solução como também para o retorno da solução. Em circuito fechado, o tanque é utilizado somente para o preparo da solução, o retorno é realizado pela conexão de retorno de solução.

Os enxágües são realizados da seguinte forma:

Enxágüe - Circuito Aberto	
1	Enchimento do Tanque com água.
2	Bombeamento da água para a instalação.
3	Ao retomar a água, para o tanque, a mesma é descartada por meio de uma válvula manual no fundo do tanque. Ao mesmo tempo, deve ser aberta novamente a entrada de água de forma a renovar a água de enxágüe.
4	Ao fim do tempo ajustado no temporizador, a bomba desliga automaticamente. Neste momento deve-se fechar a alimentação da água, porém mantendo-se aberta a válvula de descarte do tanque até que toda água tenha sido descartada.
5	Por fim, deve-se abrir a válvula de descarte da mangueira de recalque, de forma a esvaziar a mesma.

Enxágüe - Circuito Fechado	
1	Enchimento do Tanque com água.
2	Bombeamento da água para a instalação.
3	Ao retomar a água, pela conexão de retorno, a mesma deve ser descartada por meio de uma válvula manual localizada em uma derivação entre a conexão de retorno e a sucção da bomba. A água de enxágüe é renovada através da abertura da alimentação de água, no mesmo momento do início do descarte da água já utilizada.
4	Ao fim do tempo ajustado no temporizador, a bomba desliga automaticamente. Neste momento deve-se fechar a alimentação da água, porém mantendo-se aberta a válvula de descarte até que toda água tenha sido descartada.
5	Por fim, deve-se abrir a válvula de descarte da mangueira de recalque, de forma a esvaziar a mesma.

As operações de limpeza com detergente/sanitizante são bastante semelhante aos enxágües, a não ser pelo fato que a solução deve ser preparada antes da circulação e também por não haver a renovação da solução durante a circulação, ou seja, a mesma solução é utilizada do início ao fim da circulação, sendo descartada somente ao final.

Detergente/Sanitização - Circuito Aberto	
1	Enchimento do Tanque com água.
2	Dosagem do produto químico no tanque, pela bomba peristáltica correspondente, de forma a preparar a solução de acordo com a concentração desejada (*)
2	Bombeamento da solução para a instalação.
3	Durante a circulação a água é retornada diretamente pelo tanque, e bombeada novamente.
4	Ao fim do tempo ajustado no temporizador, a bomba desliga automaticamente. Neste momento deve-se abrir a válvula de descarte do tanque até que toda solução tenha sido descartada.
5	Por fim, deve-se abrir a válvula de descarte da mangueira de recalque, de forma a esvaziar a mangueira de recalque.

(*) Esta concentração é obtida calculando-se o tempo de dosagem da bomba peristáltica, de acordo com o volume dosado por minuto pela mesma. Este tempo deve ser ajustado no temporizador correspondente no painel.

Detergente/Sanitização - Circuito Fechado	
1	Enchimento do Tanque com água.
2	Dosagem do produto químico no tanque, pela bomba peristáltica correspondente, de forma a preparar a solução de acordo com a concentração desejada (*)
2	Bombeamento da solução para a instalação.
3	Durante a circulação a água é retornada pela conexão de retorno, e bombeada novamente.
4	Ao fim do tempo ajustado no temporizador, a bomba desliga automaticamente. Neste momento deve-se abrir a válvula de descarte do recalque até que toda solução tenha sido descartada.
5	Por fim, deve-se abrir a válvula de descarte da mangueira de recalque, de forma a esvaziar a mesma.

3.3. Estudo da Automação do Equipamento com Tanque:

Todo o processo acima descrito superficialmente, consiste da abertura/fechamento de válvulas em diversas etapas de cada operação. A proposta de automação do equipamento consiste, portanto em automatizar a manobra destas válvulas, de acordo com as entradas fornecidas pelo próprio operador e também pela obtenção de informações do próprio equipamento. O objetivo do projeto é que os *inputs* fornecidos pelo operador sejam minimizados.

A figura 3.4 mostra a numeração das válvulas envolvidas no processo:

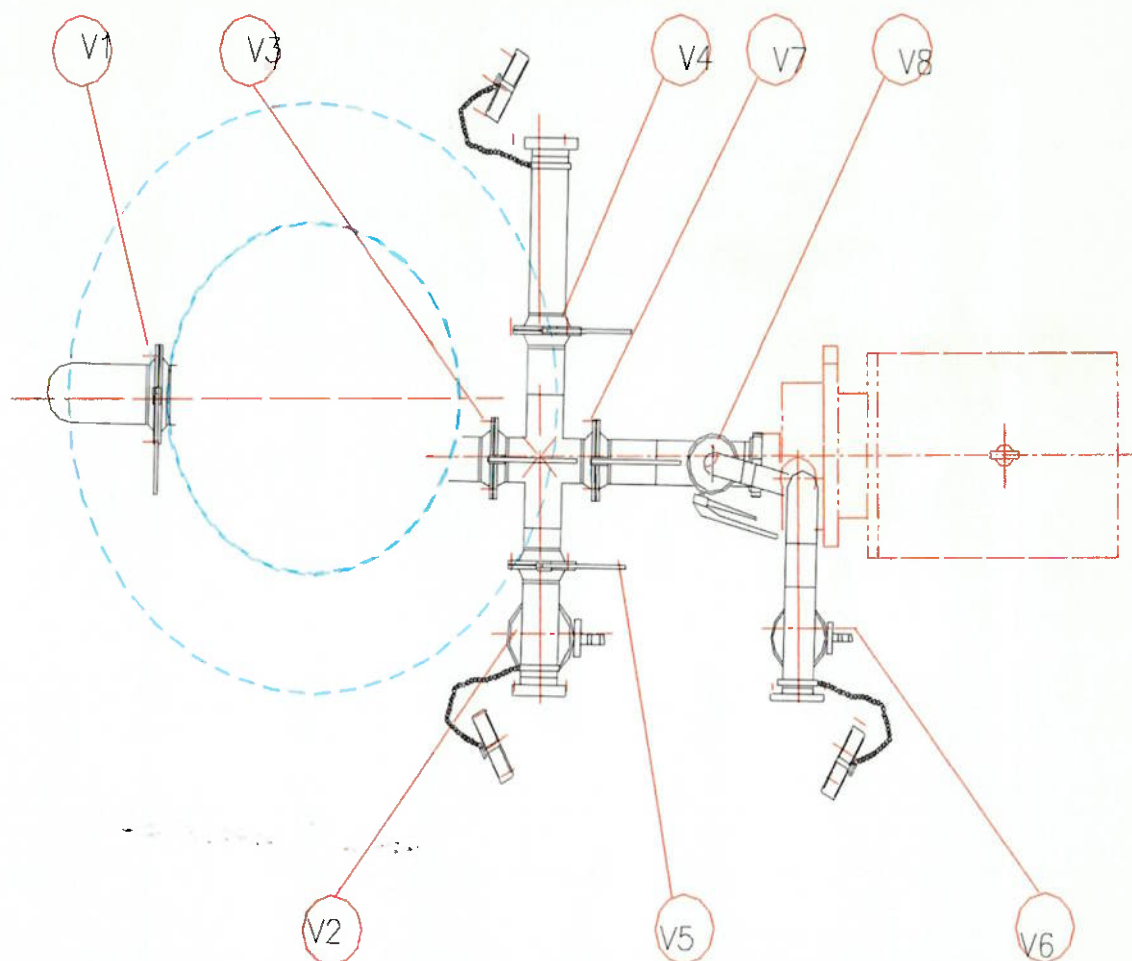
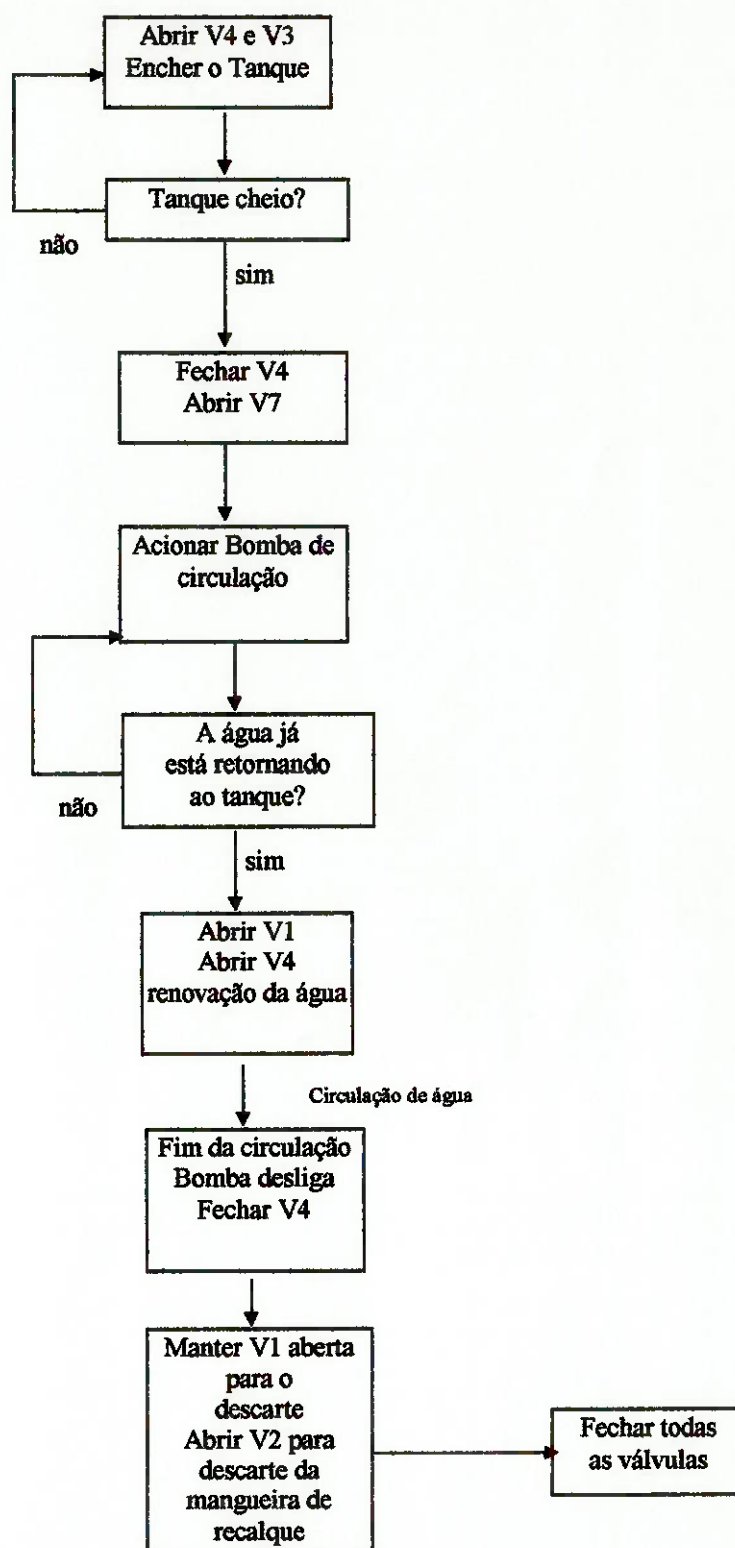


Fig. 3.4: Numeração das válvulas envolvidas no processo.

3.3.1. Fluxograma - Enxágüe - Circuito Aberto:



O fluxograma das outras operações é muito semelhante ao descrito acima para o Enxágüe em Circuito Fechado, pois as operações se diferem apenas em alguns aspectos.

Portanto, a automatização deste processo por completo, envolve basicamente o controle de acionamento e temporização das bombas, o controle de nível no tanque e a manobra de abertura e fechamento de válvulas automáticas.

4. Equipamento sem Tanque:

A característica principal do equipamento de limpeza CIP sem tanque consiste no fato do mesmo somente poder operar em Circuito Fechado (processo que já foi descrito para o equipamento com tanque), uma vez que na ausência do mesmo a solução deve ser retornada diretamente para a sucção da bomba de circulação, por meio de mangueira, a fim de ser descartada no piso ou recirculada para a instalação. Além do tanque exercer a função de coletar o retorno da solução de limpeza, no equipamento descrito anteriormente, consistindo no processo de limpeza em Circuito Aberto, o mesmo também possuía a função de servir de preparador da solução através da dosagem direta dos produtos químicos no mesmo. Isto conferia ao equipamento anterior, a vantagem de ter-se de antemão o volume a ser circulado pela instalação, facilitando o cálculo da quantidade de produto químico a ser dosado na água, de acordo com a concentração desejada para a solução.

Entretanto devido ao fato de nem sempre ser desejado circular a mesma quantidade de água/solução por instalações diferentes, devido aos diversos volumes de controle envolvidos em cada tipo de instalação, foi desenvolvido um equipamento que operasse somente em Circuito Fechado e que pudesse assim admitir diferentes volumes de solução, isto é, podendo se adaptar a cada tipo de instalação a ser higienizada. Este equipamento se difere do anteriormente descrito, basicamente pela ausência do Tanque de aço inox, o qual servia como medida de volume da solução a ser circulada e como preparador e receptor da mesma. Portanto este equipamento sem o tanque pode somente operar em Circuito Fechado, porém diferindo-se da operação do equipamento com tanque em Circuito Fechado, como será descrito adiante. Obviamente outros fatores de natureza econômica, construtiva e operacional

estão envolvidos na escolha de aplicação entre os dois equipamento descritos. Porém, a nossa opção para o desenvolvimento do projeto de formatura está concentrada unicamente no que diz respeito à automação do equipamento, escolhendo-se a alternativa que apresentar mais atrativos em relação a este critério. Esta opção será realizada pelo Estudo de Viabilidade executado mais adiante.

4.1. Considerações iniciais sobre o Equipamento sem Tanque:

Como foi dito acima o equipamento sem tanque pode somente operar em Circuito Fechado. Isto pode parecer a princípio uma perda de versatilidade em relação ao equipamento com tanque. Porém o que se vê na prática é que a maioria das instalações submetíveis a esse tipo de equipamento podem ser adaptadas à operação em Circuito Fechado. Logo o que pode parecer a princípio uma perda de versatilidade, pode significar em termos reais um diferencial muito vantajoso, uma vez que um equipamento sem tanque é muito mais fácil de ser movido na planta pelo operador e muito mais fácil de ser construído, uma vez que dispensa o processo de fabricação do tanque em aço inox, aliviando assim a carga a ser suportada pelo carro. Porém se em termos econômicos e construtivos o equipamento apresenta vantagens em relação ao anterior, em termos de processo o equipamento apresenta uma complexidade muito maior, uma vez que sem a presença do tanque fica difícil para o operador saber quanto de água está sendo circulado, calcular a quantidade de produto a ser dosado e controlar as manobras de fluxo hidráulico das operações do processo. Portanto este tipo de equipamento exige uma automação muito mais abrangente do que o equipamento anterior, o qual até podia ser operado manualmente, com o auxílio apenas de algumas temporizações desejadas.

Como não se tem um volume de solução pré-definido, ao contrário do que ocorria com o equipamento Com Tanque, a dosagem dos produtos químicos deve ser melhor controlada, para evitar-se que seja dosada uma quantidade inferior ou superior à quantidade necessária para a limpeza. Isto pode ser feito através de um controle de concentração do produto químico na solução de limpeza, por meio, por exemplo, de um sensor de condutividade. Este sensor informa a um controlador, a condutividade da solução. De acordo com a calibração do sensor, o controlador calcula a

concentração do produto na solução, podendo corrigi-la. Este controle em malha fechada pode ser feito através de um sensor que envie um sinal analógico (controle contínuo, PID por exemplo), ou através de um sensor que envie um sinal discreto (controle ON-OFF). Através desta realimentação, pode-se criar facilmente um algoritmo que controle a eficiência da limpeza, ou seja, através do comportamento da concentração do produto na solução, pode-se terminar a limpeza quando a concentração não estiver decrescendo ao longo do tempo, uma vez que a instalação já terá atingido um grau de limpeza satisfatório. Este procedimento aumenta a eficiência do processo uma vez que a dosagem de produto deixa de ser feita em malha aberta e passa a ser feita em malha fechada.

4.2. Fluxograma do Equipamento sem Tanque:

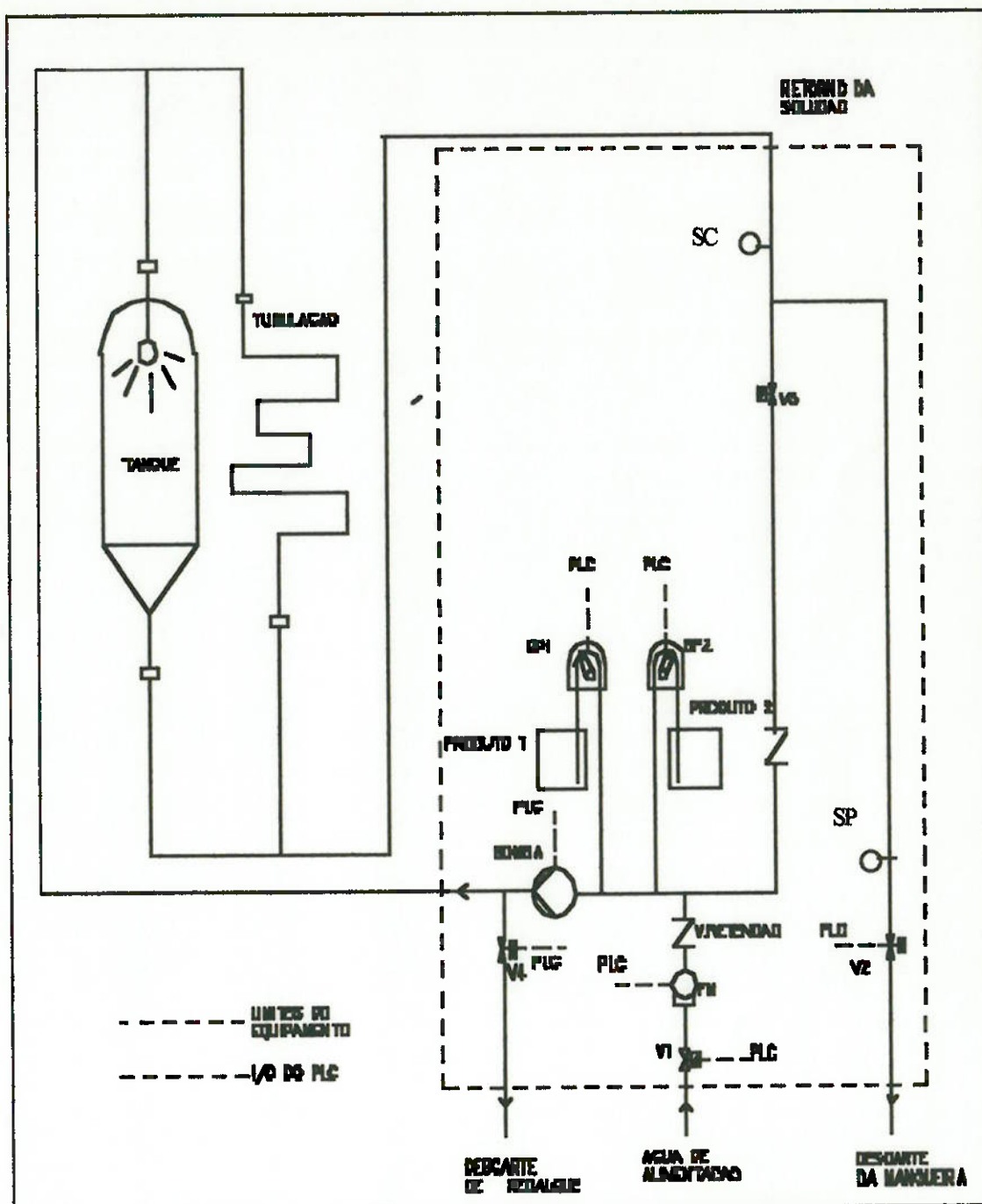


Fig. 4.1 - Fluxograma do Equipamento sem Tanque

4.3. Pontos de I/O do PLC para o equipamento sem tanque:

4.3.1. Saídas Digitais:

- V1 - Válvula Solenóide de Água de alimentação;
- V2 - Válvula Solenóide de Descarte do Retorno;
- V3 - Válvula Solenóide de Retorno;
- V4 - Válvula Solenóide de Descarte do Recalque;
- L1 - Sinalizadora de Enxágue;
- L2 - Sinalizadora de Descarte;
- L3 - Sinalizadora de Detergente;
- L4 - Sinalizadora de Sanitizante;
- BC - Bomba Centrífuga;
- BP1 - Bomba Pneumática 1;
- BP2 - Bomba Pneumática 2;

4.3.2. Entradas Digitais:

- B1 - Botão de Emergência/Pausa;
- B2 - Botão de Reset;
- B3 - Botão de Início;
- B4 - Botão de Passagem para a operação seguinte;
- FM - Hidrômetro;
- SP - Sensor de Presença de Produto;
- SC - Sensor de Conutividade

4.4. Desenho representativo do equipamento sem tanque:

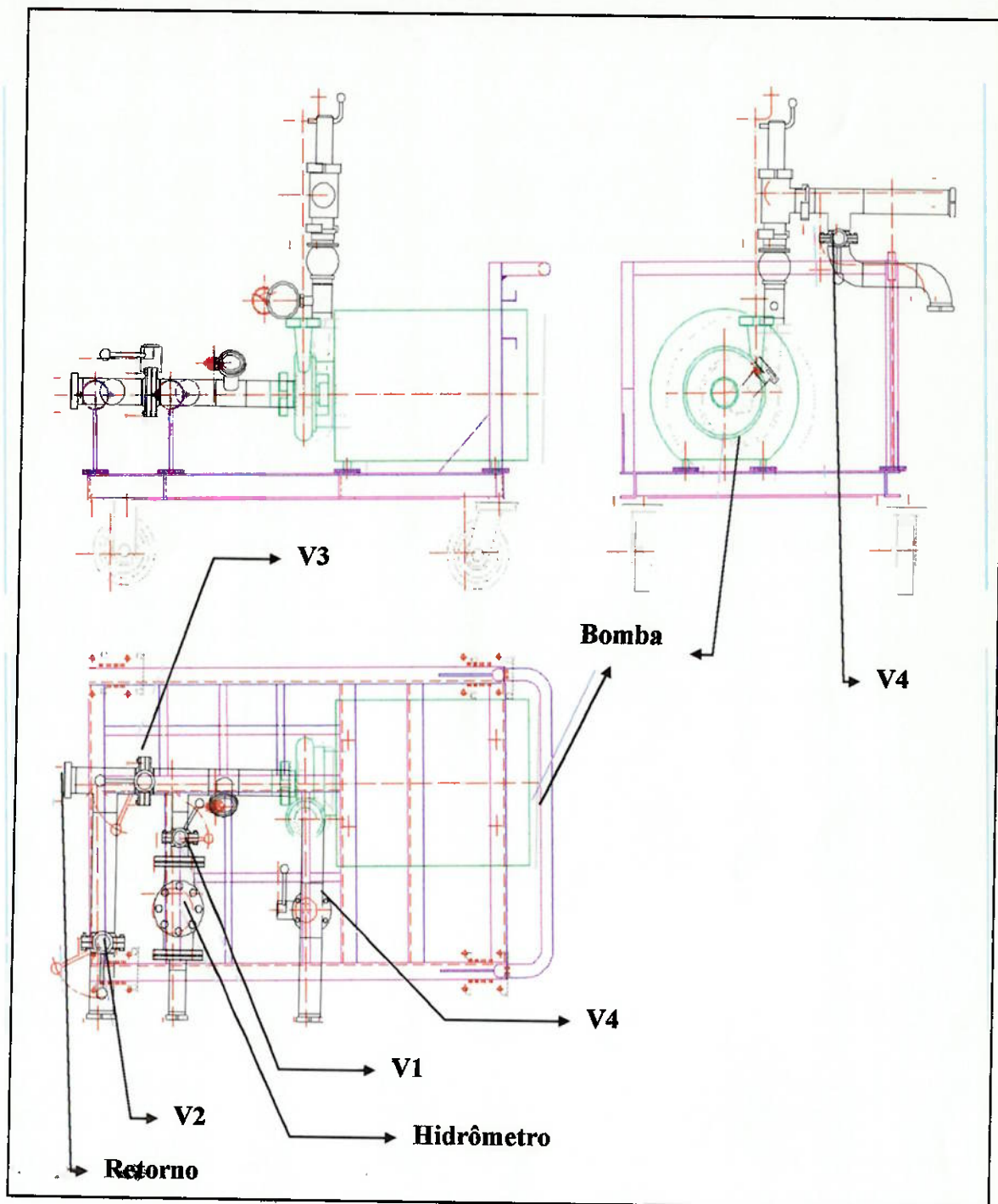


Fig. 4.2 - Desenho do CIP sem tanque.

4.5. Descrição de Funcionamento:

O equipamento sem tanque funciona exclusivamente em Circuito Fechado como já foi dito. Portanto a água/solução é recalçada pela bomba centrífuga e é direcionada para a tubulação e/ou para o tanque a ser higienizado. A água/solução é coletada via mangueira e conduzida ao equipamento, aonde pode ser descartada no piso ou succionada novamente pela bomba para outra circulação.

A dosagem dos produtos químicos é realizada diretamente na linha, ou seja, diretamente na tubulação durante o fluxo da água, uma vez que não existe mais o tanque para a mistura do produto químico. Esta dosagem continua sendo realizada pelas bombas peristálticas. Como dito anteriormente, pode ser feito um controle de condutividade durante a circulação do produto químico, de forma a corrigir as perdas na concentração do produto, durante o processo de limpeza.

A quantidade de produto a ser inicialmente dosada (Carga Inicial) depende do volume de controle da instalação. A totalização do volume de água admitido é realizada por um Hidrômetro (FM) localizado na entrada de água. O volume de água total, volume de controle, é dado pelo volume necessário para preencher totalmente a tubulação ou para cobrir totalmente as paredes do tanque. O mesmo deve ser fornecido pelo usuário do equipamento, conhecendo de antemão o volume de controle envolvido na limpeza. Desta forma o PLC, de posse deste volume, calcula o tempo necessário que as Bombas Peristálticas devem ser mantidas acionadas a fim dosar uma primeira carga de produto.

Os enxágües continuam sendo realizados da mesma que no equipamento anterior em Circuito Fechado, ou seja, a água é circulada pela bomba e depois descartada no piso para a renovação total da mesma. Entretanto tem-se a possibilidade de poder limitar o tempo de enxágüe tanto por tempo máximo de circulação da bomba, tanto como por volume máximo de água a ser circulada.

A inclusão do Sensor de Presença de Água na entrada da válvula de descarte do retorno, V2, tem por objetivo garantir que o Descarte foi totalmente concluído. Enquanto há água na entrada da válvula V2, o descarte ainda não acabou, e o tanque ainda possui solução restante da etapa de limpeza anterior. Nesta situação o sensor de presença de água envia um sinal para o CLP, o qual prossegue com o processo de descarte. Acabado o descarte, ou seja, tendo o tanque sido esvaziado por completo, o sensor de presença de água deixa de enviar sinal para o CLP, o qual interrompe o processo. Entretanto, em paralelo com a atuação deste sensor, há um temporizador que no caso de falha do sensor, interrompe o descarte e passa para a próxima etapa de limpeza.

No equipamento automatizado, o qual é o enfoque deste projeto, o operador deverá realizar as seguintes operações:

- Ligar o equipamento;
- Informar os Tempos Máximos de Enxágüe e Circulação;
- Informar o Volume Máximo de Enxágüe;
- Informar o Volume de Controle da Circulação;
- Iniciar o processo (pelo Enxágüe Inicial);
- Finalizar o processo (Reset);
- Interromper o processo (Pausa / Emergência);
- Passar para a próxima operação do processo (*);

(*) Este comando está disponível ao usuário, para permitir ao mesmo pular de uma operação à outra. Porém esta passagem não se dará de forma instantânea, sendo preciso primeiramente esvaziar totalmente as tubulações (sucção e recalque), da solução da operação atual, para posteriormente passar para a próxima operação.

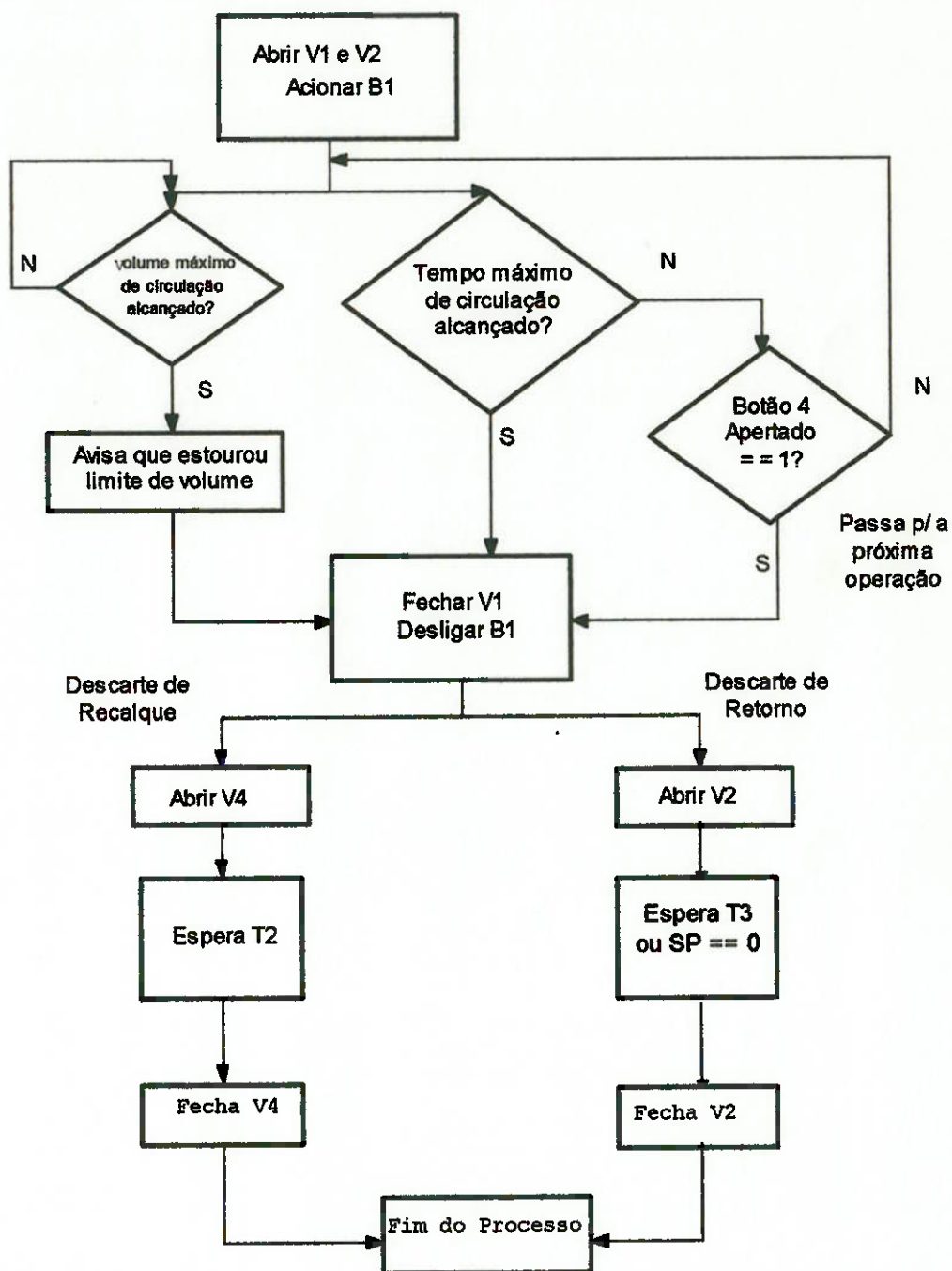
Esta operação é chamada **descarte**, e deve sempre ser **realizada** na interface entre duas operações.

Portanto o projeto de **automação** deverá permitir ao usuário ter o controle do processo somente pelos comandos acima citados, sendo o sistema responsável pelo controle dos demais procedimentos.

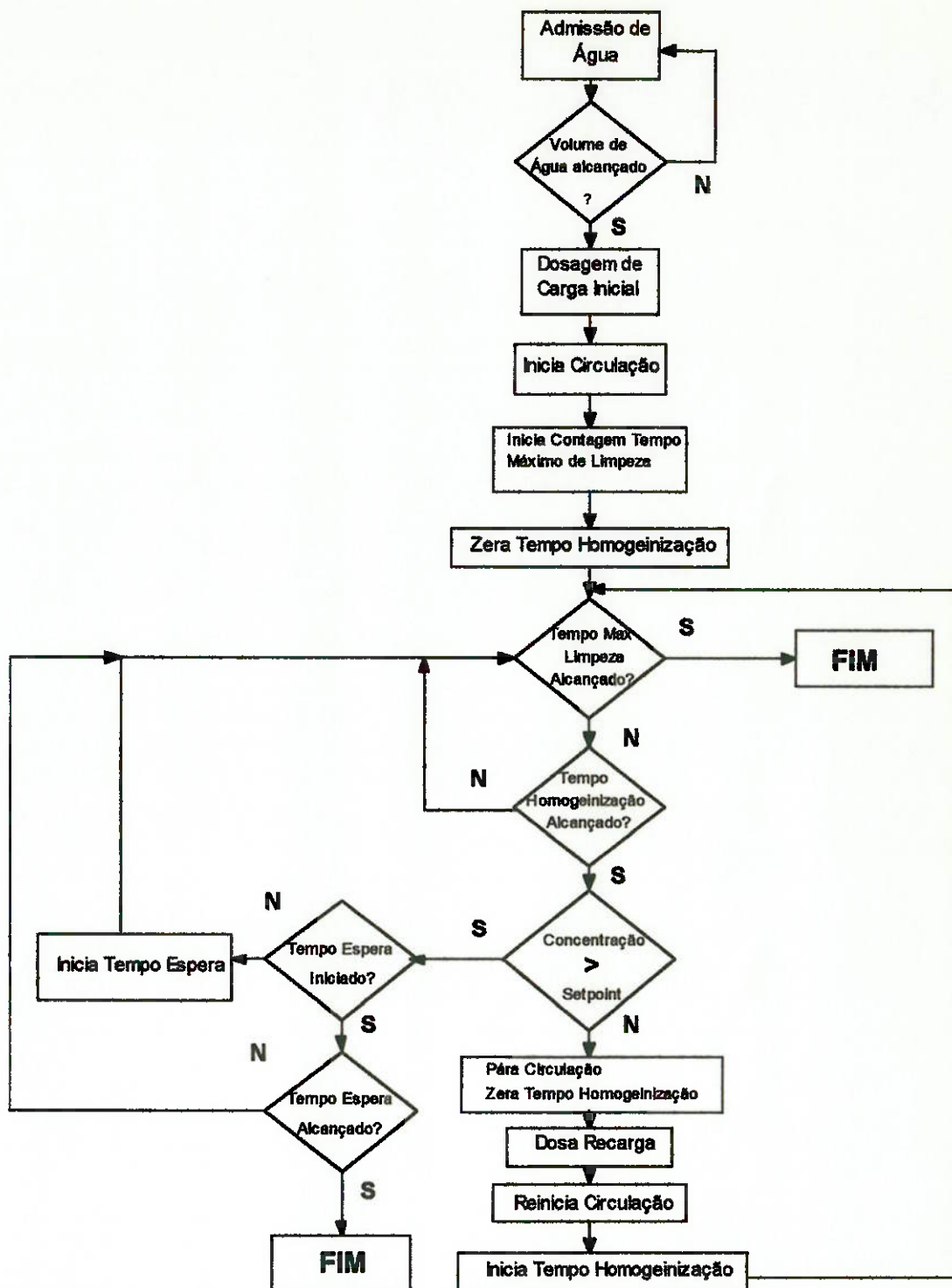
Os dados necessários ao processo podem ser informados ao sistema por meio de uma IHM (Interface Homem Máquina).

4.6. Fluxograma do Processo:

4.6.1. Enxágues:



4.6.2. Dosagem de Produtos



Como pode-se perceber os enxágues na configuração Sem Tanque são feitos de forma semelhante aos enxágues na configuração com Tanque em circuito fechado.

O fluxograma relativo à dosagem de produto, leva em consideração que esteja sendo realizado um Controle ON-OFF da concentração da solução ao longo da operação de limpeza com produto, e pode ser explicado da seguinte forma. Inicialmente o sistema admite uma quantidade de água necessária para efetuar a limpeza (volume de controle). Em seguida, dosa-se a Carga Inicial de produto, com a bomba desligada, isto é, sem circulação da solução. Acabada esta dosagem, inicia-se a circulação. Ao mesmo tempo é habilitado um temporizador que limita o Tempo de Limpeza, e também é habilitado o controle de concentração da solução. Se em algum momento a concentração fica abaixo de *setpoint* definido, o sistema dosa uma recarga de produto a fim de corrigir a concentração. Esta dosagem é feita com a bomba desligada. Em seguida a circulação é reiniciada e o sistema espera um Tempo de Homogeneização desta Recarga. Acabado este tempo, o controle de concentração é reabilitado e se caso a concentração ainda esteja baixa, outra Recarga é realizada. Caso a concentração fique acima do *setpoint* por um tempo definido (Tempo de Espera) a operação é finalizada, pois o produto não está sendo mais consumido pelas sujidades, sendo um sinal que a limpeza foi alcançada. Entretanto, se isso não ocorrer dentro do Tempo Máximo de Limpeza, a operação é também finalizada.

5. Estudo de Viabilidade:

Como foi dito pode-se utilizar como base do projeto de automação do equipamento em questão, qualquer uma das duas configurações - Com e Sem Tanque . Foi dito também que a escolha será baseada exclusivamente por critérios relacionados ao processo de automação, escolhendo-se aquele que apresentar a maior complexidade de processo de forma a permitir uma maior exploração do equipamento em questão.

Baseando-se a escolha em critérios econômicos e construtivos o equipamento sem tanque apresenta maiores vantagens, pelo fato de não possuir tanque, o que acarreta em menor custo de fabricação e maior facilidade de locomoção com o equipamento em campo.

Por outro lado, tendo em vista critérios operacionais, o equipamento sem tanque apresenta maiores dificuldades, uma vez que a manobra de válvulas e controle das operações se torna bem mais complexo.

Porém, por apresentar dificuldades operacionais, o equipamento sem tanque apresenta maiores atrativos para um projeto de automação. Também por envolver maiores instrumentações - como Hidrômetro , Sensor de Presença de Água e Sensor de Condutividade .

Portanto, a alternativa a ser utilizada neste projeto de automação será a configuração do equipamento Sem Tanque.

Nas próximas etapas do projeto serão especificados os componentes envolvidos no processo de automação da configuração escolhida.

6. Simulação:

De acordo com a configuração adotada, serão definidos os componentes que farão parte da simulação da planta a ser automatizada, seguindo as informações já fornecidas durante a descrição do processo e dos componentes do equipamento sem tanque.

À seguir serão traçadas as diretrizes adotadas para a simulação física deste processo.

6.1. Procedimento para a Simulação:

O procedimento escolhido para a simulação do processo de automação, a ser realizada com água e com os produtos de limpeza normalmente utilizados, foi a construção de um pequeno protótipo.

Este protótipo efetuará a limpeza de um pequeno Tanque com uma tubulação acoplada. Este mesmo protótipo, será acoplado a parte de controle do processo, ou seja um pequeno painel contendo o CLP e os elementos elétricos necessários à operação do controlador, como por exemplo transformador, botoeiras, eletrocalhas, sinalizadoras luminosas, e outros. Para a alimentação de água e descarte da mesma, serão utilizadas mangueiras com o comprimento e bitola adequados.

Está sendo planejada a simulação deste protótipo, utilizando-se dos recursos existentes no Laboratório CIS-POLI, como por exemplo:

- Alimentação de água;
- Alimentação elétrica;
- e outros.

Os componentes principais deste protótipo são:

I) Bomba centrífuga - KSB - P500

II) Bomba dosadora peristáltica - 24 VDC

III) Hidrômetro - B&R

Vazão máxima - $5 \text{ m}^3 / \text{s}$

$K = 0,1$ litros/pulso (Fecha um contato a cada 100 ml que passa pelo hidrômetro)

$I_{\text{máx}} = 100 \text{ mA}$ (corrente do contato)

IV) Válvulas solenóides - Jefferson

Diâmetro - $\frac{1}{2}$ " ou $\frac{3}{4}$ " (de acordo com a tubulação a ser utilizada na bancada)

Tensão de alimentação da bobina - 220 VAC

V) PLC - Allen Bradley

Modelo: 1761L32AWA - Série Micrologix

Entradas Digitais - 20 (120 VAC)

Saídas Digitais a relé -12

Tensão de alimentação - 100 ~ 240 VAC

VI) Sensor de Fluxo - Sitron

Alimentação 24 VDC

Um contato de saída 1Na/1NF

VII) Sensor e placa de controle de condutividade

Alimentação 24 VDC

Saída Tensão 24 VDC

Serão utilizados outros acessórios na montagem deste protótipo, como por exemplo, válvulas manuais de esfera, conexões de PVC, cabos, relês, transformador e outros, que serão posteriormente detalhados. Está incluso neste relatório, um diagrama elétrico da parte de controle e acionamentos, a fim de detalhar mais os itens a serem utilizados.

Para o controle da concentração como descrito no item 4.6, foi utilizada uma Placa de Condutividade do tipo ON-OFF, ou seja, a mesma envia um sinal discreto para o PLC quando a concentração da solução está acima do *setpoint* que é ajustado na própria placa. A placa recebe o sinal da condutividade, de um sensor instalado na tubulação de retorno da solução do tanque. Este sensor nada mais é que dois eletrodos separados entre si, e submetidos à tensão elétrica.

Seguem abaixo fotos ilustrativas da versão final do protótipo, já instalado no Laboratório CIS-POLI:

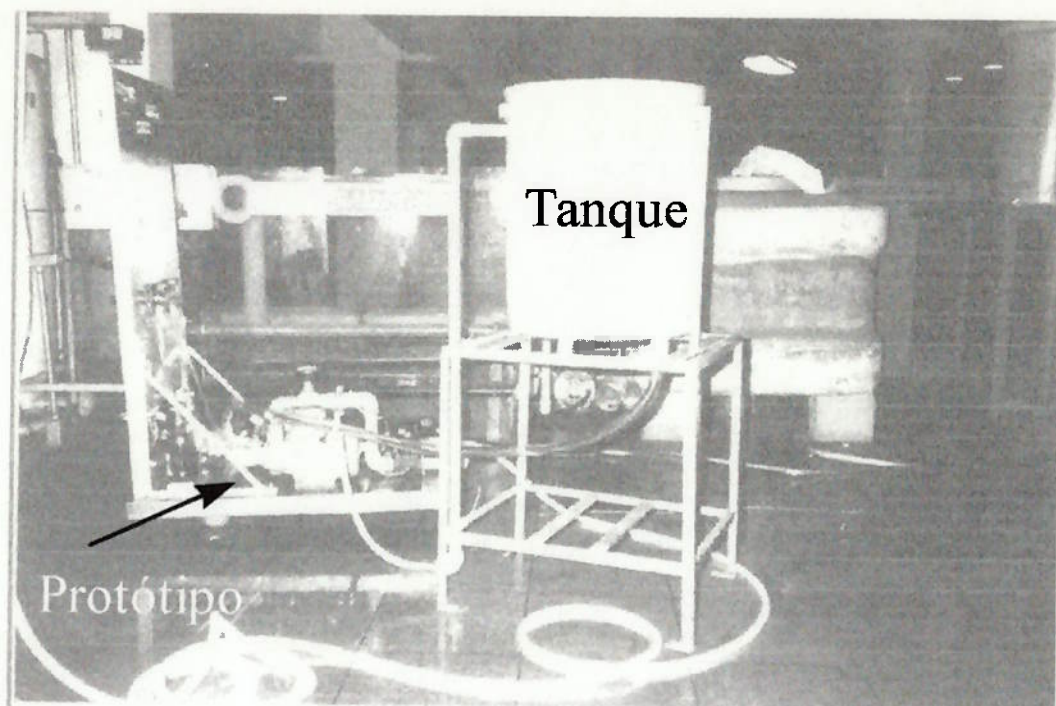


Figura 6.1: Protótipo instalado no CIS-POLI

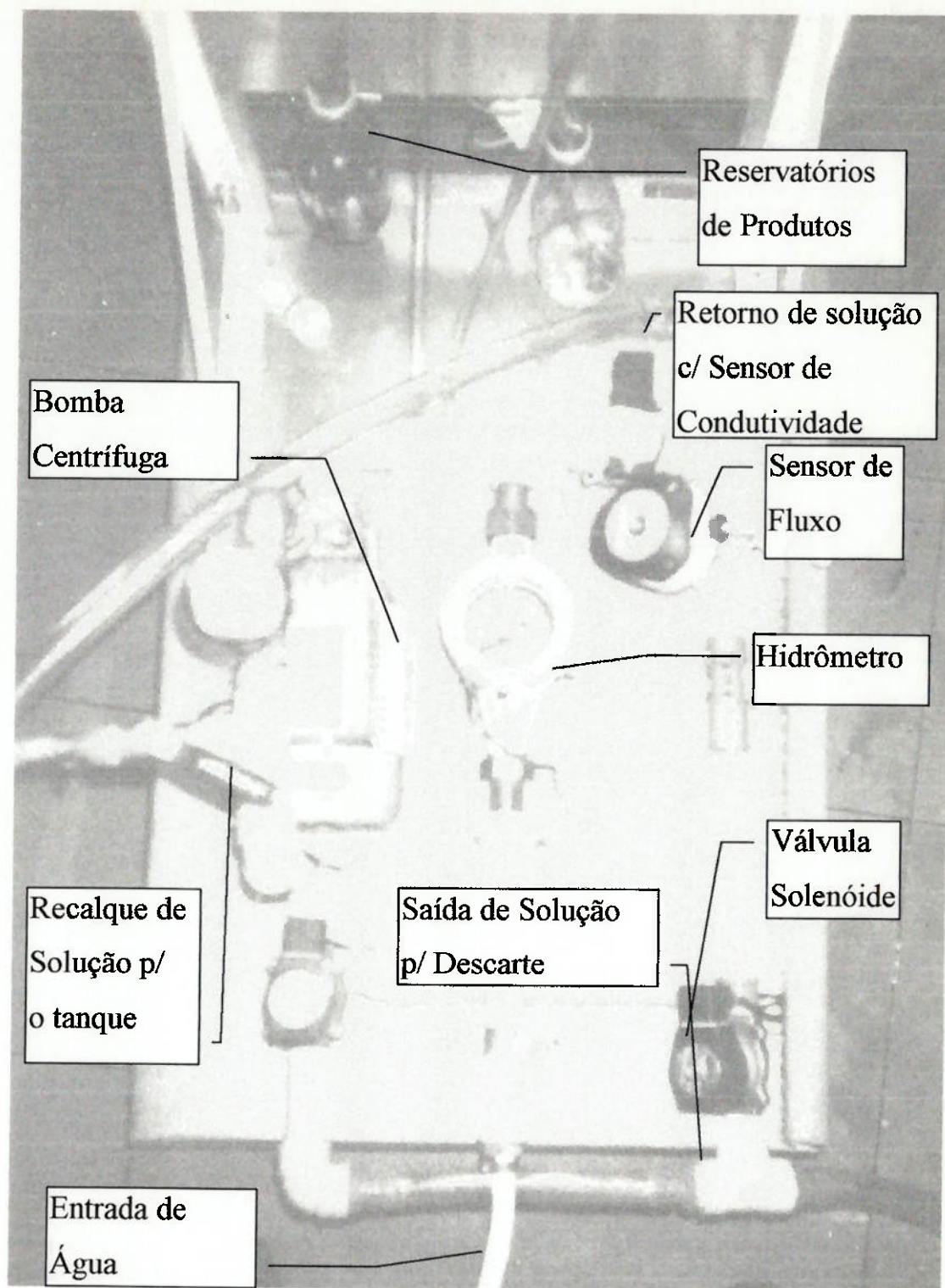


Figura 6.2 : Vista Superior Protótipo - Planta

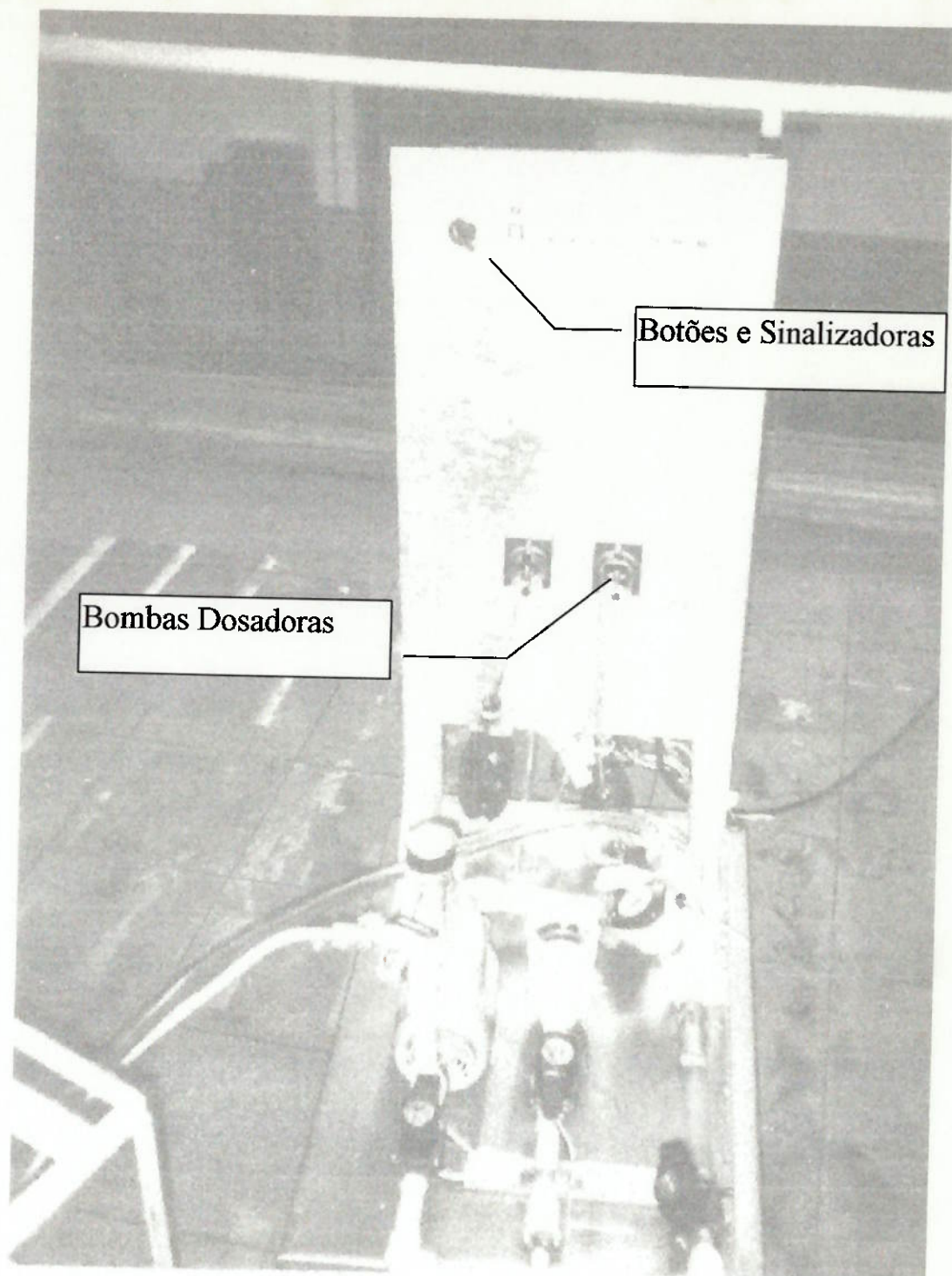


Figura 6.3 : Vista Frontal do Protótipo

6.2. Desenvolvimento do software:

Baseado em todas as informações à respeito do processo e de todos os elementos envolvidos, pode-se partir, portanto para o delineamento da estrutura do software de automação desta planta.

6.2.1 Software de Automação

6.2.1.1. Linguagem

A linguagem utilizada para a programação foi a de PLCs da Allen Bradley. Como o tipo de linguagem utilizada não permitia a parametrização de funções, foi feito então um controle interno em cada função, o que permitiu o controle do processo.

6.1.1.2 Estruturação

O software está dividido em seis partes ou funções. A primeira sub-rotina faz o controle de ligação do sistema, controle de botões de emergência e do botão para adiantamento do processo. A segunda sub-rotina trata do sequenciamento do projeto, controlando a chamada de procedimentos de enxágüe, dosagem de produtos, descarte e sinalização. O fluxograma abaixo descreve o funcionamento do sistema através da representação em MFG:

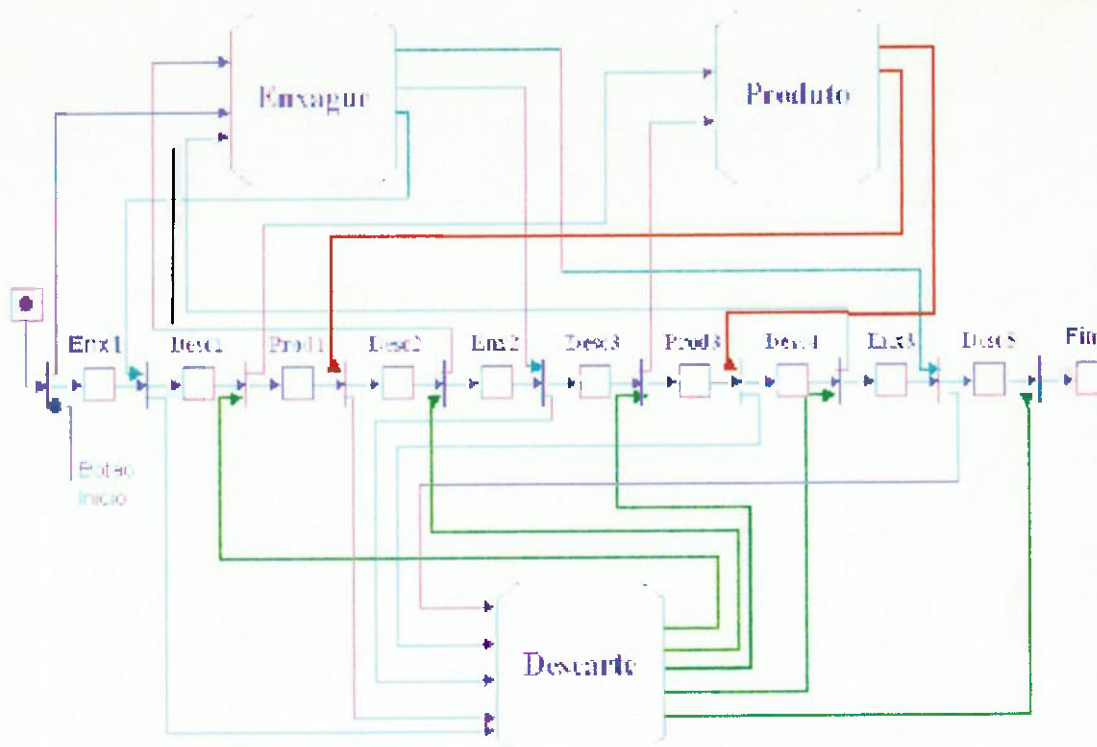


Figura 6.4 : MFG do Sistema

A estrutura apresentada anteriormente teve como intuito básico o de facilitar e padronizar o software de automação. Considerando que os diversos processos de enxágüe funcionariam exatamente da mesma forma, operando as mesmas válvulas, convencionou-se então que seria feita uma função só que seria chamada várias vezes. O mesmo raciocínio foi feito para a função de descarte, que foi chamada depois de qualquer processo que acontecia na operação do sistema (depois de um processo de enxágüe ou dosagem de produto). Em relação a função de dosagem de produto, utilizou-se também uma função padronizada, entretanto, como nestes dois processos a bomba peristáltica que é acionada é diferente, então esta especificação foi feita internamente a função. Acionando a bomba correta conforme o caso. Para o controle do sequenciamento do processo, foram criados flags de controle. Um para cada passo

do processo. Por exemplo: HAB_SANIT, HAB_DESC2, etc... Dentro de cada função que é chamada, é feito ainda um controle para se verificar por qual flag o procedimento foi chamado, se o processo já acabou e qual o próximo passo a ser acionado.

Além disso, para manter uma padronização, a função de sinalização foi criada para acionar todas as válvulas e bombas. Qualquer procedimento de acionamento está sendo feito dentro desta rotina. O acionamento de lâmpadas de sinalização também está sendo feito nesta rotina. Foram utilizadas no programa cinco lâmpadas. Uma de emergência, uma para representar o enxágüe, outra para o descarte outra para a dosagem de produtos e outra para indicação do fim do processo.

O sistema será manuseado pelo usuário através de quatro botões. Um botão para se iniciar o processo, outro botão para emergência, um outro para reset do sistema e um botão especial para adiantamento de um passo do processo. O botão de emergência, quando apertado, desabilita todas as saídas e aciona a lâmpada de emergência. Se o usuário desapertar o botão de emergência o sistema volta a funcionar exatamente no mesmo passo em que estava anteriormente. O botão de reset só pode ser utilizado quando o sistema foi bloqueado pelo botão de emergência. Então o sistema é levado a uma condição inicial de processamento. Quando o botão de emergência for desapertado, então o sistema irá começar a funcionar do princípio (se o botão de início estiver apertado). Por fim o botão pular, serve para mudar o processo em que se encontra o sistema. Se o processo corrente for enxágüe ou dosagem de produto e o botão de pular for apertado, então o sistema será interrompido, será acionado o descarte e a próxima fase será iniciada.

6.2. Implementação, Testes e Simulação do software:

Após a estruturação do software, foi desenvolvido o programa de controle da Planta, etapa por etapa, através do software de programação da Allen-Bradley - APS SLC-500 (À listagem do mesmo encontra-se no Apêndice I.). Utilizando-se do recurso de simulação on-line, por meio da imposição de entradas desejadas, foi verificado o comportamento do programa diante dos intertravamentos e comandos ao qual o processo pode ser submetido e feitas às alterações necessárias, antes de passar para a etapa posterior.

Seguindo-se este procedimento, ao final, tínhamos o software completo. Foram realizados testes finais de intertravamento e verificado o processo completo, obtendo-se o resultado esperado.

7. Resultados e Conclusões:

A simulação foi realizada na CIS - POLI da Escola Politécnica. No local, o protótipo foi alimentado com uma tensão de 220V a partir de um quadro de tensão e foi conectado a tubulação de água por meio de uma mangueira de meia polegada. Todas as conexões de saída de água foram agrupadas e levadas até um ralo no local.

Após terem sido feitas todas as conexões básicas para funcionamento do equipamento, iniciaram-se os testes com o sistema. Utilizou-se um tanque de 50 litros como objetivo da limpeza. O processo ocorreu de forma satisfatória. As etapas de limpeza foram concluídas com êxito, ou seja, os componentes utilizados para controle e automação do processo funcionaram de acordo com o projetado, e constatou-se que este processo poderia substituir a operação manual em que era necessária a intervenção de um operador. Percebeu-se também que o processo tornou-se quase auto-suficiente. Obviamente, para uma aplicação industrial, alguns acertos e ajustes para se adequar ao processo seriam necessários. O protótipo foi desenvolvido em uma escala menor do que a necessária para a aplicação descrita anteriormente.

Durante os testes alguns problemas ocorreram com o sistema devido a limitação dos componentes utilizados. Durante o processamento de descarte, que ocorre depois de qualquer etapa, as válvulas de dreno de água não eram capazes de esvaziar, por completo, o tanque. Em um dado momento, mesmo com algumas tubulações internas cheias, não ocorria mais o esvaziamento de água. Isto pode ser explicado pelo fato de que as válvulas utilizadas foram do tipo solenóide - diafragma, que possuem alto coeficiente de perda de carga, enquanto que as válvulas que seriam utilizadas na automação de uma aplicação industrial seriam do tipo borboleta, que apresentam perda de carga muito menor. Entretanto este tipo de válvula mostrou-se bastante eficiente no controle do processo quando utilizadas em condições de pressão suficiente.

As válvulas utilizadas no sistema foram do tipo solenóide por serem mais acessíveis e se adequarem melhor a uma tubulação de menor porte. Este tipo de problema acabou invalidando o sensor de presença que se encontra na entrada da válvula de dreno, em vista de que a tubulação nunca esvaziava por completo.

Os testes e simulações também permitiram avaliar o funcionamento do sistema de realimentação. Este baseia-se no controle da concentração de produto da água que

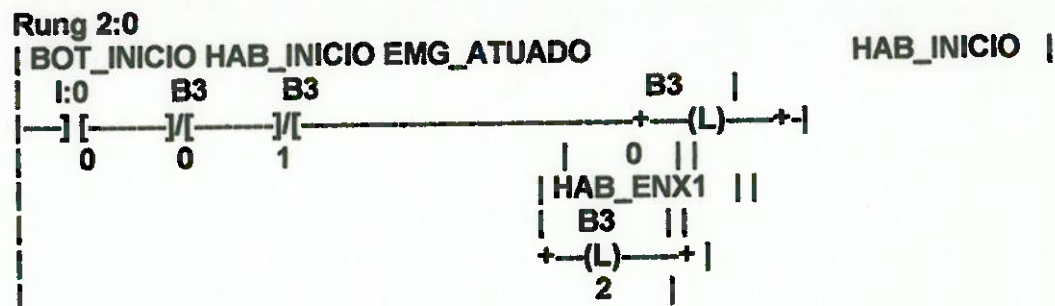
retorna do tanque, durante a operação de limpeza. A partir do momento que o tanque começa a ficar mais limpo, a concentração de produto que retorna aumenta, e a placa de condutividade é capaz de detectar esta variação. Para se testar este comportamento, foram realizados dois testes. No primeiro, utilizou-se apenas água como detergente de limpeza. Desta forma, a concentração de detergente nunca era a suficiente para bloquear a operação da máquina, ou seja, o tanque não ficava limpo. No segundo teste, utilizou-se detergente concentrado, e o resultado foi que depois de uma ou duas recargas de dosagem, a concentração do produto de retorno já era suficiente para indicar que o tanque já estava limpo.

Anexo I - Listagem do software:

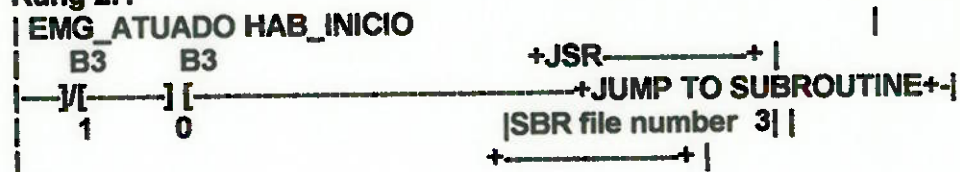
Allen-Bradley Co.	
1747 Series Software	
APS Release 5.01	
Documentation Utility	
Program Listing	
Processor File: LIMPEZA.ACH	
June 14, 1998 - 22:00	

June 14, 1998 Page 1
 Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 2:0



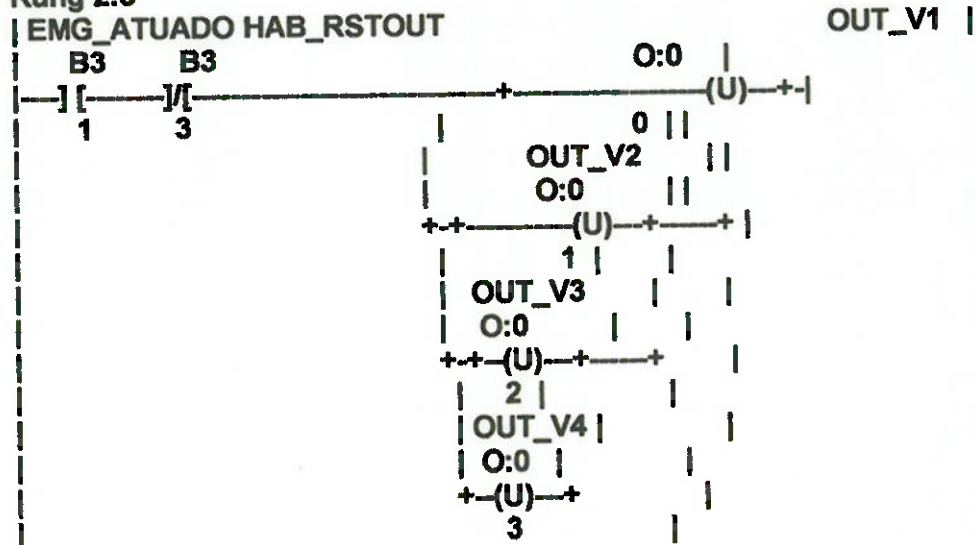
Rung 2:1



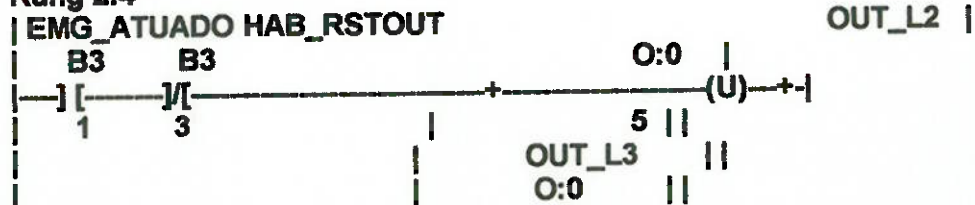
Rung 2:2

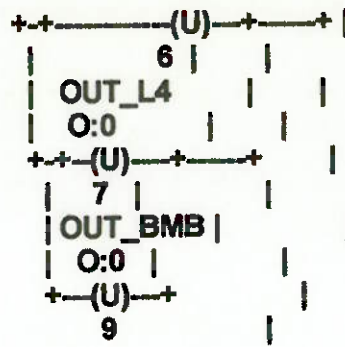


Rung 2:3



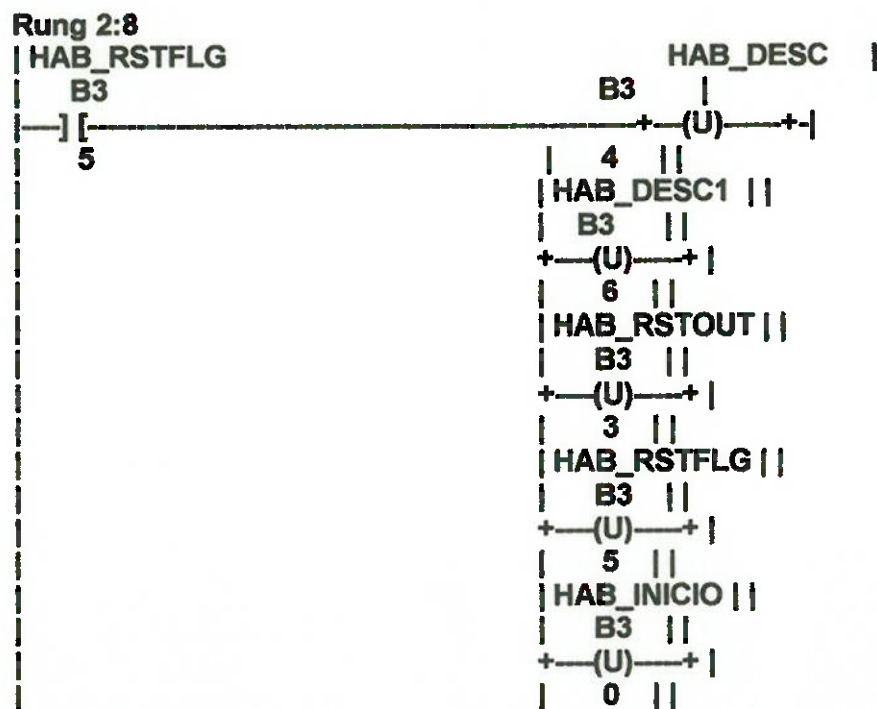
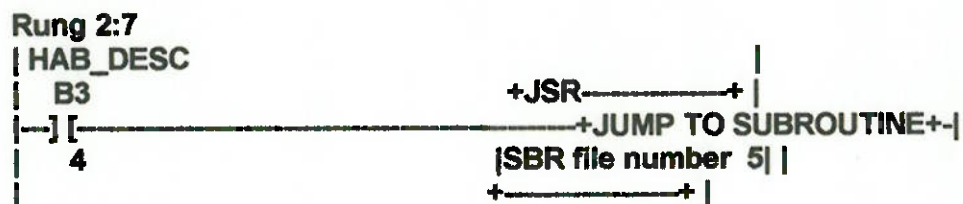
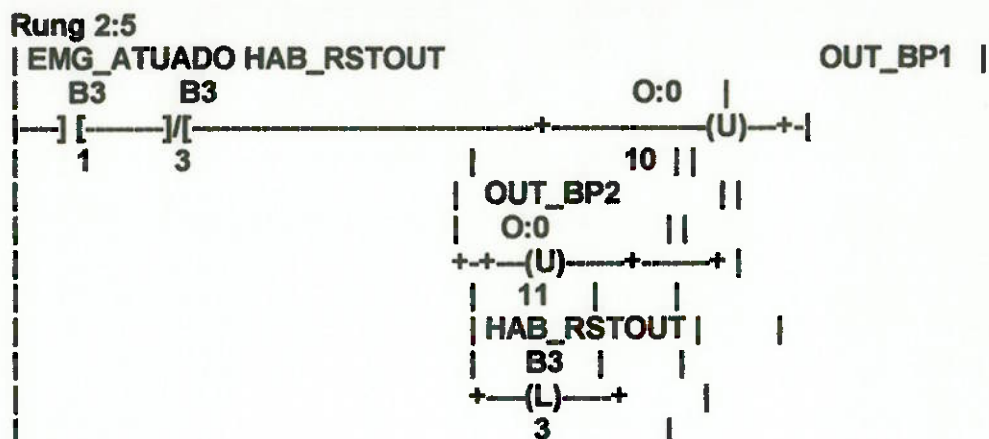
Rung 2:4





June 14, 1998 Page 2
 Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 2:5



| HAB_ENX1 ||
| B3 ||
+-(U)-+ |
2	
HAB_DET	
B3	
+-(U)-+	
7	
+++ +++

June 14, 1998 Page 3

Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 2:8

```

+++      +++
|      |
| HAB_DESC2 ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 8        ||
| HAB_ENX2 ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 9        ||
| HAB_DESC3 ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 10       ||
| HAB_SANIT ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 11       ||
| HAB_DESC4 ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 12       ||
| HAB_ENX3 ||
| B3      ||
| +---(U)---+ |
| 13       ||
| T4:0     ||
| +---(RES)---+ |
|          ||
| T4:1     ||
| +---(RES)---+ |
|          ||
| T4:2     ||
| +---(RES)---+ |
|          ||
| C5:0     ||
| +---(RES)---+ |
|          ||
| C5:1     ||
| +---(RES)---+ |
|          |

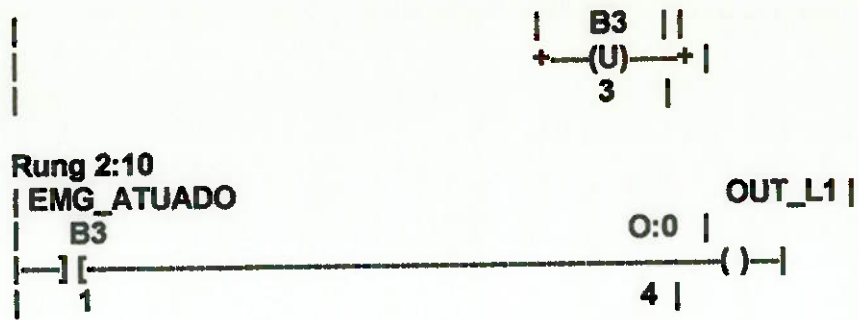
```

Rung 2:9

```

| BOT_EMERG HAB_DESC      EMG_ATUADO |
| I:0  B3                  B3      |
| ---|/|---|/|-----+---(U)---+ |
| 1      4              1      ||
|          | HAB_RSTOUT ||

```

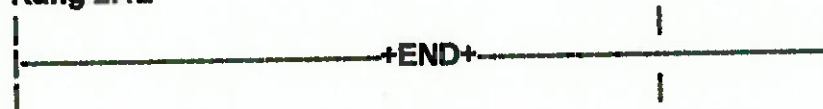


June 14, 1998 Page 4
Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 2:11



Rung 2:12



June 14, 1998 Page 5

Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 3:0

Rung 3:0

HAB_ENX1
B3
+JSR
+JUMP TO SUBROUTINE+
2
SBR file number 4

Rung 3:1

HAB_DESC1	
B3	+JSR-----+
-----]	+JUMP TO SUBROUTINE+-----]
6	SBR file number 5
	+-----+

Rung 3:2

HAB_DET
B3
+JSR
+JUMP TO SUBROUTINE+
SBR file number 6

Rung 3:3

HAB_DESC2
B3
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE+
8
SBR file number 5
+-----+

Rung 3:4

HAB_ENX2
B3
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE+
9
SBR file number 4
+-----+

Rung 3:5

HAB_DESC3
B3
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE+
10
|SBR file number 5|
+-----+

Rung 3:6

HAB_SANIT			
B3		+JSR-----+	
11		+JUMP TO SUBROUTINE+-	
		SBR file number 6	
		+-----+	

Rung 3:7

HAB_DESC4

B3

+JSR

+JUMP TO SUBROUTINE+-

12

SBR file number 5

June 14, 1998 Page 6

Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 3:8

Rung 3:8

```
| HAB_ENX3  
| B3  
|---] [-----+JSR-----+ |  
|          |          +JUMP TO SUBROUTINE+ |  
|          |          |SBR file number 4| |  
|          +-----+ |
```

Rung 3:9

```
|          +JSR-----+ |  
|          |          +JUMP TO SUBROUTINE+ |  
|          |          |SBR file number 7| |  
|          +-----+ |
```

Rung 3:10

```
|          +END+-----+ |
```

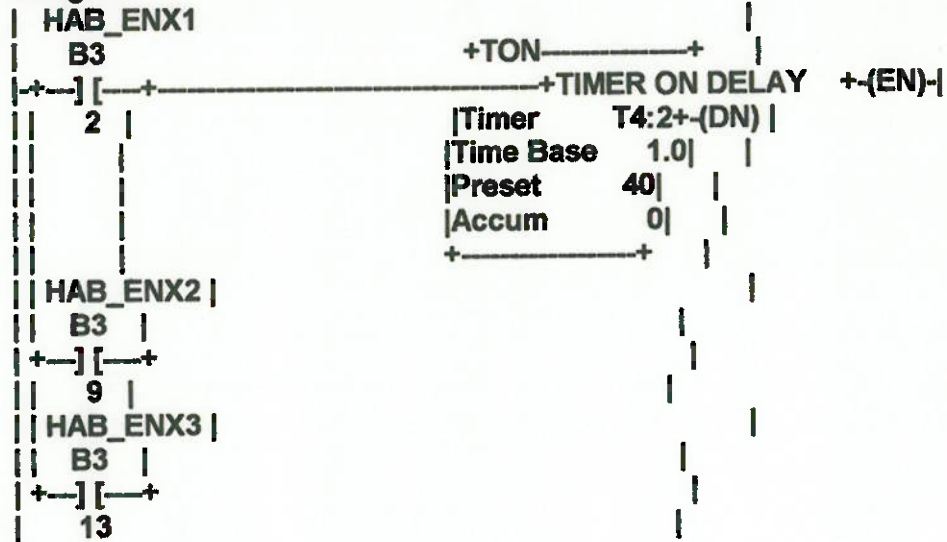
June 14, 1998 Page 7

Program Listing

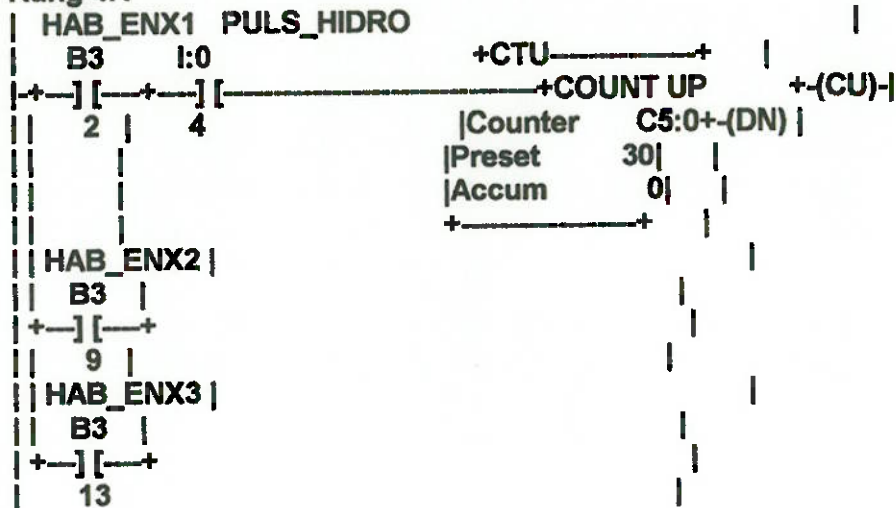
Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 4:0

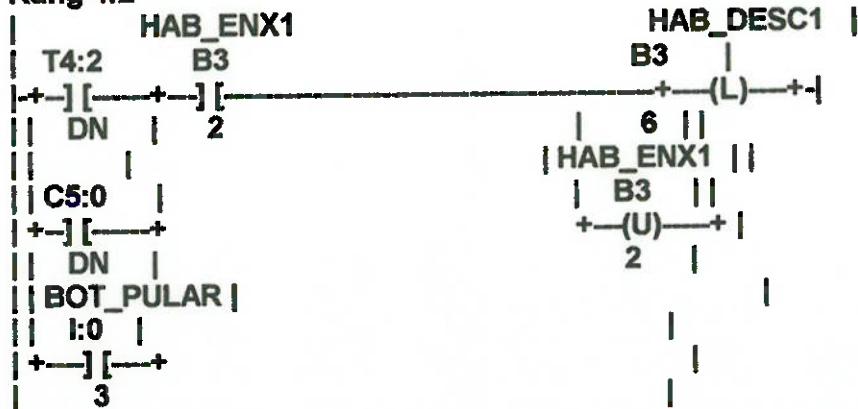
Rung 4:0



Rung 4:1



Rung 4:2



Rung 4:3

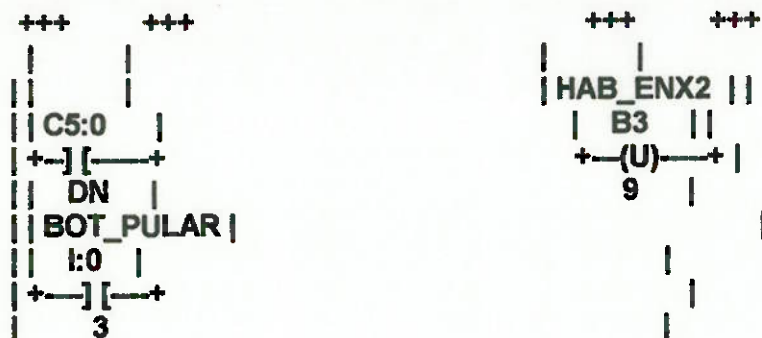


June 14, 1998 Page 8

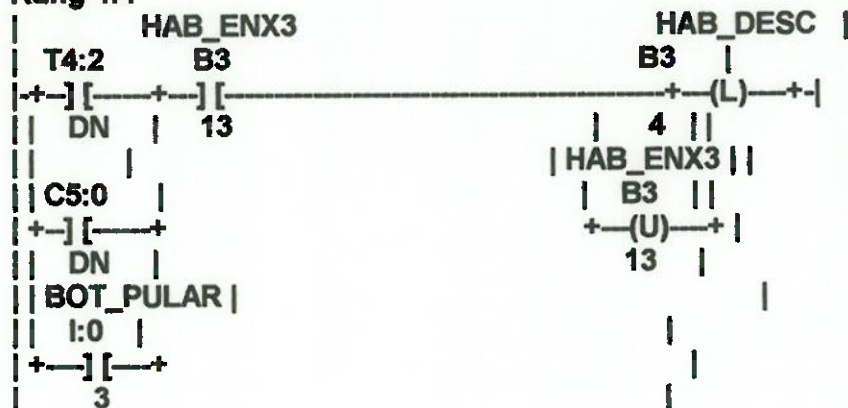
Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

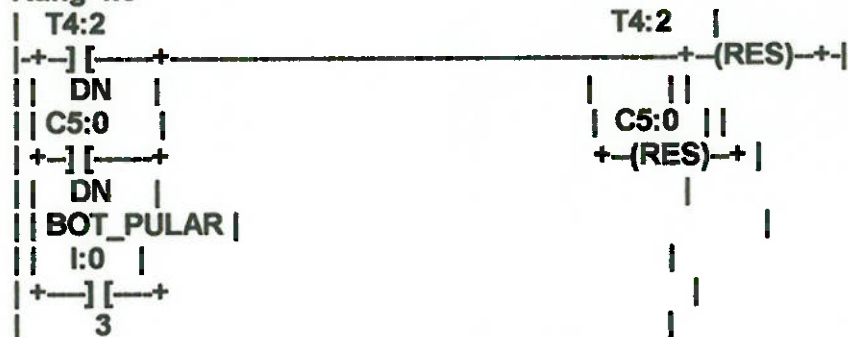
Rung 4:3



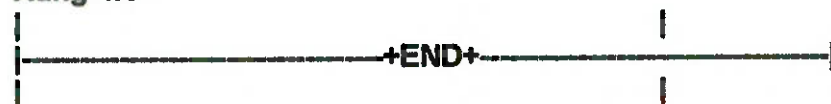
Rung 4:4



Rung 4:5

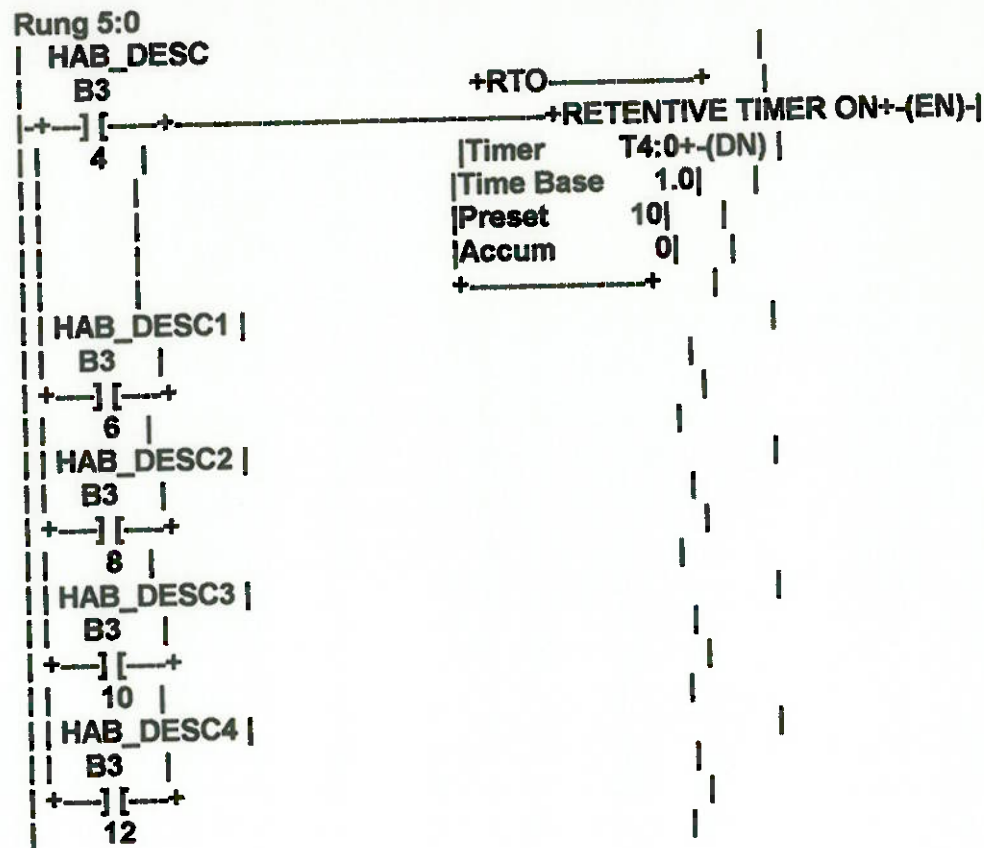


Rung 4:6

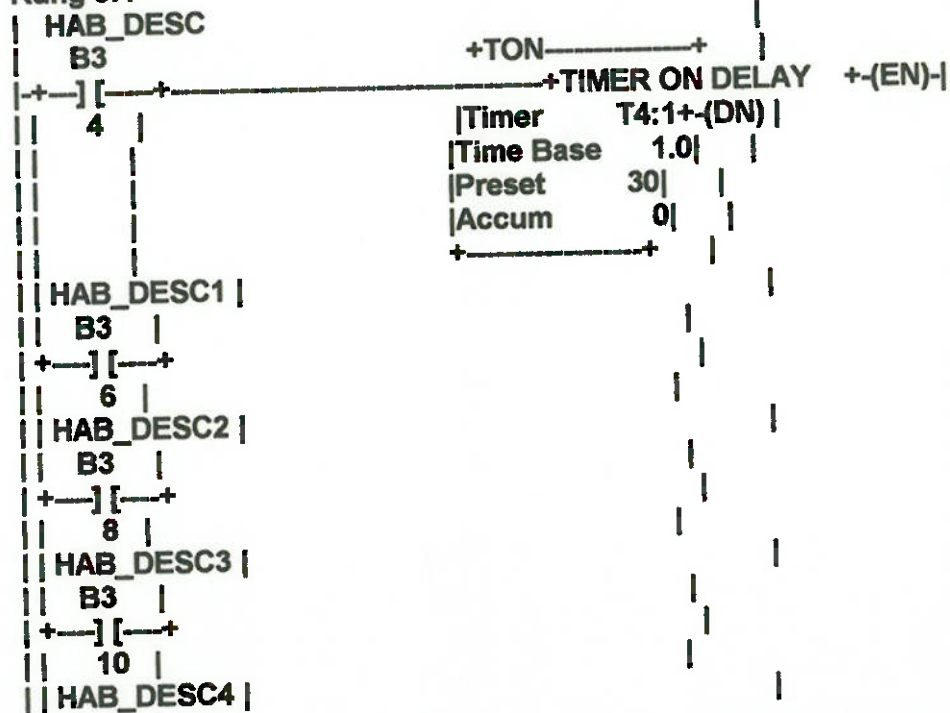


June 14, 1998 Page 9
 Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 5:0



Rung 5:1



|| B3 |
| +---] [---+
| 12 |

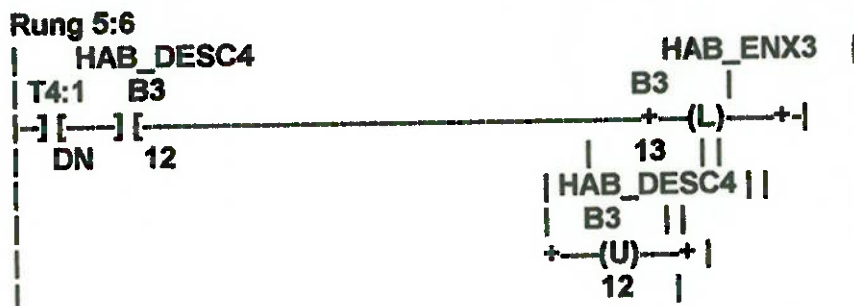
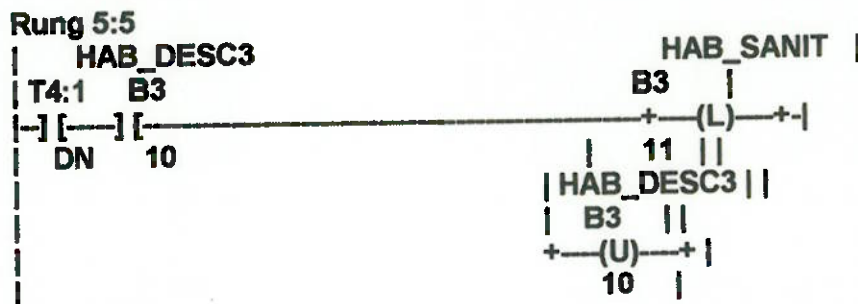
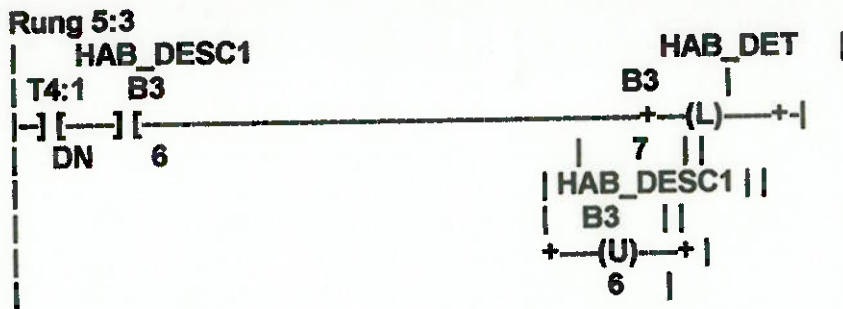
|
|
|

Rung 5:2
| HAB_DESC
| T4:1 B3
| -] [---] [---+
| DN 4

HAB_RSTFLG |
B3 |
5 | (L) |

June 14, 1998 Page 10
 Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 5:3



Rung 5:8

| HAB_DESC

| B3 T4:0

|] [] [

4

TT

OUT_V4 |

O:0 |

3 |

()

June 14, 1998 Page 11
Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 5:9



Rung 5:10

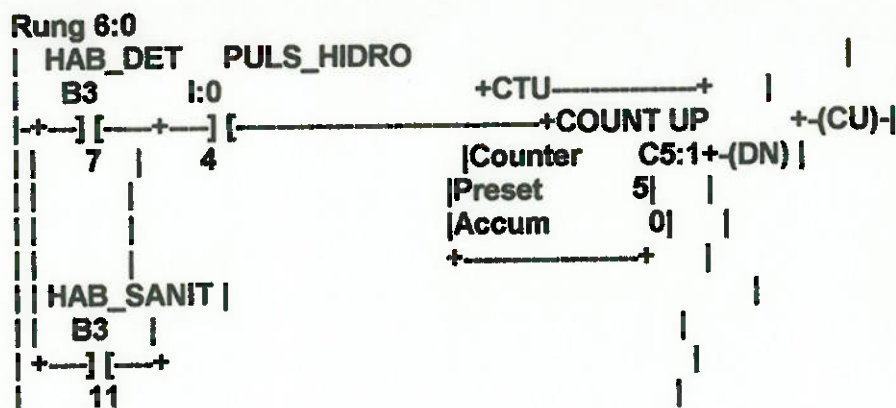


Rung 5:11

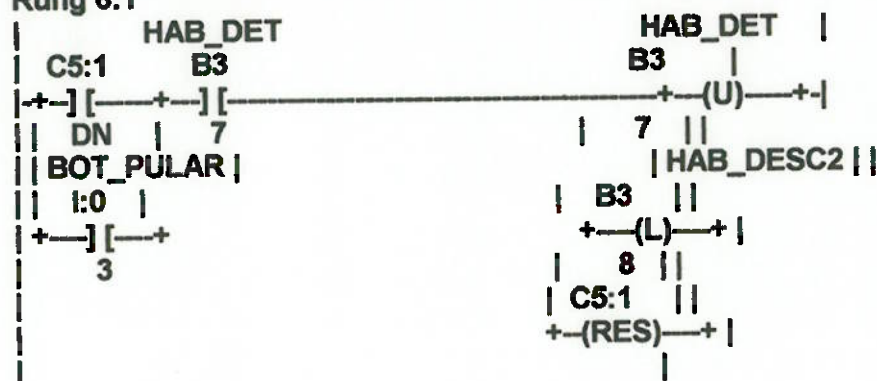


June 14, 1998 Page 12
 Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

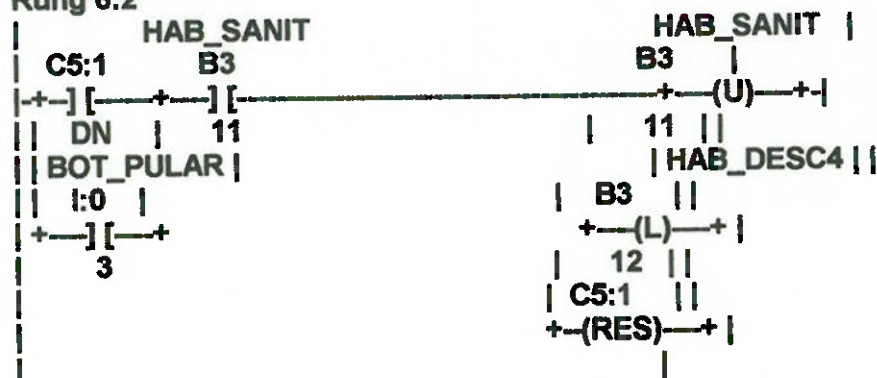
Rung 6:0



Rung 6:1



Rung 6:2



Rung 6:3

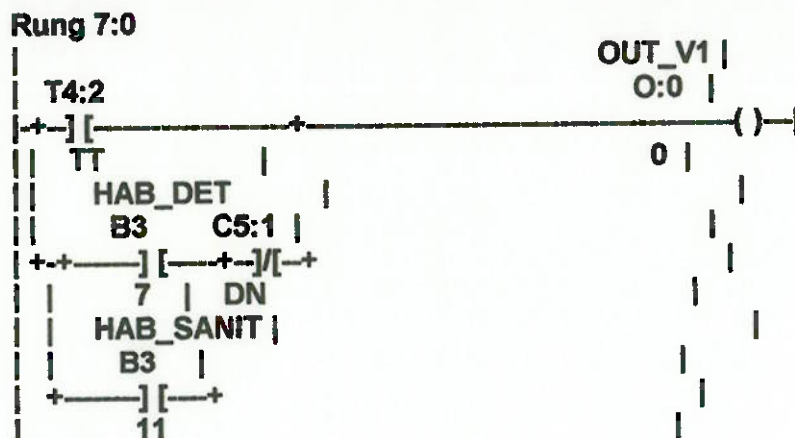


June 14, 1998 Page 13

Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 7:0



Rung 7:1



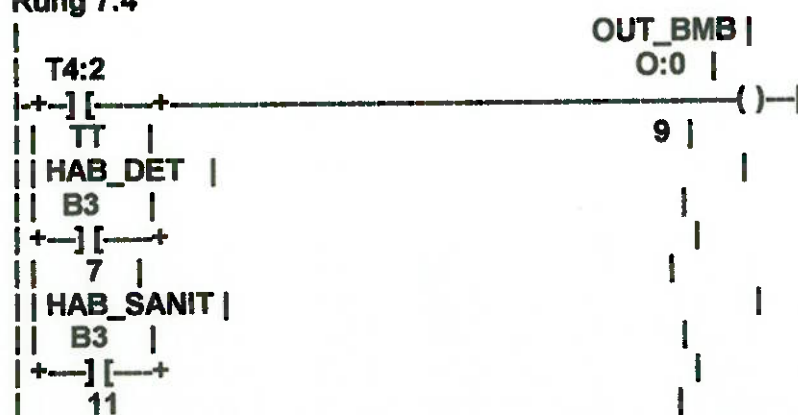
Rung 7:2



Rung 7:3



Rung 7:4



Rung 7:5



June 14, 1998 Page 14

Program Listing

Processor File: LIMPEZA.ACH

Rung 7:6

Rung 7:6



June 14, 1998 Page 15
Program Listing Processor File: LIMPEZA.ACH

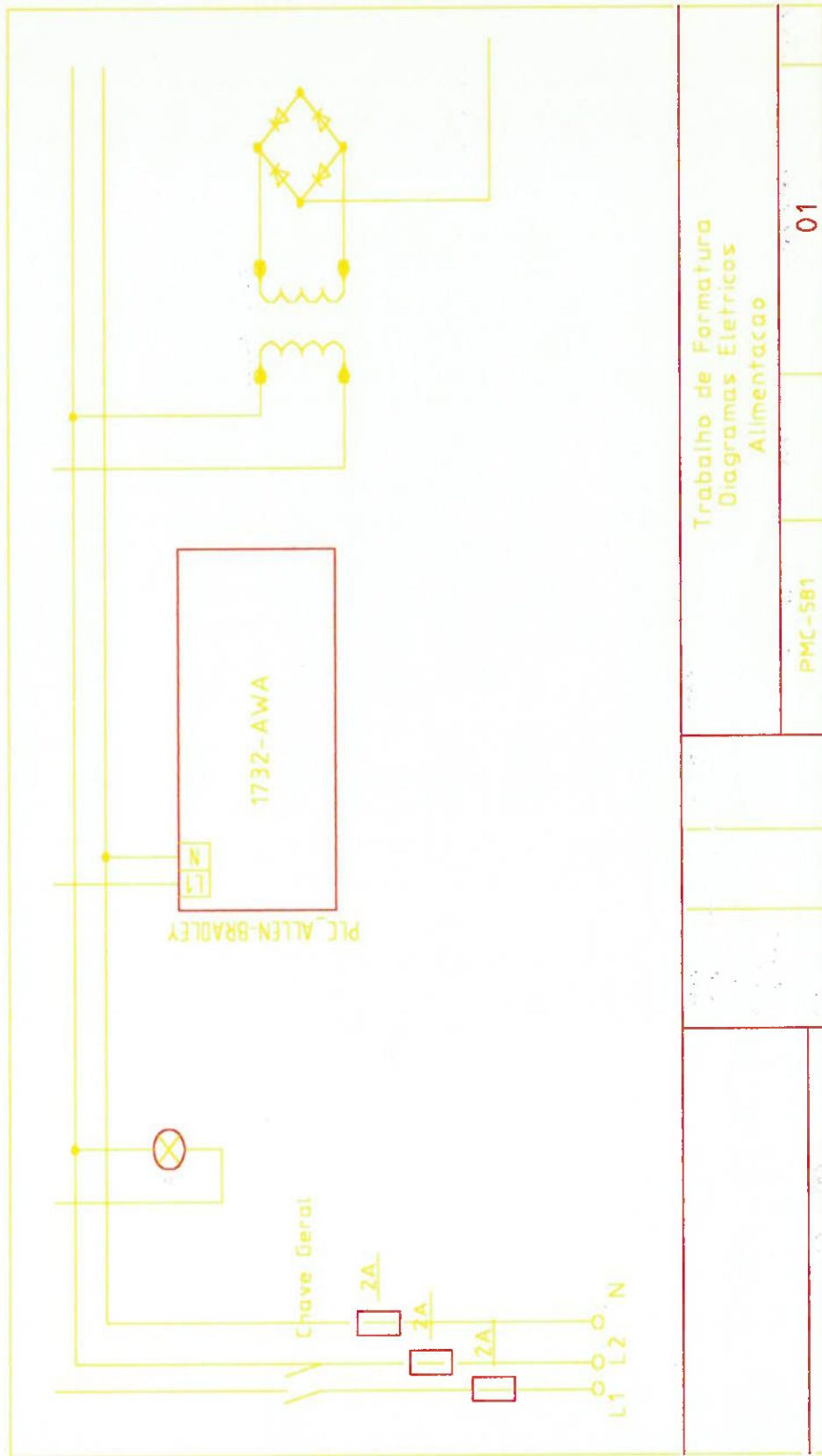
Summary

REPORT OPTIONS SUMMARY

Insure Valid X-Ref Info:	YES
Graphics Mode:	NO
Page Width:	80
Page Length:	66
Starting File:	2
Ending File:	15
Power Rail:	YES
Address Comments:	YES
Address Display:	YES
Rung Comments:	YES
Ladder Cross Reference:	NONE

Anexo II - Diagramas Elétricos:

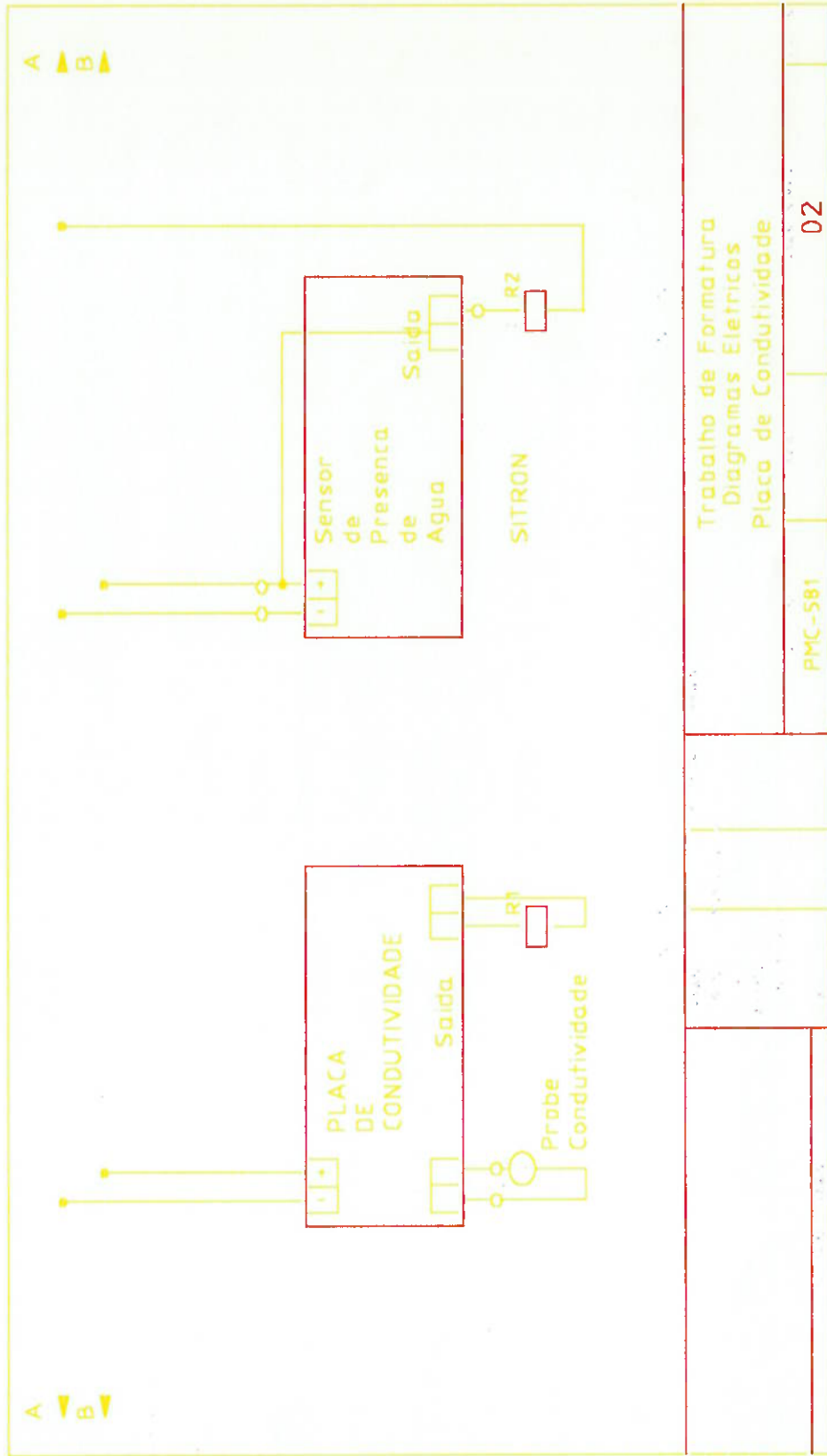
Nas próximas páginas estão os diagramas elétricos do projeto.



Trabalho de Formatura
Diagramas Eletricos
Alimentacao

PMC-581

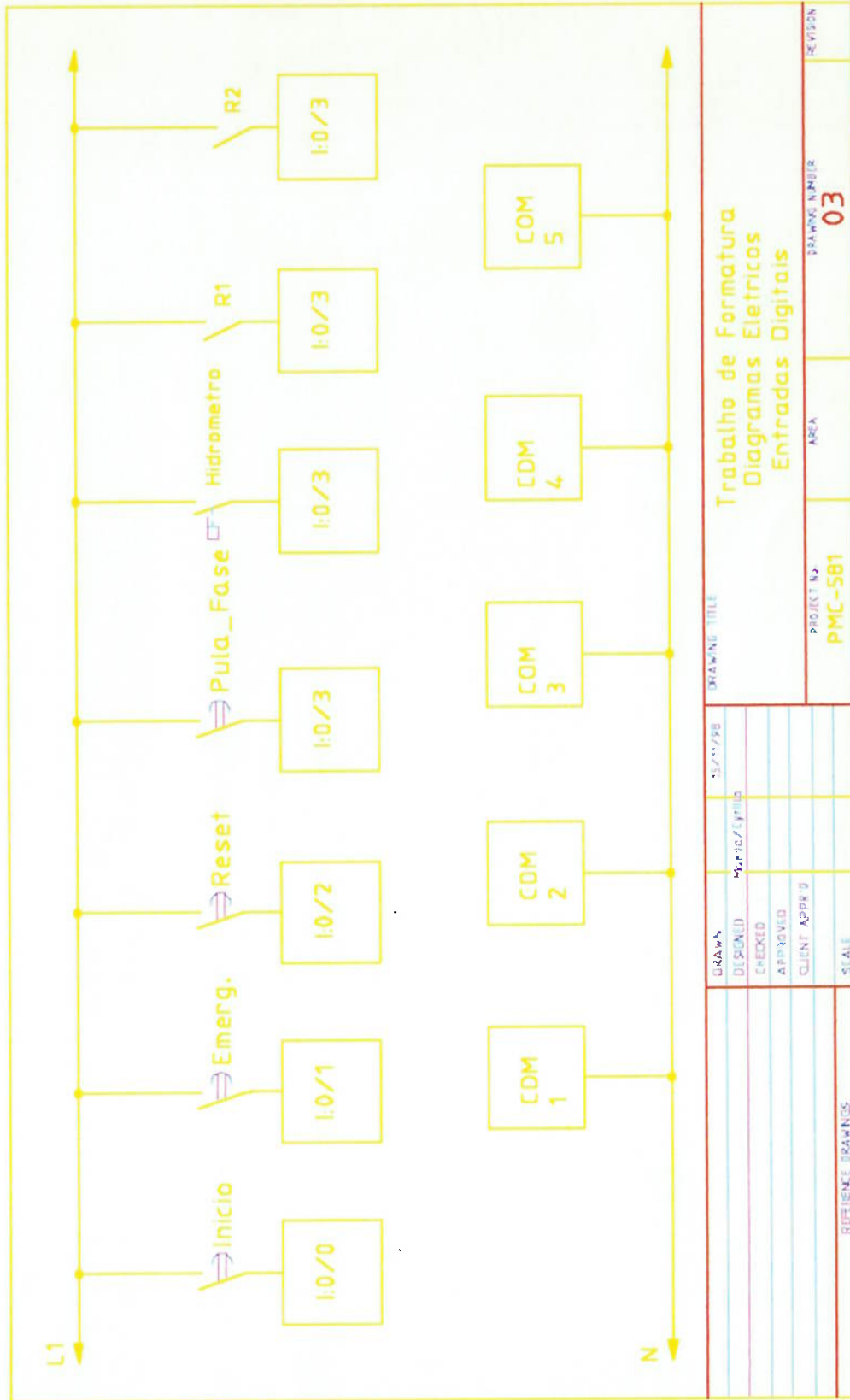
01



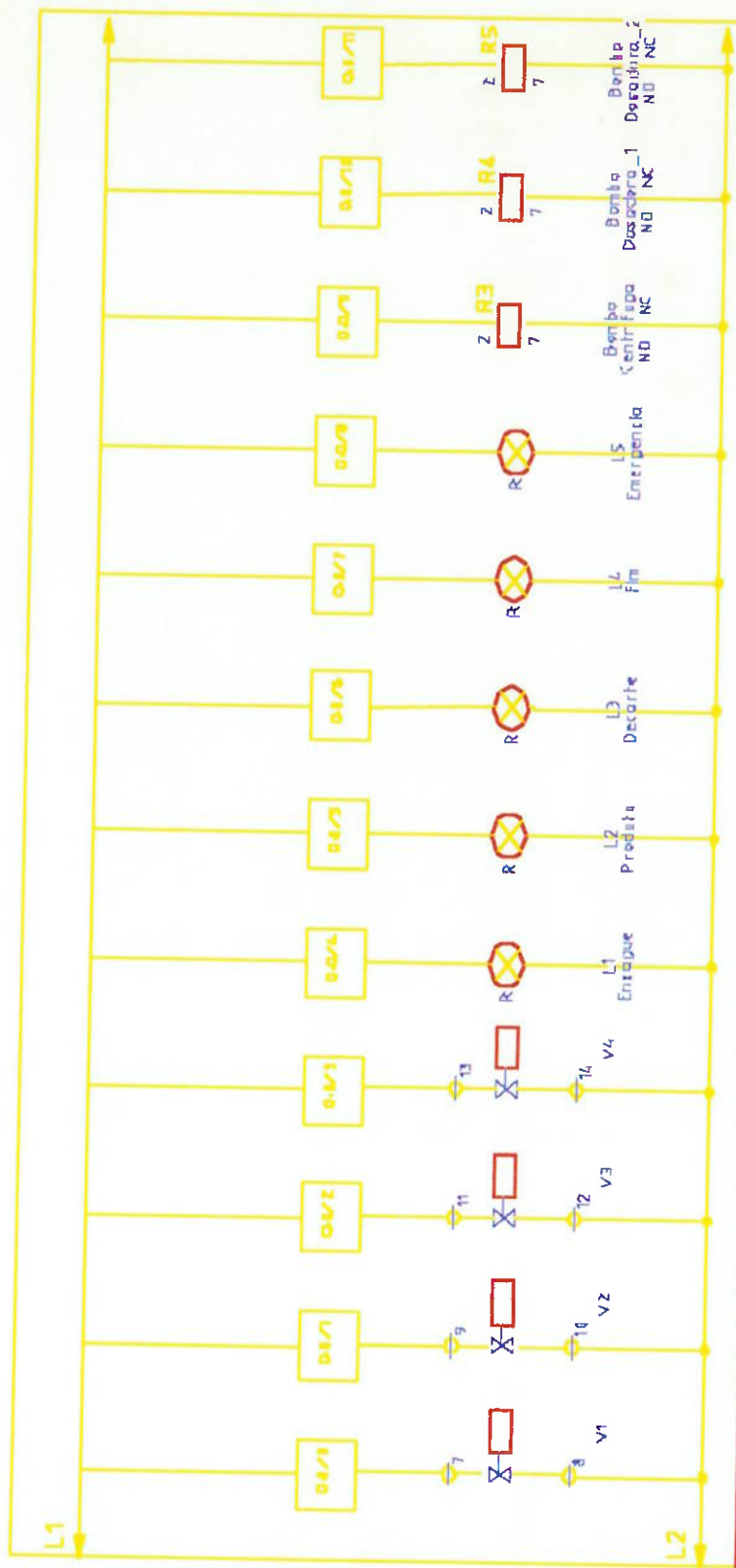
Trabalho de Formatura
Diagramas Eletrônicos
Placa de Condutividade

PMC-581

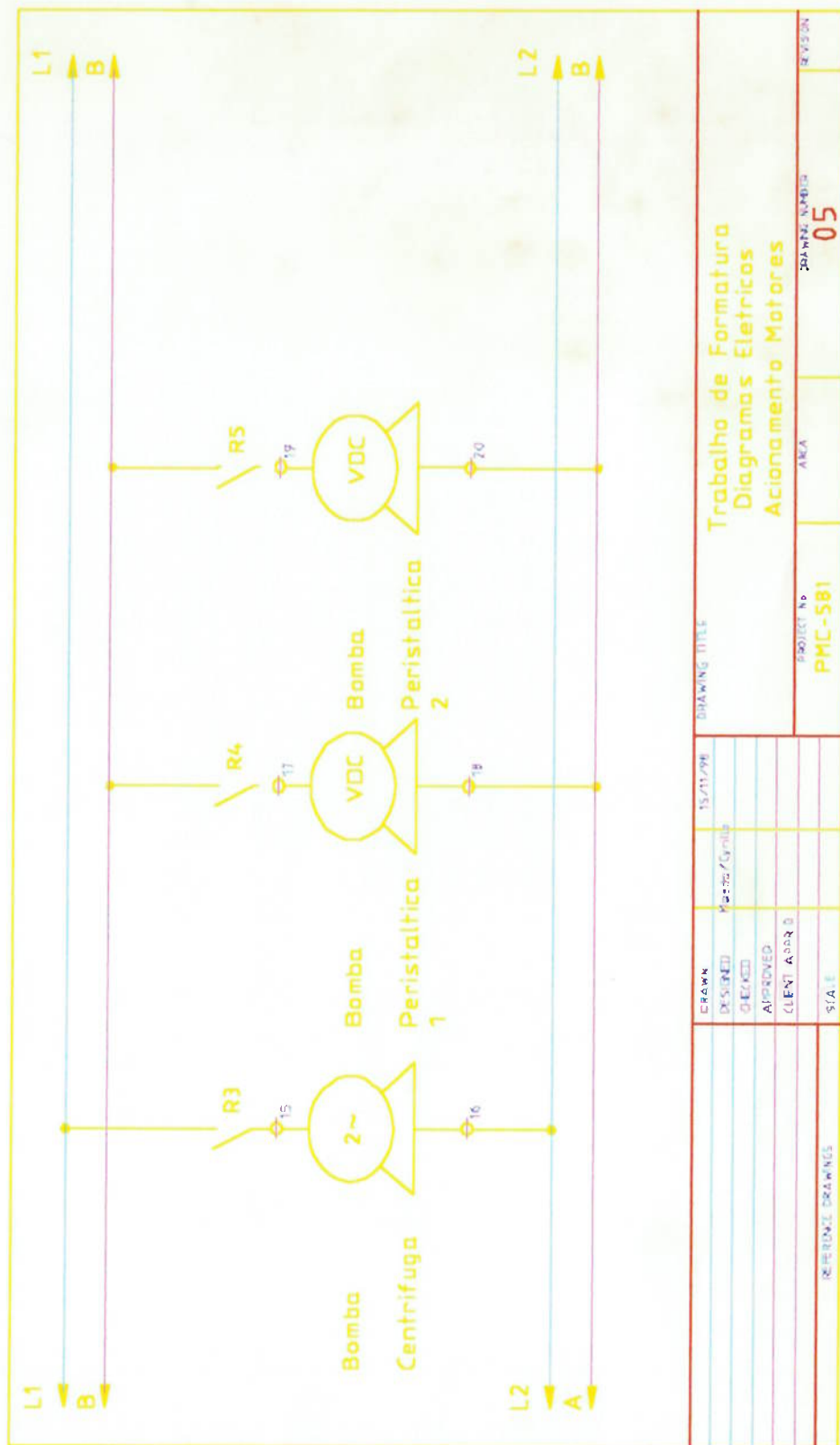
02



DRAWN		DATE	BY	DRAWING TITLE	
DESIGNED	MANOEL	10/10/10		Trabalho de Formatura Diagramas Eletricos Entradas Digitais	
CHECKED					
APPROVED					
CLIENT APPROV					
REFERENCE DRAWINGS		SCALE		PROJECT N°	
				PMC-581	
				AREA	
				DRAWING NUMBER	
				03	
				REVISION	



DRAWING TITLE		15/11/20	
Trabalho de Formatura		15/11/20	
Diagramas Elétricos		15/11/20	
Saldas Digitais		15/11/20	
PROJECT N°		PMC-SB1	
SCALE		1:1	
REVISION		04	



Bibliografia

- MIYAGI, Paulo Eigi. Controle Programável. 1 ed. São Paulo, Editora Edgar Blucher Ltda, 1996
- NATALE, Fernando. Automação Industrial. São Paulo, Nobel, 1989
- PALMIERI, Antonio Carlos. Manual de Hidráulica Básica. São Paulo, Racine Albarus Hidráulica LTDA, 1989
- LAURIA, Douglas. Manual de Hidráulica Básica. São Paulo, 1996
- ALVES, M. A.; MASSARANI, M.; KAMINSKI, P. C. ; RAMOS, R. ; SALVAGNI, R. B. Metodologia de Projeto, São Paulo, 1997