

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG

ENGENHARIA MECÂNICA

DIEGO LEÃO SILVEIRA DA SILVA

AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA DA CALDEIRA

Varginha - MG
2011

FEPESMIG

DIEGO LEÃO SILVEIRA DA SILVA

AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA DA CALDEIRA

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG apresentado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes e Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes.

Varginha - MG
2011

Grupo Educacional UNIS

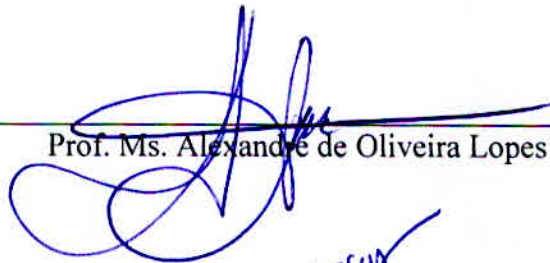
FEPESMIG

DIEGO LEÃO SILVEIRA DA SILVA

AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA DA CALDEIRA

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG realizado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Avaliado em: / /


Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes



Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes


Prof. Esp. André Pacifico de Souza

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que acreditaram em meu potencial, aos professores e colegas de classe e em especial a Deus e minha família por todo o apoio, paciência e companheirismo dado no decorrer deste curso.

“Guardai tuas palavras no meu coração para
não pecar contra ti”.

Salmo 119:11.

RESUMO

A geração de vapor foi um dos grandes marcos na história da humanidade devido a revolução industrial, porém as caldeiras eram muito rústicas e seu controle era totalmente manual e mecânico, o que ocasionava acidentes operacionais. Com o avanço da tecnologia tanto nos materiais como dos controles de processo, as caldeiras foram atingindo patamares cada vez mais automatizados, visando que o mercado sempre exige cada vez mais de seus fornecedores. Atualmente as caldeiras possuem sistemas de controles totalmente automatizados como no caso do nível de água que será nosso estudo nesse trabalho, onde focaremos explicar os tipos de controle de nível existentes, conceito sobre nível e alguns blocos funcionais que serão necessários para programar um controlador lógico programável (CLP). Para o desenvolvimento da automação do nível da caldeira iremos criar um esquema elétrico, um programa gráfico (ladder) para controlar o CLP e por fim a elaboração de um programa para a interface homem – máquina (IHM).

Palavras-chave: Automação. Controle de Nível. Caldeira.

ABSTRACT

The steam generation was a major milestone in the history of mankind because of the industrial revolution, but the boilers were very rustic and its control was entirely manual and mechanical, which caused operational accidents. With the advancement of technology in both the material and process controls, the boilers were reaching levels increasingly automated, in order that the market always demands more from their suppliers. Currently the boiler control systems are fully automated as in the case of the water level that will work in our study, where we will focus on explaining the types of control at existing levels and some concept of functional blocks that will be required to program a programmable logic controller (PLC). For the development of the automation level of the boiler will create a wiring diagram, a graphics program (ladder) to control the PLC and finally the development of a program for the man - machine interface (HMI).

Keywords: Automation. Level Control. Caldera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Disposição dos eletrodos do controle de nível intermitente.....	15
Figura 02 – Malha de controle de nível a um elemento.....	17
Figura 03 – Malha de controle de nível a dois elementos.....	19
Figura 04 – Malha de controle de nível a três elementos.....	20
Figura 05 – Transmissor de pressão diferencial 2D400.....	22
Figura 06 – Transmissor de pressão diferencial em tanques fechados.....	23
Figura 07 – Bloco de adição, subtração e multiplicação.....	25
Figura 08 – Bloco de comparação (maior ou igual).....	26
Figura 09 – Bloco de comparação (menor ou igual).....	26
Figura 10 – Bloco de comparação (menor).....	27
Figura 11 – Bloco de movimentação.....	27
Figura 12 – Bloco de PID.....	28
Figura 13 – Simbologia elétrica.....	30
Figura 14 – Parte de potência.....	31
Figura 15 – Controle do nível intermitente.....	32
Figura 16 – Controle de inversores de frequência da lombar.....	33
Figura 17 – Lay Out do PLC e IHM.....	34
Figura 18 – Variáveis de entrada digital.....	35
Figura 19 – Variáveis de saída digital.....	36
Figura 20 – Variáveis de entrada analógica.....	37
Figura 21 – Variáveis de saída analógica.....	38
Figura 22 – Programa em Ladder Pagina 01.....	42
Figura 23 – Programa em Ladder Pagina 02.....	43
Figura 24 – Programa em Ladder Pagina 03.....	44
Figura 25 – Programa em Ladder Pagina 04.....	45
Figura 26 – Programa em Ladder Pagina 05.....	46
Figura 27 – Programa em Ladder Pagina 06.....	47
Figura 28 – Programa em Ladder Pagina 07.....	48
Figura 29 – Programa em Ladder Pagina 08.....	49
Figura 30 – Programa em Ladder Pagina 09.....	50
Figura 31 – Programa em Ladder Pagina 10.....	51
Figura 32 – Tela de armazenamento das tags.....	52
Figura 33 – Tela de controle do nível.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Objetivo.....	11
2. CALDEIRA.....	12
2.1. Introdução.....	12
2.2. Definição.....	12
2.3. Tipos de caldeiras.....	13
2.3.1. Fogotubular.....	13
2.3.2. Aquatubular	13
3. NÍVEL.....	14
3.1. Introdução.....	14
3.2. Definição.....	14
3.3. Tipos de controle de nível.....	15
3.3.1. Controle de nível intermitente.....	15
3.3.2. Controle de nível a um elemento.....	17
3.3.3. Controle de nível a dois elementos.....	18
3.3.4. Controle de nível a três elementos.....	19
4. TEOREMA DE STEVIN / TRANSMISSORES.....	21
4.1. Definição.....	21
4.2. Transmissor de Pressão Diferencial.....	21
5. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMÁVEL.....	23
5.1. Introdução.....	23
5.2. Definição.....	24
5.3. Instruções.....	24
5.3.1. Instruções matemáticas.....	25
5.3.2. Instruções de comparações.....	26
5.3.3. Instrução de movimentação.....	27
5.3.4. Instrução do PID.....	28
6. DESENVOLVIEMENTO DO PROJETO.....	29
6.1. Esquema elétrico.....	29
6.2. Programa em linguagem Ladder.....	39
6.2.1. Modo de operação / controle intermitente.....	39
6.2.2. Modo de operação / controle contínuo.....	39
6.2.3. Descrição da programação Ladder.....	40
6.3. Programa IHM.....	52
7. CONCLUSÃO.....	54
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

A competitividade cada dia que passa vem aumento mais e mais no mercado de trabalho, a automação tem influencia e máxima importância em quase todos processos industriais, sendo de condição obrigatória para quem deseja produzir em larga escala com agilidade, uniformidade e qualidade.

A automação empregada nas caldeiras é de suma importância devido a utilização de diversos instrumentos e controles a fim de garantir um processo seguro, econômico e confiável. No caso dos geradores de vapores os sistemas de controle empregam formas simples como dispositivos manuais ate sistemas complexos de grande porte envolvendo diversos instrumentos.

Controle de nível da caldeira é um elemento de primordial segurança da caldeira, juntamente como o controle de pressão e diversas malhas de intertravamentos, a automação veio para melhorar o relacionamento entre operador e maquina visando eliminar o máximo possível a intervenção humana no processo, o que ocasiona redução da possibilidade de ocorrer acidentes por falhas operacionais.

Para tanto, fez-se necessário um planejamento no sentido de desenvolver uma interface de fácil entendimento e uma programação enxuta onde os passos serão descrito neste documento.

1.1. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver a automação do controle de nível de uma caldeira fogotubular que é uma malha que possui uma certa complexidade, onde será feito o projeto elétrico, a programação em linguagem gráfica (ladder) para o Controlador Lógico Programável (PLC) e o programa da Interface Homem - Máquina (IHM), afim de garantir um funcionamento correto do sistema.

2. CALDEIRA

2.1. Introdução

A primeira tentativa do homem em produzir vapor foi no século II a.C, quando Heron de Alexandria criou um aparelho que vaporizava água e movimentava uma esfera em torno de seu eixo. Esse foi o aparelho precursor das caldeiras e das turbinas a vapor.

Entretanto, foi na época da Revolução Industrial que teve impulso o uso do vapor sob pressão para movimentar as máquinas. Muitos, entre cientistas, artífices e operários, ocuparam-se por longos anos na evolução dos geradores de vapor. Os trabalhos mais importantes nesta área se devem a Denis Papin na França, a James Watt na Escócia e a Wilcox nos Estados Unidos.

Por volta de 1835, haviam aproximadamente 6 mil teares a vapor . Entretanto, foi após a 1 Guerra mundial que o emprego do vapor se acentuou. Mesmo com a tecnologia, normas, procedimentos e ensaios que hoje existem, as caldeiras ainda explodem, imagina-se quantos acidentes ocorreram e quantas vítimas houveram desde a época em que o vapor passou a ser o principal agente de movimentação das máquinas.

Atualmente as caldeiras de uso industrial produzem até 10 toneladas ou mais de vapor por hora e o fator limitante da capacidade de produção de vapor é as dimensões da unidade e as propriedades metalúrgicas dos materiais utilizados.

2.2. Definição

Caldeira ou Gerador de vapor é um equipamento que se destina a gerar vapor através de um troca térmica entre o combustível e a água , sendo que isto é feito por este equipamento construído com chapas e tubos cuja finalidade é fazer com que água se aquece e passe do estado líquido para o gasoso, aproveitando o calor liberado pelo combustível que faz com as partes metálicas da mesma se aqueça e transfira calor à água produzindo o vapor.

2.3. Tipos de caldeiras

Basicamente existem dois tipos de caldeiras: a fogotubular e a aquatubular.

2.3.1. Fogotubular

As caldeiras fogotubulares ou flamotubulares se caracterizam pela circulação interna dos gases de combustão, ou seja, os tubos conduzem os gases por todo interior da caldeira. O vapor é gerado pelo calor transferido dos gases quentes da combustão, através das paredes dos tubos, para a água que fica circundando estes tubos. A medida que os gases da combustão fluem através dos tubos, eles são resfriados pela transferência de calor para água por radiação e convecção, portanto quanto maior o resfriamento dos gases maior será a transferência de calor. O resfriamento dos gases da combustão é em função da condutividade dos tubos, da diferença de temperatura entre os gases e a água, da área de transferência de calor, tempo de contato dos gases com a superfície dos tubos e de outros.

Embora as caldeiras fogotubulares sejam simples, por problemas construtivos e de competitividade econômica, suas aplicações são restritas aos casos em que se necessita de pequenas ou medias vazões de vapor (até 10 ton/h), pressões de trabalho não superiores a 10kgf/ (150 psi) e somente vapor saturado. (BEGA, 2003)

2.3.2. Aquatubular

Na caldeira aquatubular a água passa por dentro e os gases quentes da combustão passam por fora dos tubos, ou seja, o lado de água fica por dentro e o lado de fogo por fora dos tubos. Estes tubos são normalmente conectados entre dois ou mais tubulões cilíndricos. O tubulão superior tem seu nível de água controlado em cerca de 50% e o(s) inferior(es) trabalha(m) totalmente cheio(s) de água. Todo o conjunto é isolado por uma parede refrataria, de forma a evitar perdas de calor para o ambiente.

As caldeiras aquatubulares são de utilização ampla, pois possuem vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas. Isso viabiliza economia e tecnicamente o emprego de maiores espessuras e, portanto, a operação em maiores temperaturas. Outra característica importante desse tipo de caldeira é a possibilidade de adaptação de acessórios, como o superaquecedor, que permite o fornecimento de vapor superaquecido. (BEGA, 2003)

3. NÍVEL

3.1. Introdução

O controle de nível é uma das variáveis mais amplamente utilizadas em processos industriais. A medição desta grandeza está relacionada a pontos em uma superfície sólida, líquida, gasosa ou mista onde se encontra em equilíbrio exercendo a mesma pressão.

Segundo Instrumentação Industrial os instrumentos de medição de nível podem ser classificados, pela forma como medem o nível, em instrumentos de medida direta e inferencial. Como também pode ser classificado de acordo com a função que desempenha na malha, o que nos levaria a classificá-los como indicadores, transmissores, controladores e chave de nível. (BEGA, 2006. p 143 e 144)

Apesar de existirem diversas formas de como medir o nível da água de uma caldeira, usualmente a mais utilizada é pelo transmissor de pressão diferencial.

3.2. Definição

A medição desta grandeza está relacionada a pontos em uma superfície sólida, líquida, gasosa ou mista onde se encontra em equilíbrio exercendo a mesma pressão. (BEGA, 2006)

3.3. Tipos de controle de nível

Relacionado ao estudo de caldeiras o controle de nível geralmente implantado são os controles intermitentes e contínuo, sendo que os contínuos por sua vez são classificados em um, dois e três elementos. O que torna aplicável desde caldeiras de pequeno porte até as aquatubulares que podem trabalhar com pressões mais elevadas utilizadas para grade geração de vapor.

3.3.1. Controle de nível intermitente

Manter o nível de água de acordo com os eletrodos montados na garrafa de nível em relação ao eletrodo no corpo da caldeira. O controle de nível intermitente é do tipo on/off. O controle de nível intermitente pode ser utilizado com o controle contínuo a um, dois ou três elementos. Quanto ao uso do nível contínuo e intermitente no mesmo equipamento, a garrafa de nível é equipada com quatro eletrodos, sendo:

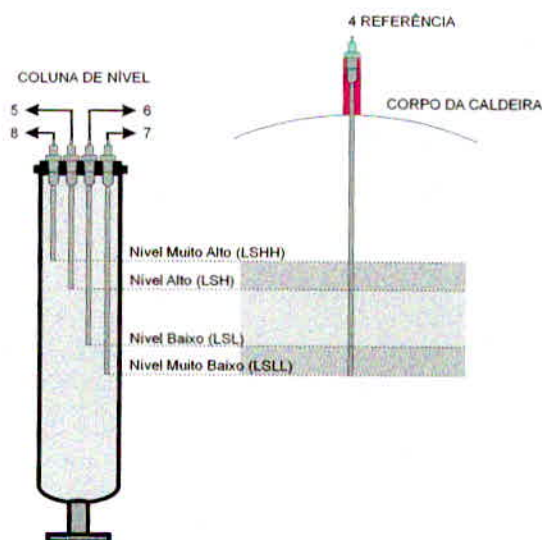


Figura 1 – Disposição dos eletrodos do controle de nível intermitente.
Fonte: Steammaster Ltda.

- **Nível Muito Alto (LSHH);**
- **Nível Alto (LSH);**
- **Nível Baixo (LSL);**
- **Nível muito baixo (LSLL).**

No nível intermitente os eletrodos 5 e 6, controlam as bombas d'água de forma on/off e o 7 (nível crítico) é utilizado para alarme e segurança da caldeira, desligando o queimador caso o nível de água fique abaixo deste eletrodo. O eletrodo 8 (nível crítico) é utilizado para alarme e segurança, desligando as bombas d'água quando o nível de água cobre o eletrodo, somente quando há o nível contínuo, afim de evitar o arraste de água para a linha de vapor.

O nível de água ao descobrir o eletrodo 7, o mesmo envia um sinal elétrico para o controlador de nível, acionando o relé 2 (nível muito baixo) e o contato auxiliar (NA) do mesmo aciona o alarme sonoro e liga a bomba d'água através do comando do painel elétrico / CLP. Ao cobrir o eletrodo o relé é desenergizado.

O nível de água ao cobrir o eletrodo 5, o mesmo envia um sinal elétrico para o controlador de nível, acionando o relé 1 (Liga Bomba) e o contato auxiliar (NF) do mesmo abre desligando a bomba d'água por nível alto.

O nível de água ao descobri o eletrodo 6, o mesmo envia um sinal elétrico para o controlador de nível, desenergizando o relé 1 (Liga Bomba) e o contato auxiliar (NF) do mesmo volta a fechar ligando a bomba d'água por nível baixo.

O nível de água ao cobrir o eletrodo 8, o mesmo envia um sinal elétrico para o controlador de nível, acionando o relé 3 (Nível Muito Alto) e o contato auxiliar (NA) do mesmo aciona o alarme sonoro e desliga a bomba d'água através do comando do painel elétrico / CLP. Ao descobrir o eletrodo o relé é desenergizado.

Para que funcione corretamente o controle de nível, o eletrodo 4 deve estar mergulhado na água, caso contrario, o controlador de nível entenderá que o nível de água na caldeira está muito baixo (crítico), neste caso a bomba d'água ficará ligada até que o nível cubra os eletrodos.

3.3.2. Controle de nível a um elemento

Tem como objetivo manter o nível de água de acordo com o ponto de ajuste (SP) do controlador de nível (LIC), mantendo sempre um nível constante, melhorando a eficiência do gerador de vapor, evitando as quedas de pressões que ocorrem quando se trabalha no modo de controle intermitente com água fria.

No controle de nível a um elemento, utiliza-se malha comum com realimentação negativa, que opera com um transmissor (LT) e um controlador de nível (LIC).

Na malha de controle do nível, o transmissor envia o sinal ao controlador (LIC), o controlador compara este sinal com o ponto de ajuste (SP) e envia um sinal de correção para a válvula de controle ou inversor de frequência que aumenta ou diminui a vazão de água adicionada a caldeira. Como neste caso está se utilizando uma malha comum com realimentação negativa, o controlador de nível só corrigirá a vazão de água de alimentação depois que o nível sofrer variação. (BEGA, 2003)

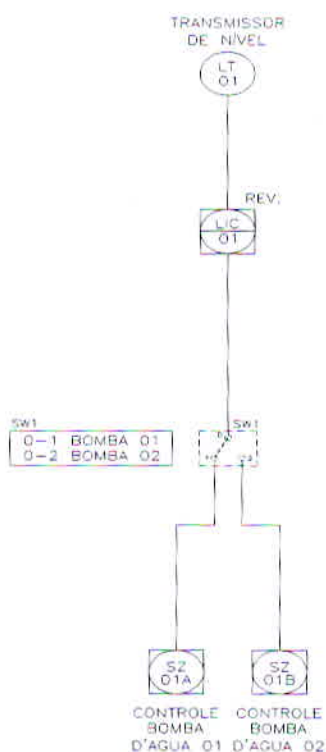


Figura 2 – Malha de controle de nível a um elemento
Fonte: Egídio Alberto Bega

3.3.3. Controle de nível a dois elementos

Tem como função antecipar as variações de nível em função do medidor de vazão do vapor, a fim de manter o nível de água de acordo com o ponto de ajuste (SP) do controlador de nível (LIC), mantendo sempre um nível constante, melhorando a eficiência do gerador de vapor, evitando as quedas de pressões que ocorrem quando se trabalha no modo de controle intermitente com água fria.

Na malha de nível a dois elementos, o sinal do controlador de nível (LIC) e do medidor de vazão do vapor (FT) são enviados ao somador (FY). O somador (FY), que tem sua polarização ajustada em menos 50%, recebe os sinais do FT e do LIC e envia a resultante para os inversores de frequência ou válvula de controle de nível. Nas condições de equilíbrio, a saída do somador será função do sinal recebido do medidor de vazão do vapor (FT), uma vez que a saída do LIC ficará estável em cerca de 50% enquanto o nível estiver no ponto de ajuste (SP); caso o nível saia do ponto de ajuste, a saída do LIC variará e, conseqüentemente, a saída do somador passará a ser função dos sinais recebidos do FT e do LIC; isto irá ocorrer até que o sistema volte as condições de equilíbrio, ou seja, até que o nível volte ao ponto de ajuste (SP).

No controle de nível a dois elementos, o sinal de correção antecipada fornecida pelo medidor de vazão do vapor, opõe-se às influências que as ocorrências de expansão ou contração no sistema vapor-água causam na malha de realimentação da caldeira (nível), minimizando as perturbações que estas ocorrências geram às malhas de controle de nível.

Neste tipo de malha, a água de alimentação deve ter pressão constante, pois caso ocorram variações nesta pressão, a vazão através da válvula se alterará, obrigando o sistema de controle a fazer correções continuamente. Assim, não é recomendável a utilização desta malha de controle, quando uma mesma bomba alimenta diversas caldeiras ao mesmo tempo. (BEGA, 2003)

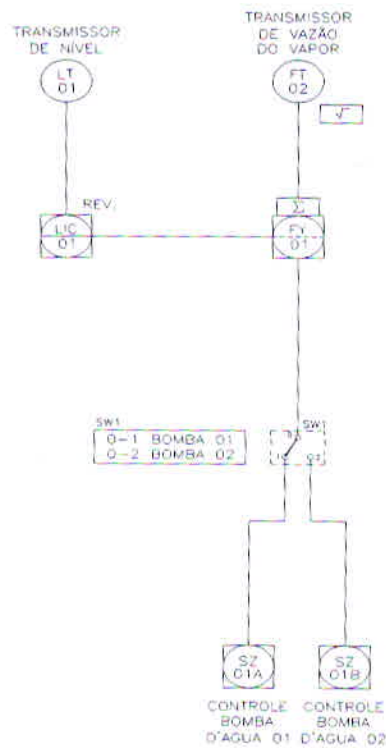


Figura 3 – Malha de controle de nível a dois elementos.
 Fonte: Egidio Alberto Bega

3.3.4. Controle de nível a três elementos

O controle de nível a três elementos foi desenvolvido visando um melhor controle de nível e a eliminação dos problemas de controle, causados pelas variações na pressão devido à água de alimentação.

Esta malha utiliza controle antecipativo com realimentação, combinado com controle em cascata. Neste caso, a correção antecipada do nível será realizada pela vazão do vapor e a realimentação será realizada pelo medidor e controlador de nível, de forma idêntica ao controle a dois elementos, enquanto a vazão da água será mantida pela malha escrava de controle da água (FIC), em função do ponto de ajuste recebido do somador (FY).

Na malha de nível a três elementos, a saída do somador (FY) será função do sinal recebido do medidor de vazão do vapor (FT) enquanto o nível estiver no ponto de ajuste, uma vez que nestas condições a saída do (LIC) ficará estável. Caso o nível saia do ponto de ajuste, a saída do LIC variará e, conseqüentemente, a saída do somador (FY) passará a ser função dos sinais recebidos do FT e do LIC; isto irá ocorrer até que o nível volte ao ponto de ajuste. O

Controlador (FIC) da malha escrava de vazão de água de alimentação atuará no inversor de frequência ou válvula de controle de forma a manter a vazão da água de alimentação de acordo com o ponto de ajuste recebido do somador (FY). (BEGA, 2003)

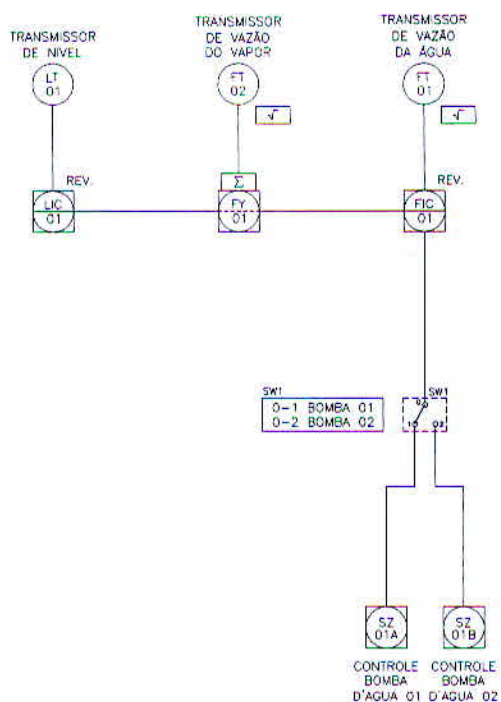


Figura 4 – Malha de controle de nível a três elementos.
Fonte: Egídio Alberto Bega

- LT – Transmissor de nível
- FT – Transmissor de vazão
- SP – Set point
- LIC – Controlador indicador de nível
- FIC – Controlador indicador de vazão
- FY – Função

4. TEOREMA DE STEVIN

4.1. Definição

Teorema de Stevin: “A diferença entre dois pontos de um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de altura entre dois pontos”

4.2. Transmissores de pressão diferencial

Este tipo de transmissor mede a pressão da coluna líquida que se encontra confinada dentro de um determinado equipamento. A medição hidrostática é feita conectando diretamente a tomada de alta [H] e a de baixa [L] no equipamento que deseja medir.

O princípio mais comum de funcionamento dos transmissores de pressão diferencial do tipo diafragma é o princípio de equilíbrio de forças, as pressões que definem um dado diferencial são aplicadas através das conexões de entrada do instrumento a duas câmaras situadas em lados opostos, estanques entre si e separadas por um elemento sensível (diafragma). Estas pressões, atuando sobre o elemento com uma superfície determinada, produzem forças de mesma direção e sentidos opostos, fazendo originar uma força resultante. Esta força resultante, no caso de transmissor tipo célula capacitiva, provoca uma variação na relação das capacitâncias. Esta variação, proporcional à pressão diferencial é convertida, amplificada proporcionando um sinal de saída em corrente na saída do transmissor (normalmente de 4 - 20 mA). (SENAI – ES 1999)

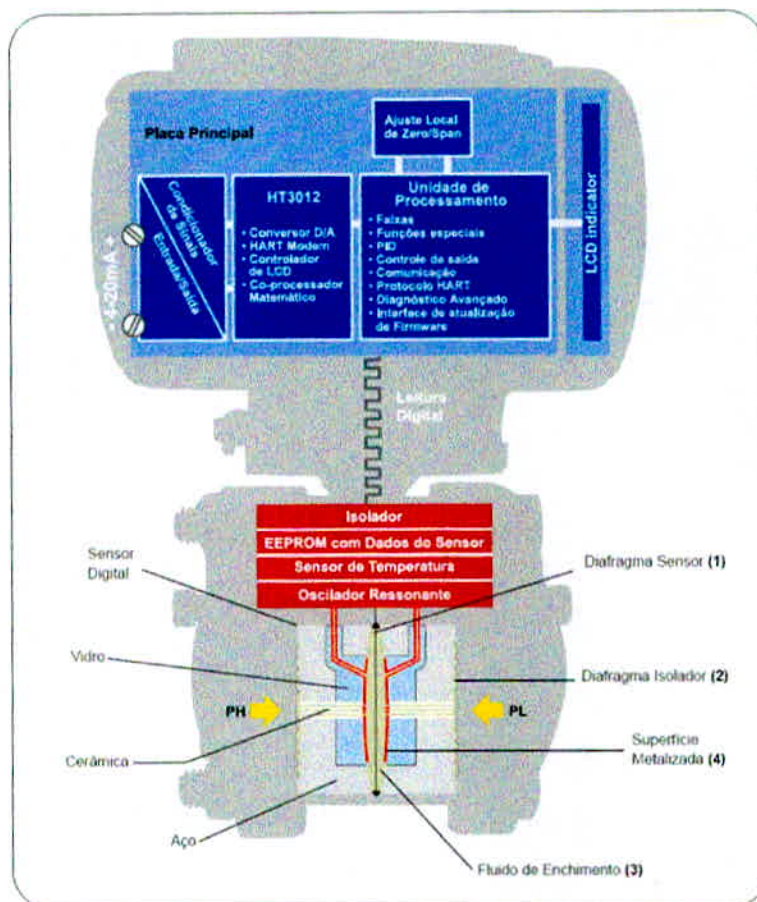


Figura 5 – Transmissor de pressão diferencial LD400.
 Fonte: <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index53.html>

Considerando a figura abaixo, onde temos o esquema de medição de nível para tanques fechados. Neste tipo de medição, a tubulação de impulso da parte de baixo do tanque é conectada à câmara de alta pressão (H) do transmissor. A pressão na câmara H é a soma da pressão exercida sob a superfície do líquido e a pressão exercida pela coluna de líquido no fundo do reservatório. A câmara de baixa pressão (L) do transmissor de nível, é conectada na tubulação de impulso da parte de cima do tanque onde mede somente a pressão exercida sob a superfície do líquido. (CASSIOLATO, 2005)

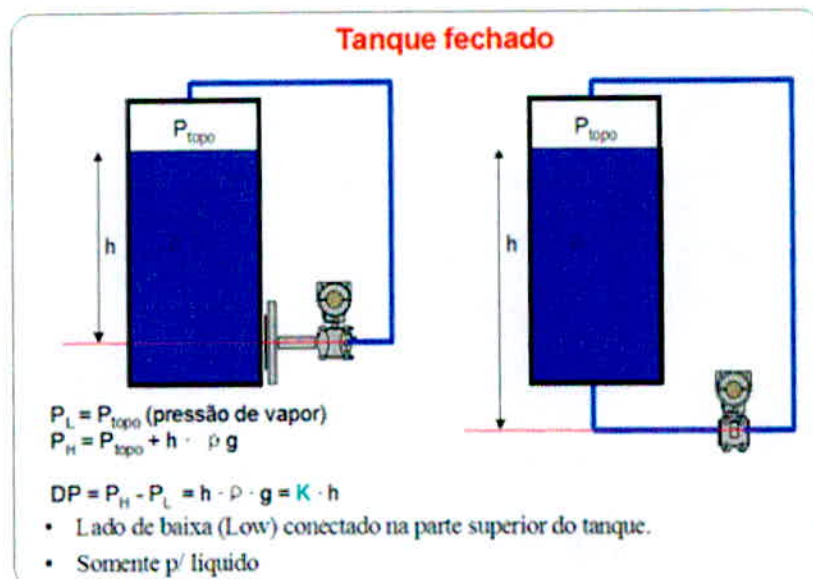


Figura 6 – Transmissor de pressão diferencial em tanques fechados.
 Fonte: <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index39.html>

5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

5.1. Introdução

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

Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos e relés, não só da indústria automobilística como de toda a indústria manufatureira.

Nascia assim um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações, o que justifica hoje um mercado mundial estimado em 4 bilhões de dólares anuais. (BEGA, 2006)

Vantagens:

- Menor espaço utilizado
- Menor consumo de energia elétrica
- Maior confiabilidade
- Maior flexibilidade
- Maior rapidez na elaboração de projetos
- Reutilizável devido serem programáveis
- Interface de comunicação outros CPLs e computadores (Bolton, W, 2001)

5.2. Definição

O Controlador Lógico Programável (CLP ou PLC, Programmable Logic Controller) é um dispositivo microprocessado, desenvolvido inicialmente somente para processar controles discretos, e atualmente utilizado em praticamente todos os tipos de controle que envolve a área industrial.(BEGA, 2006)

5.3. Instruções

O microprocessador possui diversos blocos funcionais para que o programador possa elaborar um programa com instruções matemáticas, de temporização, de movimentação entre outras para suprir as necessidades de criação de programas mais complexos.

Sendo assim iremos descrever alguns blocos que serão necessários para a realização do programa em linguagem gráfica (Ladder).

5.3.1. Instruções matemáticas

Para as instruções de adição (ADD), subtração (SUB) e multiplicação (MUL), é necessário informar três parâmetros tais como, parcela A, parcela B e o destino desejado do resultado, é permitido utilizar variáveis e constantes. Porém não é permitido a utilização de constante na parcial A e na parcial B ao mesmo tempo.

Caso o destino seja um valor do tipo inteiro, o resultado da operação executada será arredondado para poder guardar no destino. Se a solução da operação for maior ou igual a cinco depois da vírgula, o arredondamento será para cima, se a solução da operação for menor que cinco depois da vírgula, o arredondamento será para baixo.

Segue o exemplo gráfico dos blocos de instruções matemáticas que foram mencionados acima. (ROCKWELL, 2001)

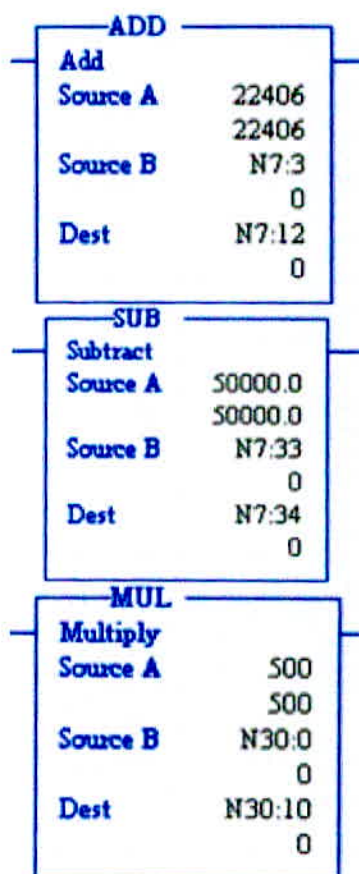


Figura 7 – Bloco de adição, subtração e multiplicação .
Fonte: RSlogix 500 instruction set help

5.3.2. Instruções de comparação

As instruções de comparação são instruções de entrada. De acordo com a resposta de comparação a saída pode ser habilitada ou não. Os parâmetros “Source A” tem que ser um endereço, “Source B” pode ser vim a ser uma constante ou um endereço. Os números negativos são armazenados no formato de complemento de dois.

A instrução GEQ é utilizada para verificar se o valor que esta em (Source A) é maior ou igual ao valor em (Source B). Caso o valor de “Source A” for maior igual ao o que esta contida no “Source B”, então a instrução se torna verdadeira e a saída é acionada. (ROCKWELL, 2001)

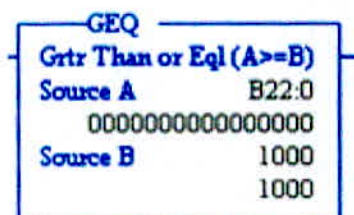


Figura 8 – Bloco de comparação (maior ou igual).
Fonte: RSLogix 500 instruction set help

O bloco LEQ serve para testar se o valor que esta contido em (Source A) é menor ou igual ao valor em (Source B). Se o valor de “Source A” for menor ou igual ao valor de “Source B”, então o bloco é verdadeiro e a saída é habilitada.

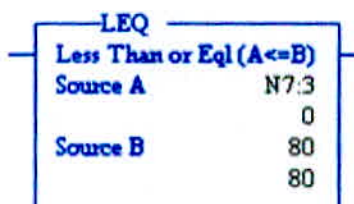


Figura 9 – Bloco de comparação (menor ou igual).
Fonte: RSLogix 500 instruction set help

A instrução LES é utilizada para verificar se o valor que esta em (Source A) é menor do que o valor em (Source B). Caso o valor em “Source A” for menor que o valor em “Source B”, então a instrução se torna verdadeira e a saída é habilitada.

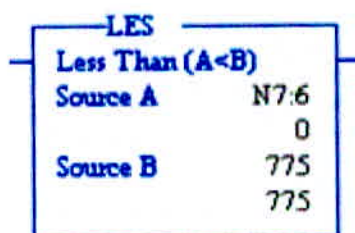


Figura 10 – Bloco de comparação (menor).
Fonte: RSlogix 500 instruction set help

5.3.3. Instrução de movimentação

A instrução mostrada abaixo realiza operação de movimentação de bit-a-bit e palavra a palavra. Esta instrução de saída move o valor contido no “Source” para “Dest”. Enquanto a linha permanecer verdadeira, o bloco moverá os dados a cada ciclo de scan.

Onde o ciclo de scan consiste de uma serie de operação realizada de uma forma seqüencial e repetida, realizando a atualização das entradas, execução do programa, a atualização das saídas e em seguida a realização de diagnostico para verificar se houver alguma falha em algum de seus componentes internos. (CESAR DA COSTA, 1998)

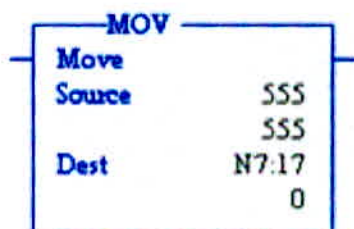


Figura 11 – Bloco de movimentação.
Fonte: RSlogix 500 instruction set help

5.3.4. Instrução de proporcional integral derivativo (PID)

Esta instrução de saída é usado para controlar as propriedades físicas, tais como temperatura, pressão, nível de líquido, ou taxa de fluxo de loops no processo. A instrução PID (proporcional integral derivativo) normalmente controla um circuito fechado com entradas a partir de um módulo de entrada analógica e fornecendo uma saída para um módulo de saída analógica como uma resposta para efetivamente realizar uma variável de processo em um ponto de ajuste desejado.

A equação PID controla o processo, enviando um sinal de saída para o atuador. Quanto maior o erro entre o setpoint e a entrada variável de processo, maior o sinal de saída, e vice-versa. Um valor adicional (feed, forward ou bias) pode ser adicionado à saída do controle como um deslocamento. O resultado do cálculo PID (variável de controle) irá conduzir a variável de processo que você está controlando para o set point. (ROCKWELL, 2001)

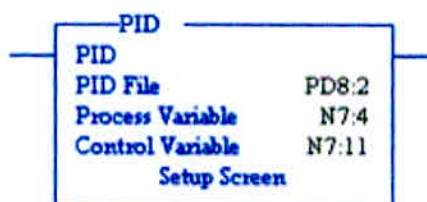


Figura 12 – Bloco de PID.
Fonte: RSLogix 500 instruction set help

6. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O desenvolvimento deste projeto de automação de um controle de nível será disposto em três etapas, a primeira consiste na elaboração de um esquema elétrico em seguida da criação de um programa em Ladder para o CLP, e por fim o desenvolvimento de uma programação gráfica para uma IHM possibilitando um controle operacional mais claro e eficiente.

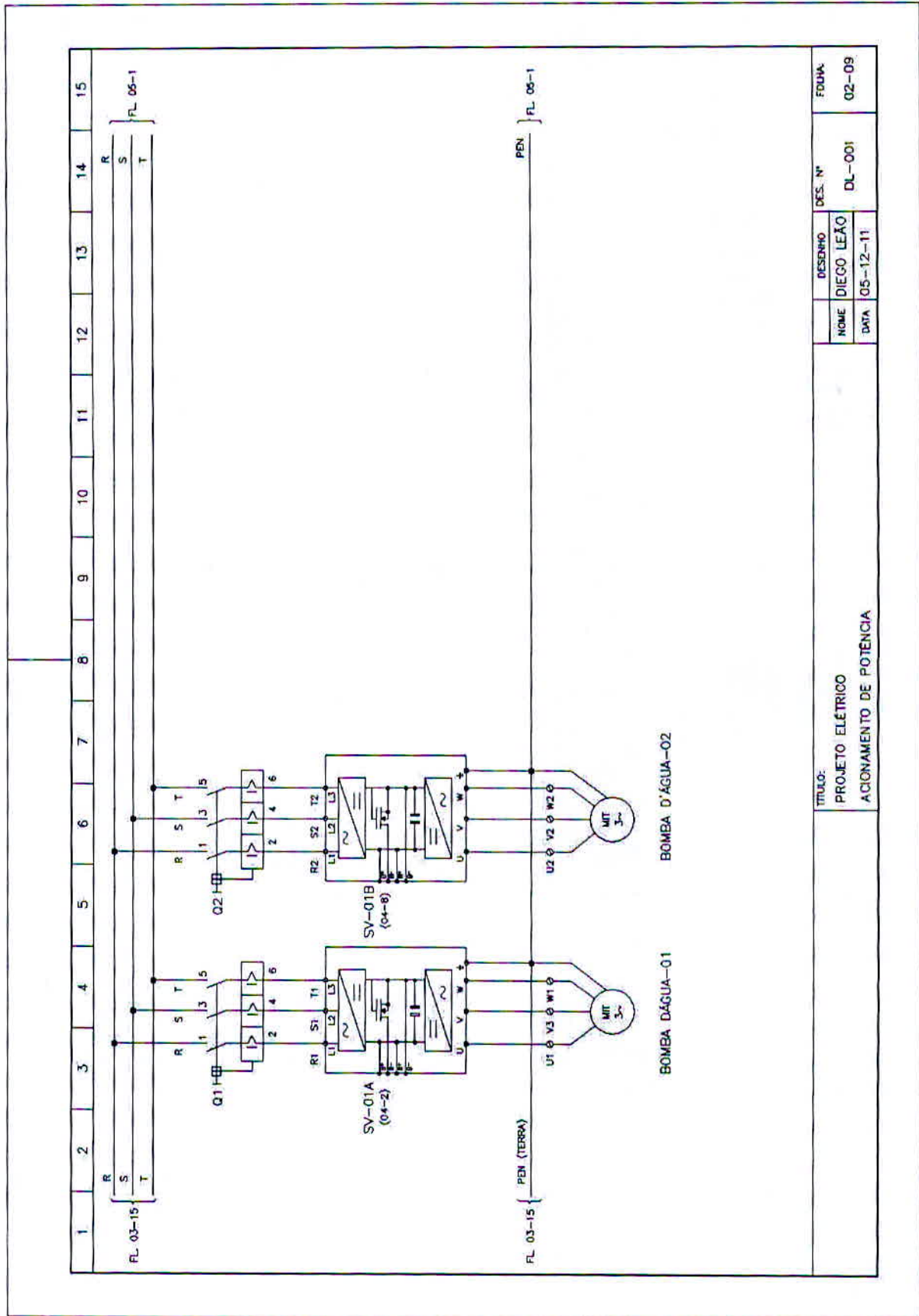
6.1. Esquema elétrico

Para o desenvolvimento do esquema elétrico foi utilizado o software de desenho auxiliado pelo computador (AutoCAD) na versão 2011. O projeto elétrico não foi dimensionado devido ser uma aplicação com intuito demonstrativo.

Na execução do esquema elétrico foi utilizado os seguintes componentes:

- Duas bombas de água;
- Dois inversores de frequência;
- Um controle de nível intermitente (3 reles);
- Uma CPU de CLP;
- Dois cartões de entrada analógica;
- Um cartão de saída analógica;
- Uma IHM.

Segue abaixo o esquema elétrico desenvolvido.



FL 03-15		R		S		T		FL 05-1						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PEN (TERRA)										PEN				
Q1										Q2				
SV-01A (04-2)										SV-01B (04-8)				
MIT 3~										MIT 3~				
BOMBA D'ÁGUA-01										BOMBA D'ÁGUA-02				
TÍTULO: PROJETO ELÉTRICO														
ACIONAMENTO DE POTENCIA														
NOME: DIEGO LEÃO					DESIGNO: DL-001					FOLHA: 02-08				
DATA: 05-12-11														

Figura 14 – Parte de potencia.
Fonte: Autor

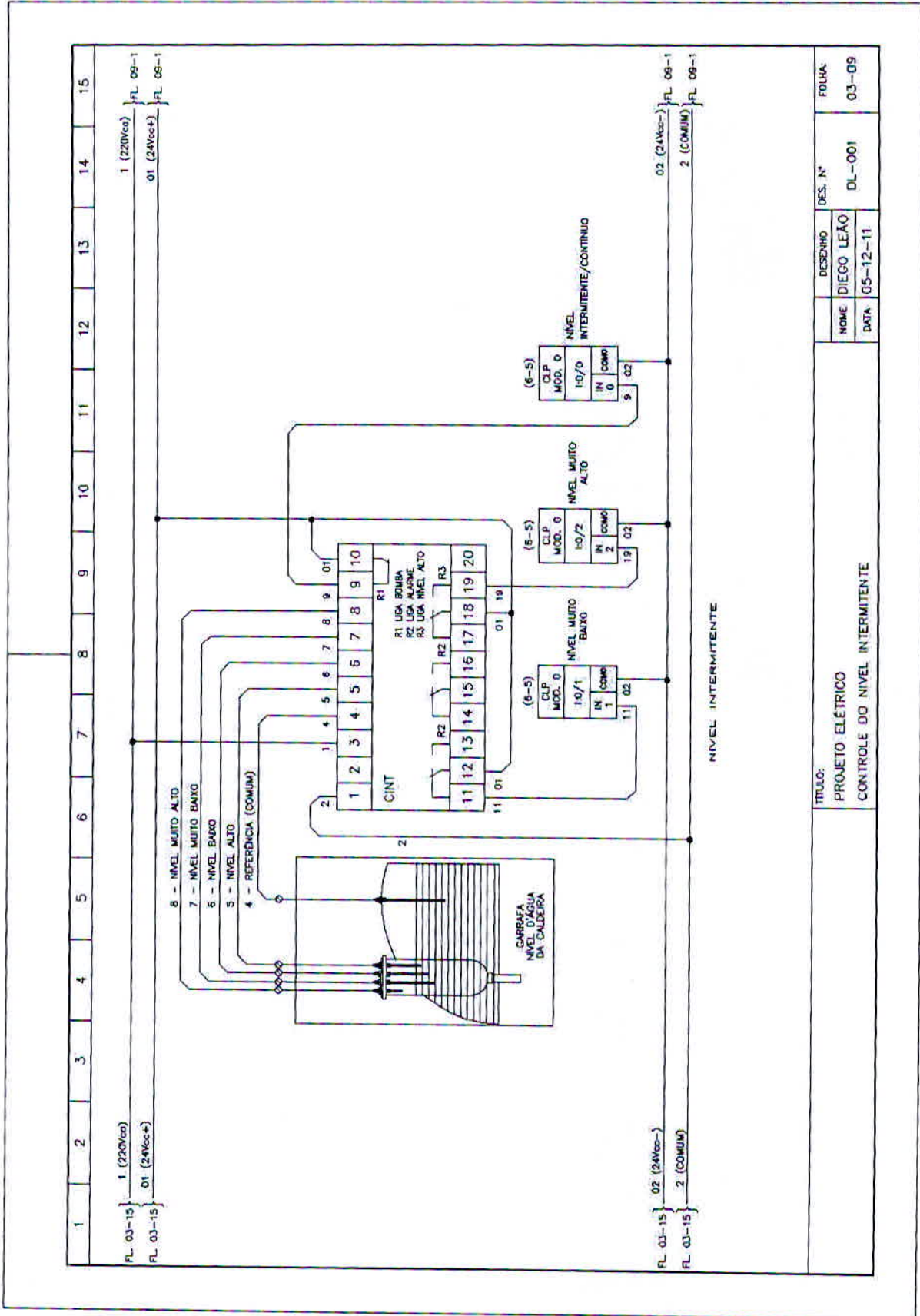


Figura 15 – Controle de nível intermitente.
Fonte: Steammaster Ltda.

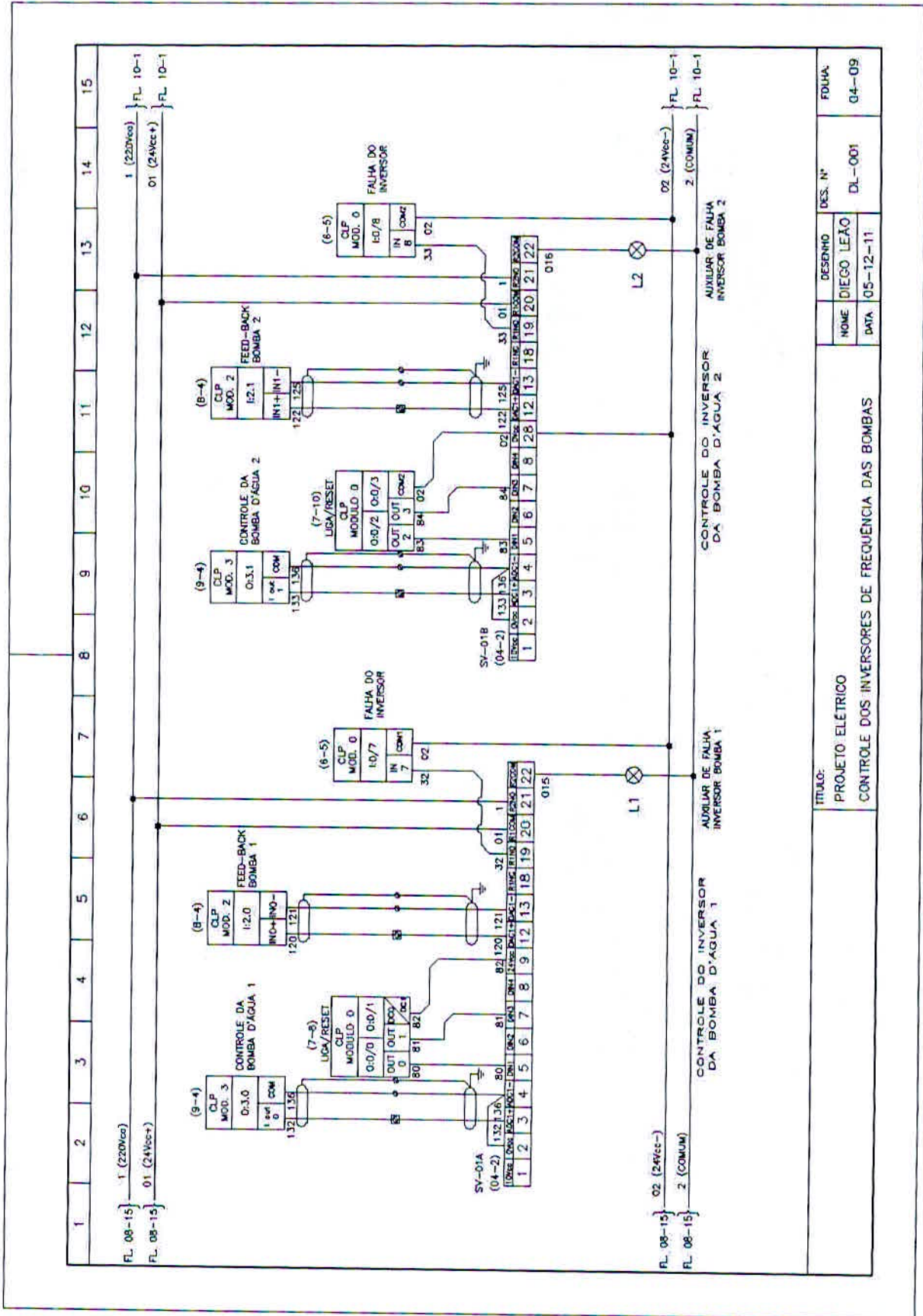


Figura 16 – Controle dos inversores de freqüência das bombas.
Fonte: Autor

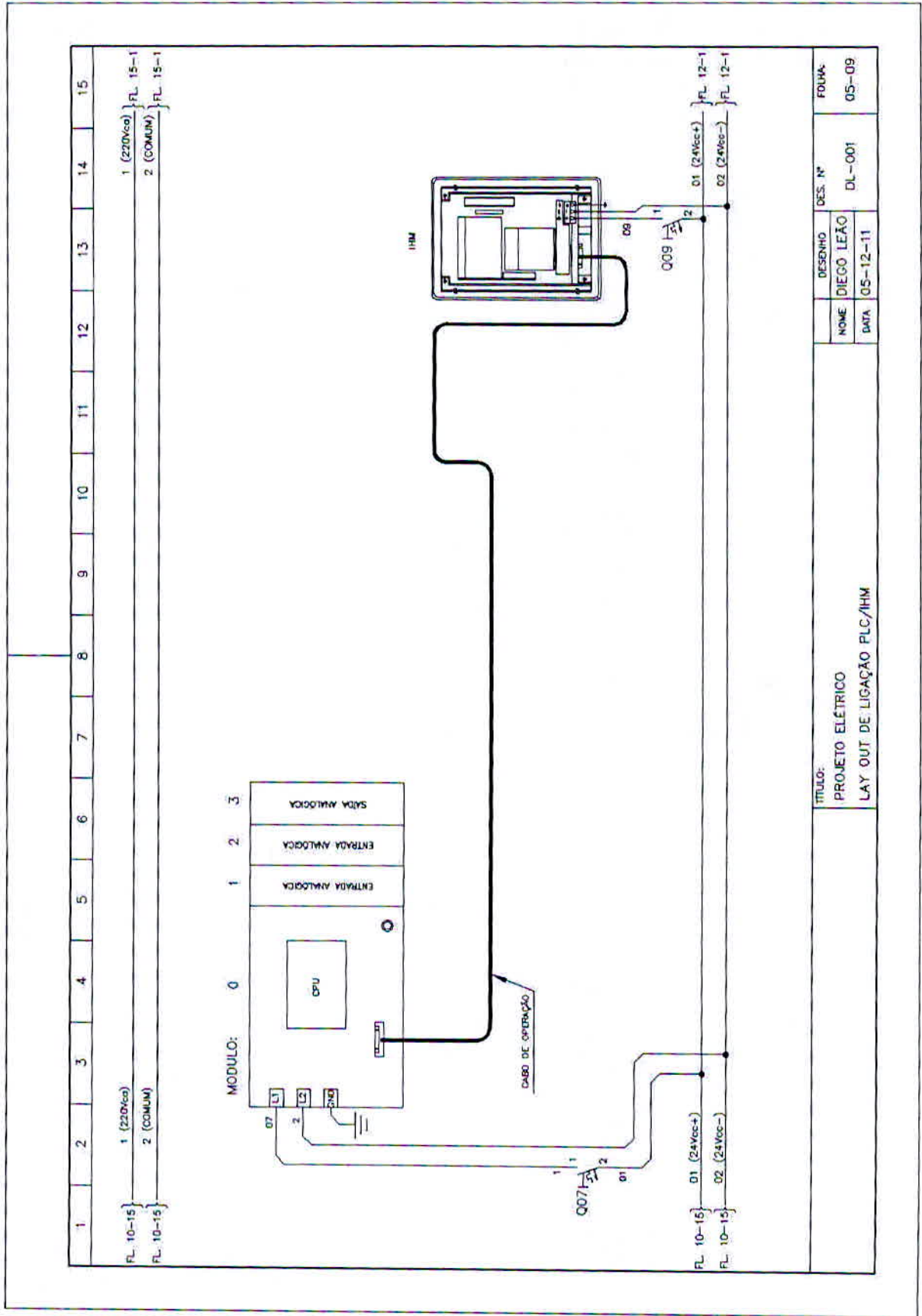


Figura 17 – lay out do PLC e IHM.
 Fonte: Autor

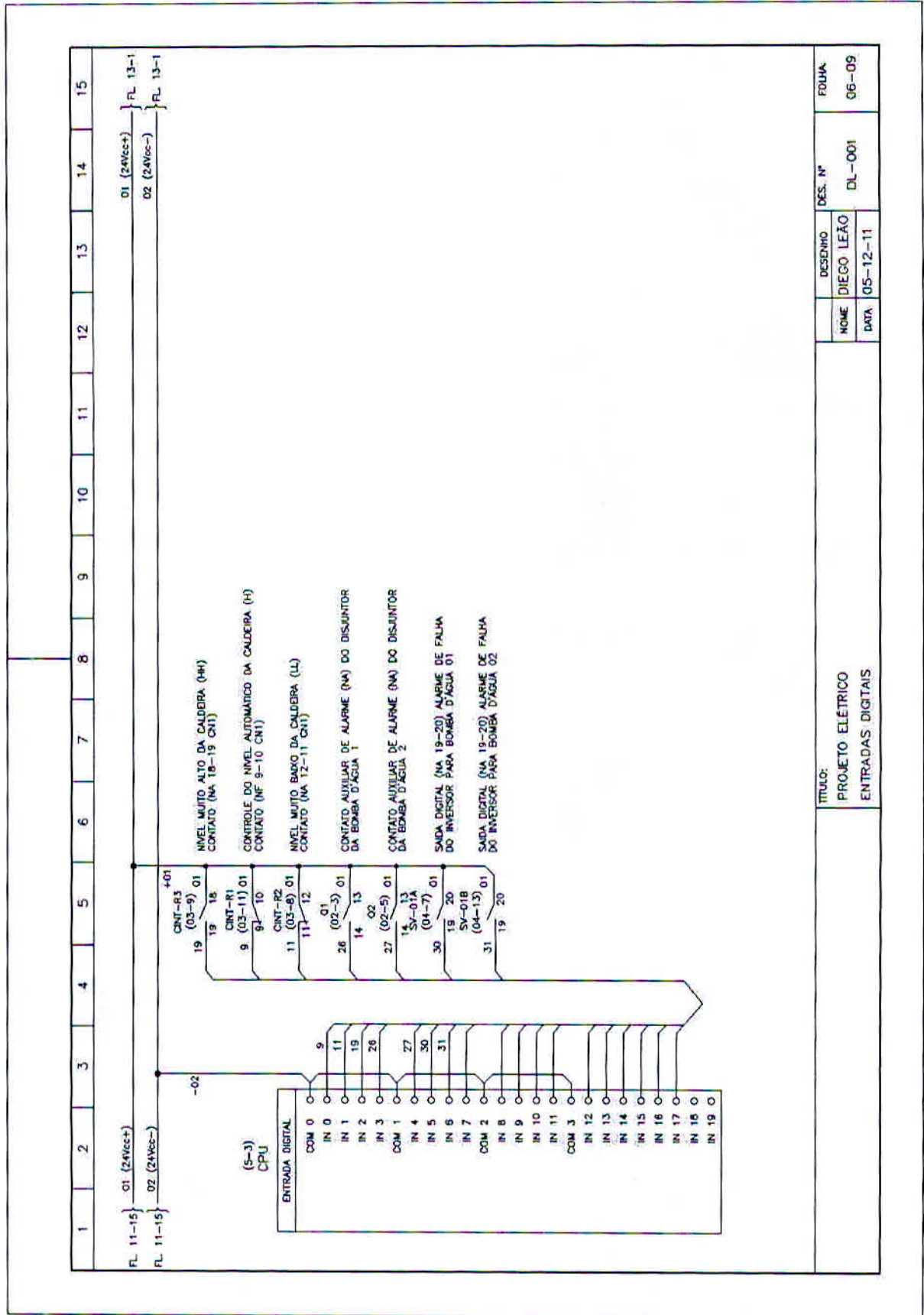


Figura 18 – Variáveis de entrada digital.
Fonte: Autor

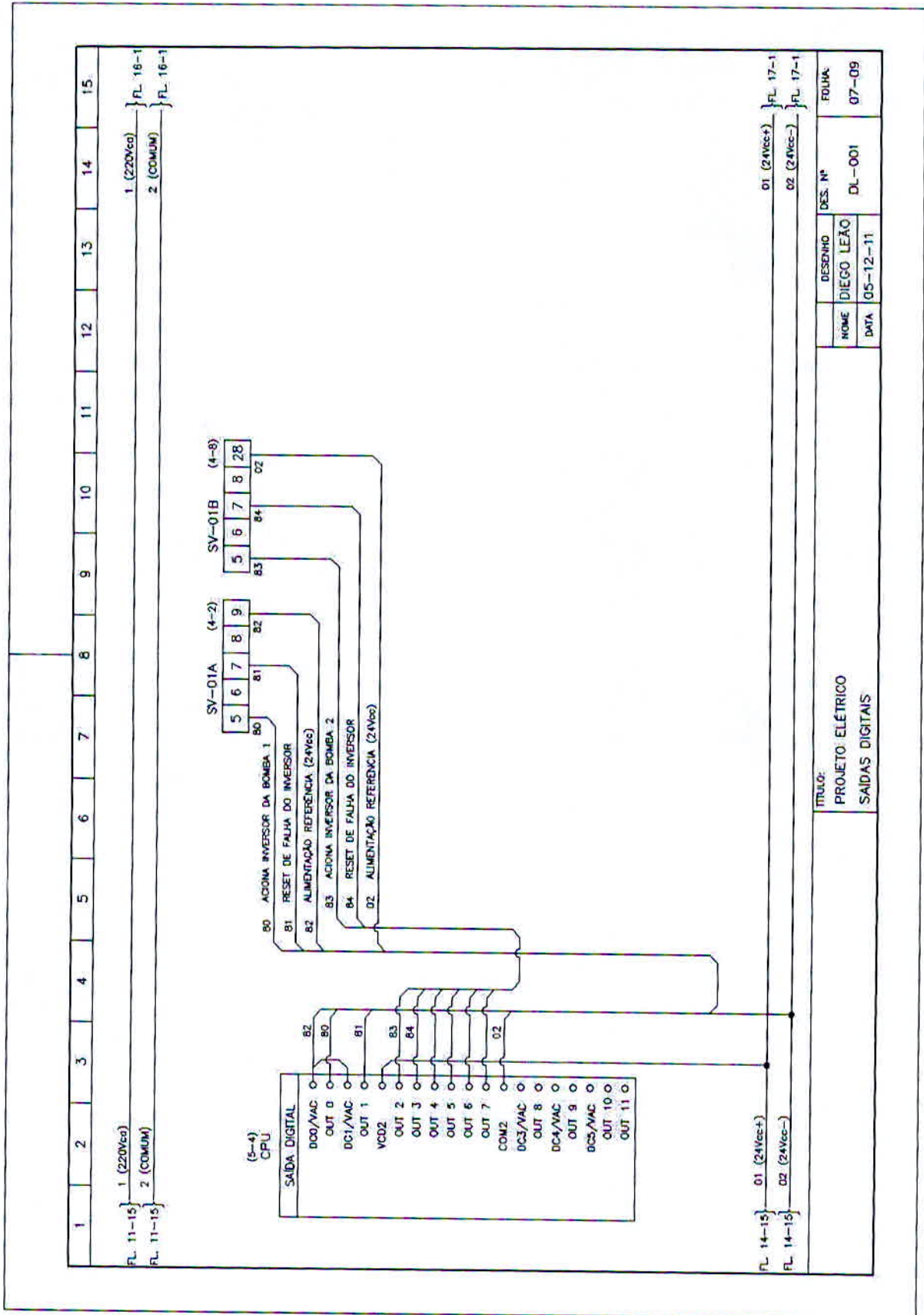


Figura 19 – Variáveis de saída digital.
Fonte: Autor

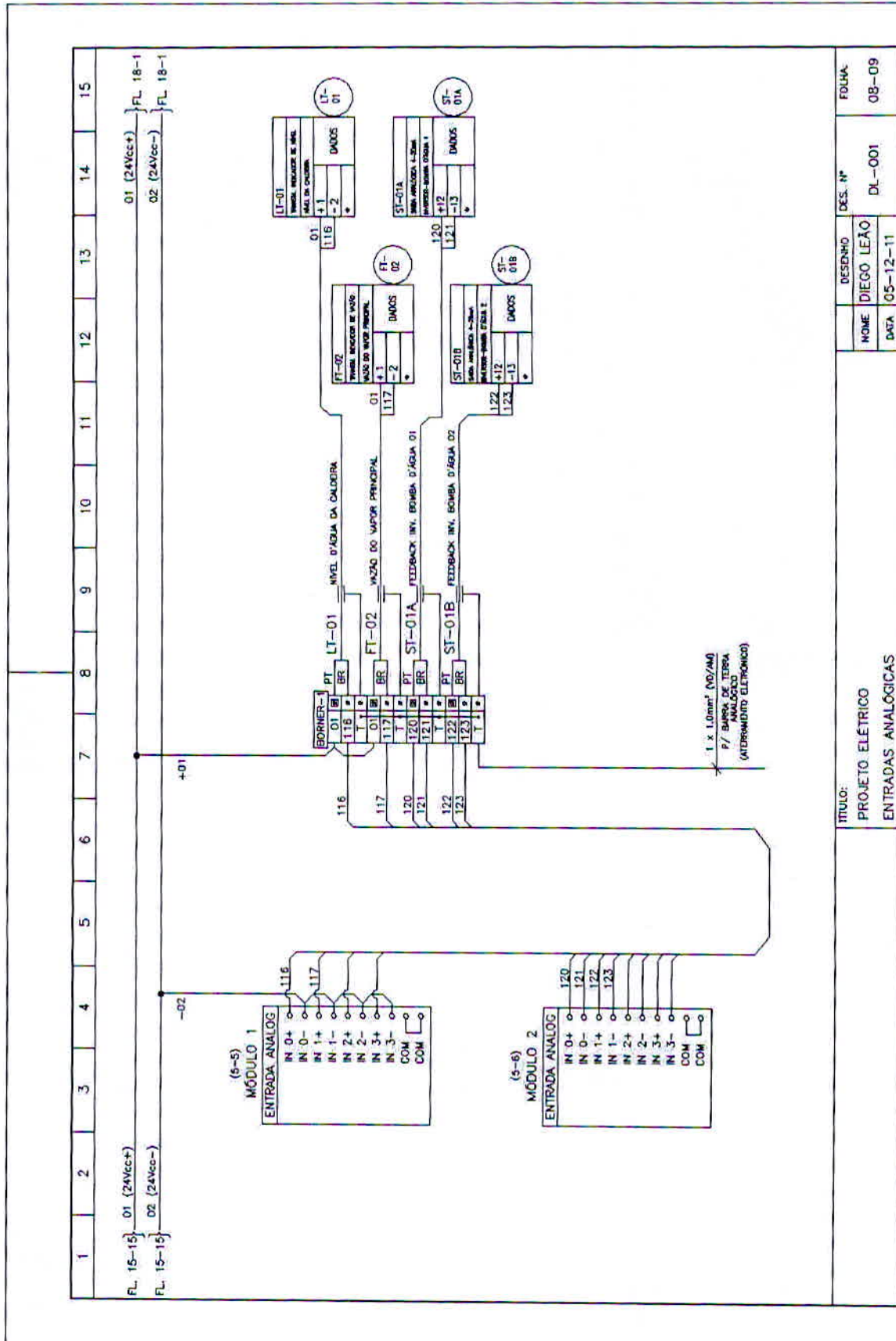
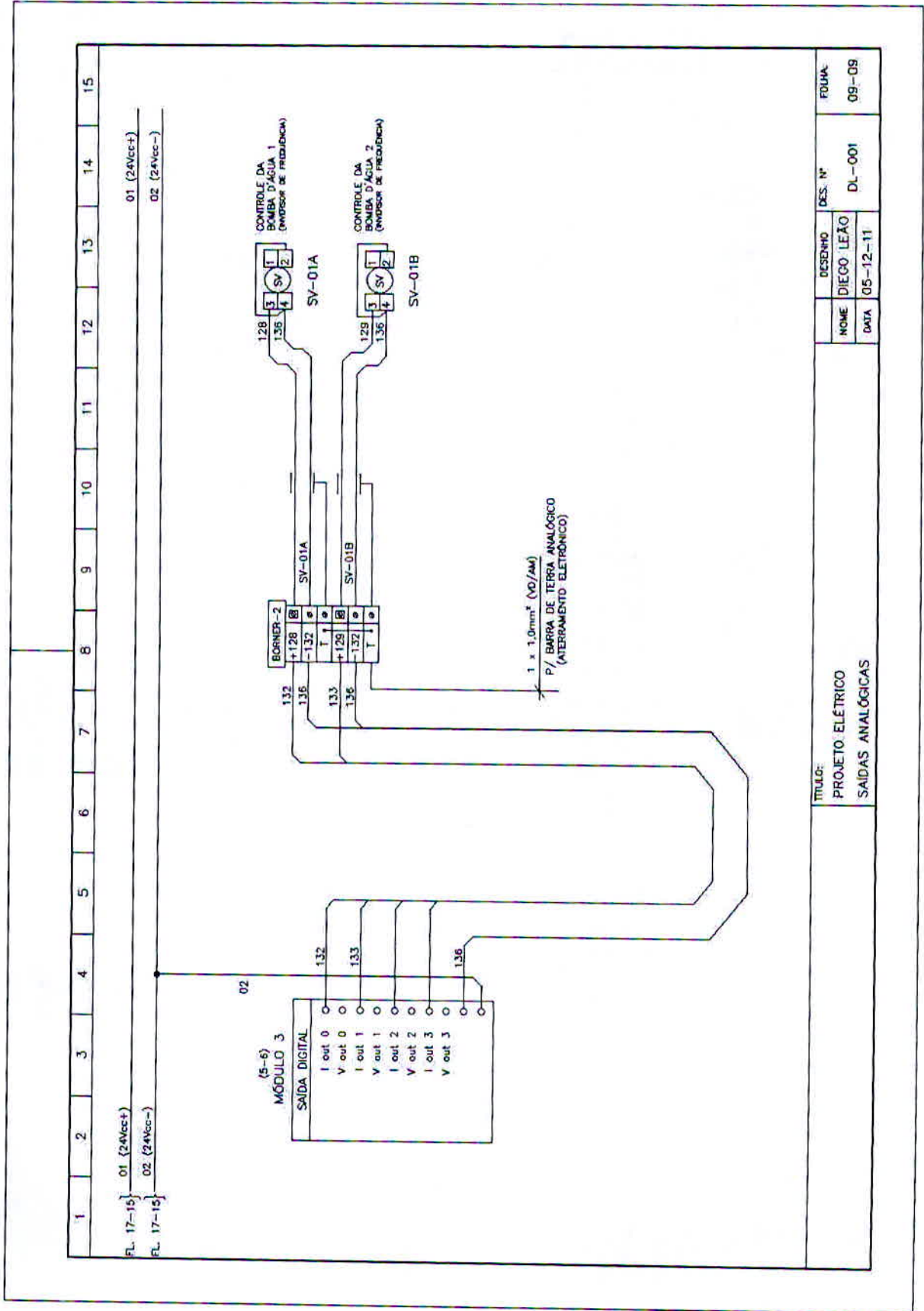


Figura 20 – Variáveis de entrada analógica.
Fonte: Autor

TÍTULO:		PROJETO ELÉTRICO		FOLHA:	
ENTRADAS ANALÓGICAS		ENTRADAS ANALÓGICAS		08-09	
DESIGNO	DES. Nº	NOME	DATA		
DIEGO LEÃO	DL-001	DIEGO LEÃO	05-12-11		



TÍTULO: PROJETO ELÉTRICO SAIDAS ANALÓGICAS		DES. N° DL-001	FOLHA: 09-09
DCSENHO	DIEGO LEÃO	DATA	05-12-11
NOME			

Figura 21 – Variáveis de saída analógica.
Fonte: Autor

6.2. Programa em linguagem ladder

Para criar a programação em Ladder foi utilizado o software RSLogix 500 English da Rockwell.

6.2.1. Modo de operação/controlado intermitente

Com o modo de operação em automático e o controle em intermitente a bomba de água selecionada passa a ser controlada pelos eletrodos situados na garrafa de nível da caldeira. Onde o eletrodo 5 (nível alto) ao ser alcançado pela água desliga a bomba e o eletrodo 6 (nível baixo) quando a água abaixar até o descobrir por inteiro então a bomba é ligada, fazendo que a bomba trabalhe em uma situação on/off, e por segurança caso o eletrodo 6 (nível baixo) venha a falha a bomba será ligada pelo eletrodo 7 (nível muito baixo). (figura 01)

Com o modo de operação em manual a bomba selecionada será ligada e permanecerá neste estado até o modo de operação ser comutado para o automático.

6.2.2. Modo de operação/controlado continuo

Com o modo de operação em automático e o controle em continuo a bomba que estiver selecionada entrará em operação e sua velocidade passará a ser controlada pela malha de nível a dois elementos. Com o intuito de manter a variável de processo o mais próximo do valor ajustado de set point.

Em modo de operação manual a bomba selecionada permanecerá ligada na velocidade máxima até o modo de operação ser comutado para automático.

6.2.3. Descrição da programação Ladder por linha de programa

- 001 e 002 – Onde é realizado a seleção de controle entre Intermitente ou Contínuo;
- 002 – Controle do PID do nível contínuo;
- 003 – Seleção do modo de controle do nível em Manual ou Automático;
- 004,005,006 – Controle intermitente e manual para a bomba de água 01, quando selecionado manda o inversor para frequência mínima ou máxima dependendo do bit que liga a bomba “LD_BOMBAS” e move referencia 0 para a bomba 02;
- 007,008,009 - Controle intermitente e manual para a bomba de água 02, quando selecionado manda o inversor para frequência mínima ou máxima dependendo do bit que liga a bomba “LD_BOMBAS” e move referencia 0 para a bomba 01
- 010,011 – Onde realiza a seleção do controle do inversor na modo contínuo para a bomba de água 01 e reseta falha do mesmo inversor;
- 012,013 - Onde realiza a seleção do controle do inversor na modo contínuo para a bomba de água 02 e reseta falha do mesmo inversor;
- 014 – Habilita a entrada digital do inversor para poder partir a bomba 01;
- 015 – Habilita a entrada digital do inversor para poder partir a bomba 02;
- 0016 – Equação para controle do nível a dois elementos, a resultante da equação a dois elementos é dada pelo produto do ganho da vazão de vapor pela vazão medida e somada com o produto do ganho de nível pela variável de controle do PID de nível (MV).
- 0017 – Se a vazão do vapor medido estiver maior ou igual a vazão de vapor mínima ajustada o ganho da “MV” recebe o valor do ganho do nível ajustado, e o ganho de vazão de vapor vai receber o valor da resultante de 1 menos o ganho do nível
- 0018 – Se a vazão de vapor estiver menor que a vazão de vapor mínima ajustada a malha funcionara como a de um elemento, pois o ganho da “MV” é ajustado automaticamente em 1 e o ganho da vazão do vapor em 0.

- 0019,0020 – Alarme de nível muito alto, se a valor ajustado para o nível muito alto for ultrapassado a bomba de água que estiver selecionada será desabilitada e só voltara a habilitar quando o nível for menor igual ao valor de nível muito alto ajustado

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

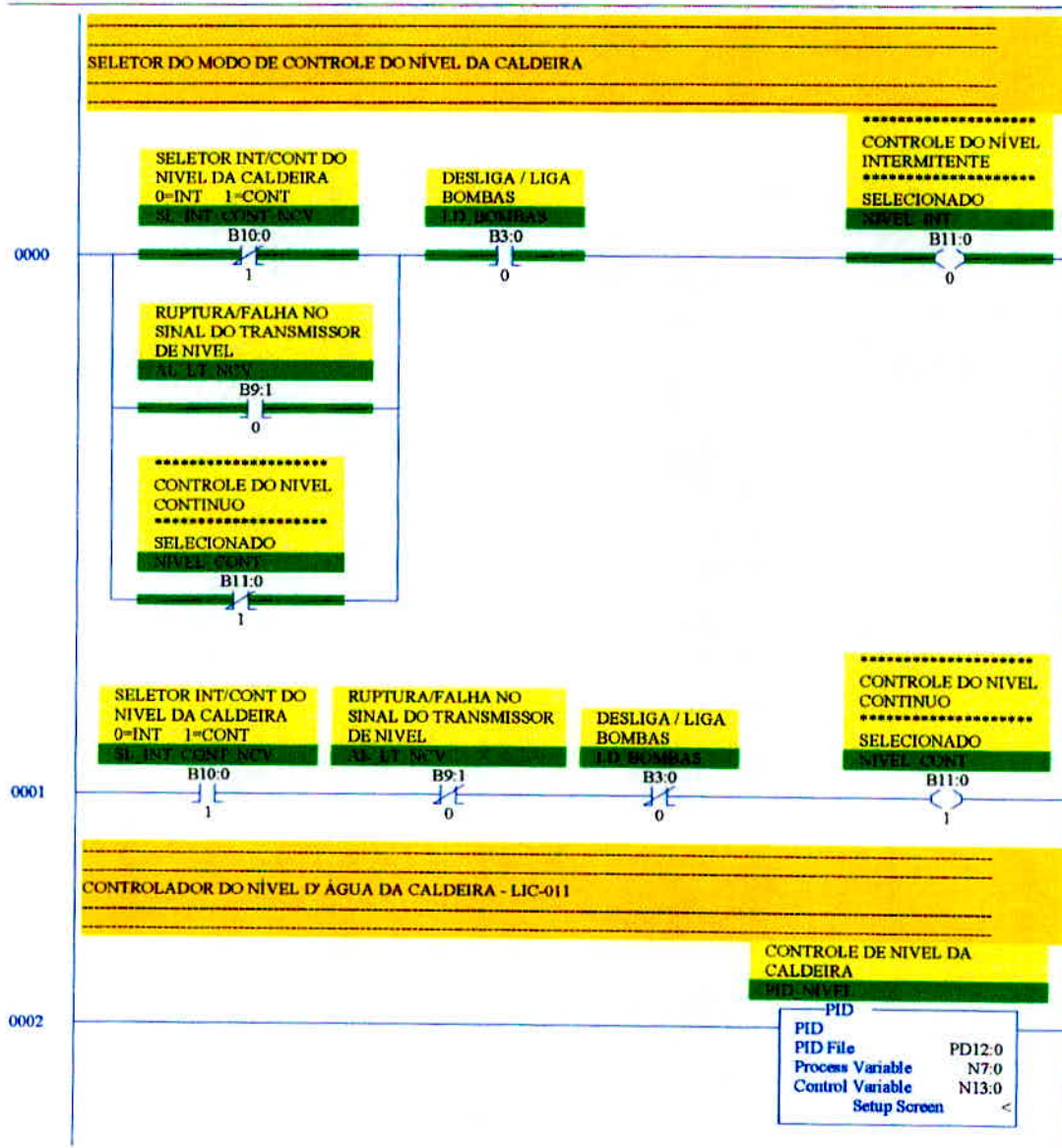


Figura 22 – Programa em ladder pagina 01.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

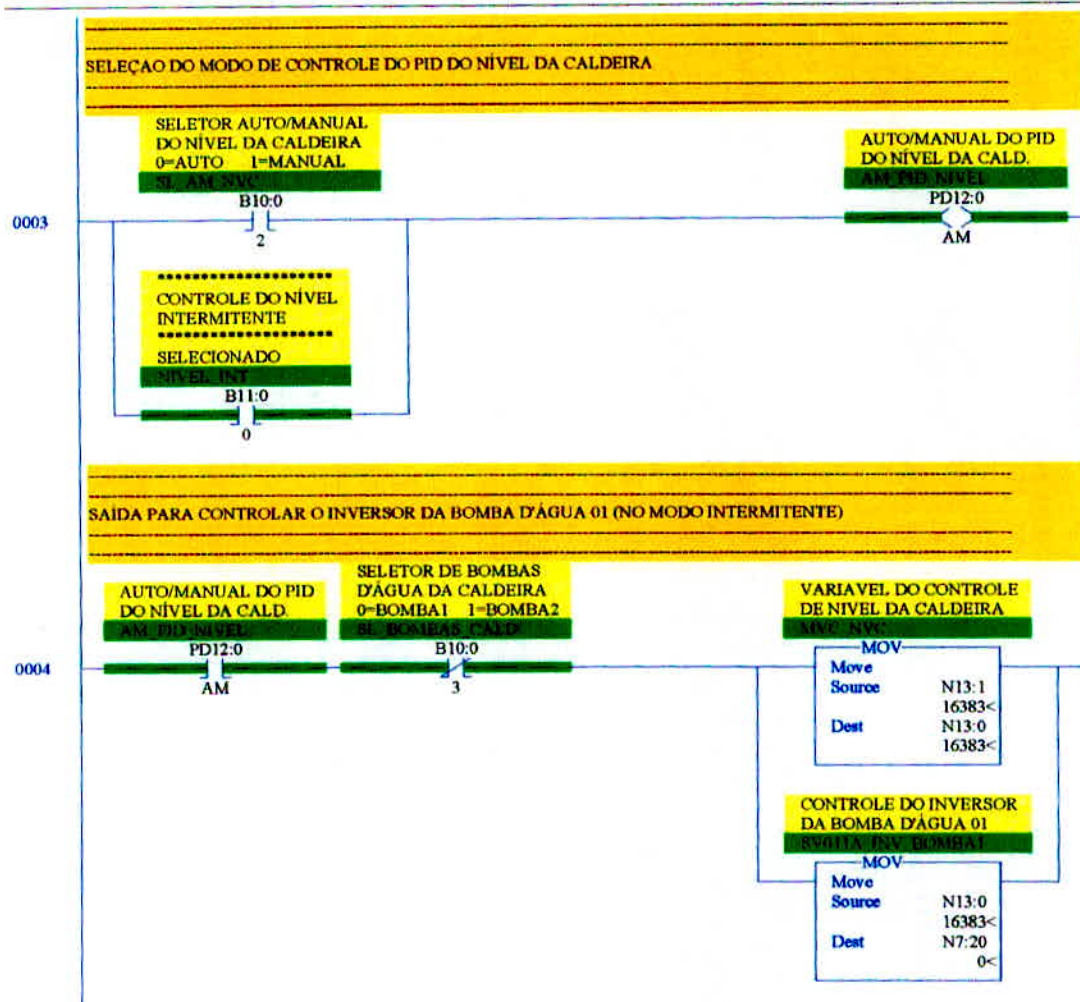


Figura 23 – Programa em ladder pagina 02.

Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

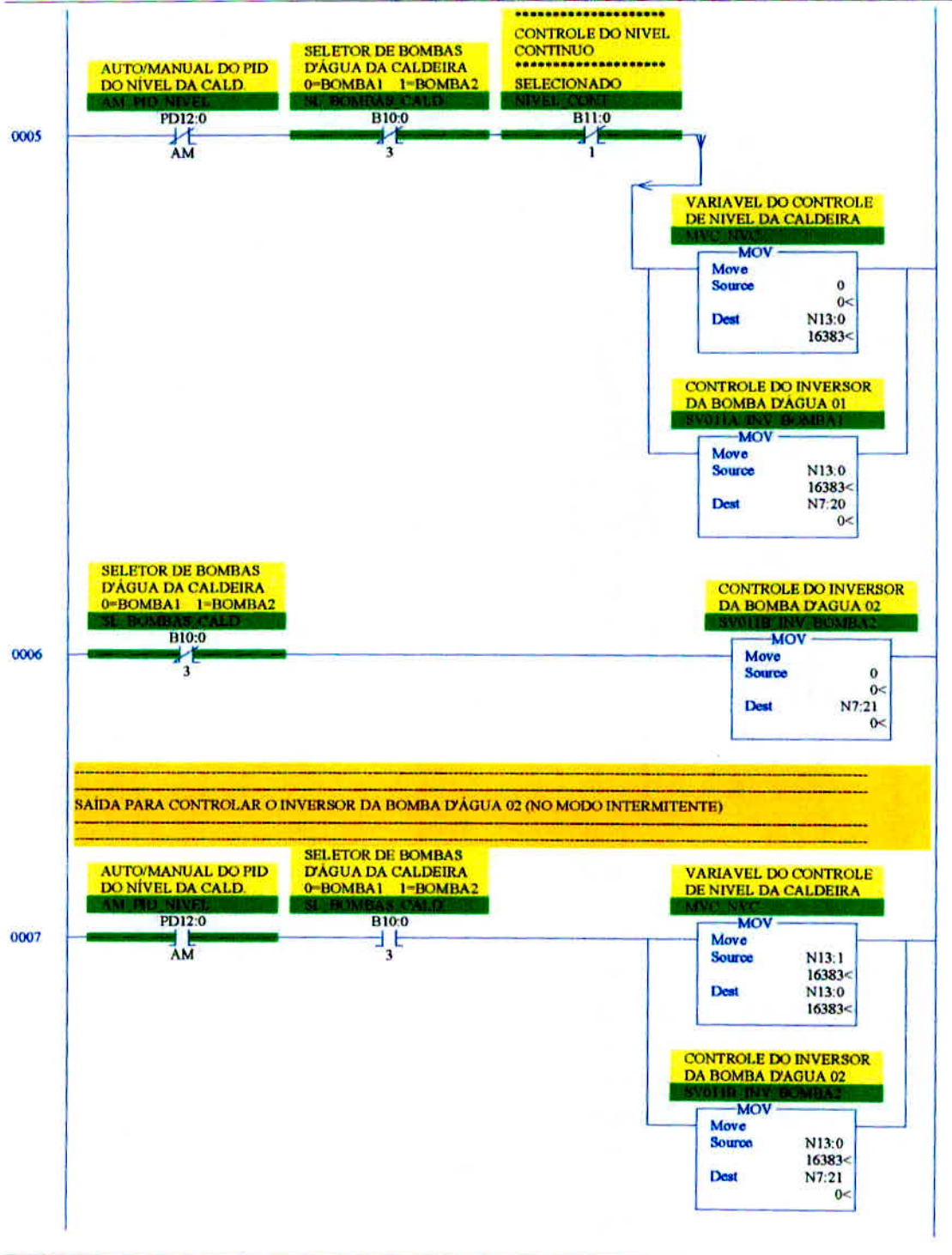


Figura 24 – Programa em ladder pagina 03.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

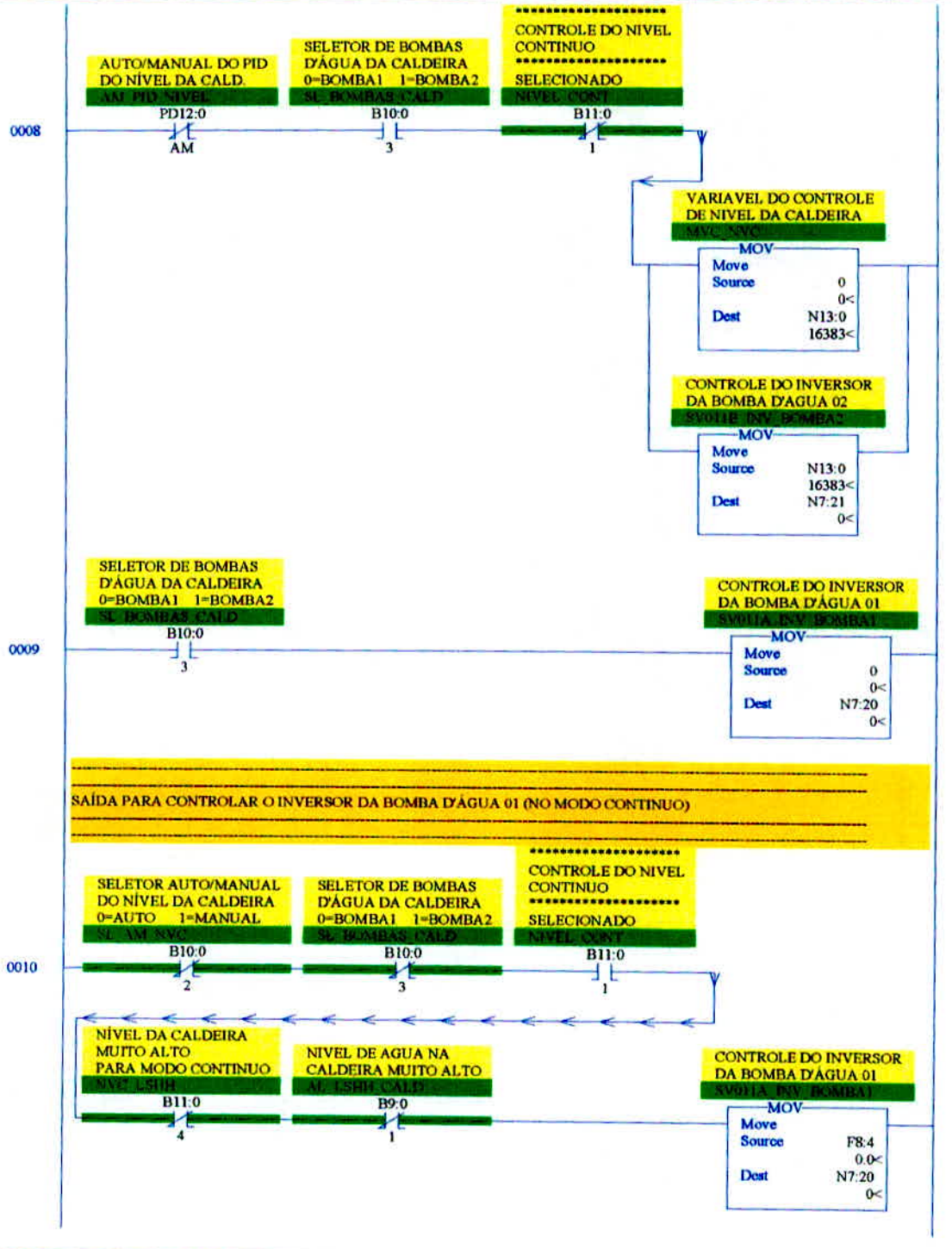


Figura 25 – Programa em ladder pagina 04.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

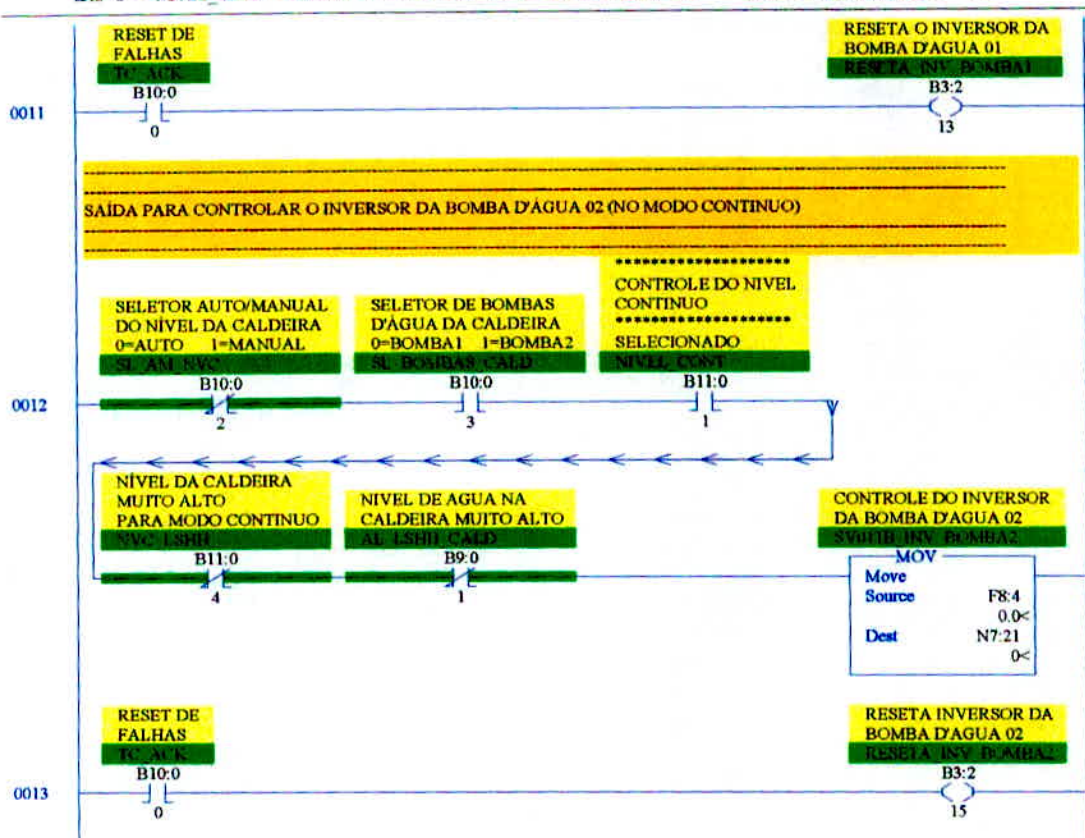


Figura 26 – Programa em ladder pagina 05.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

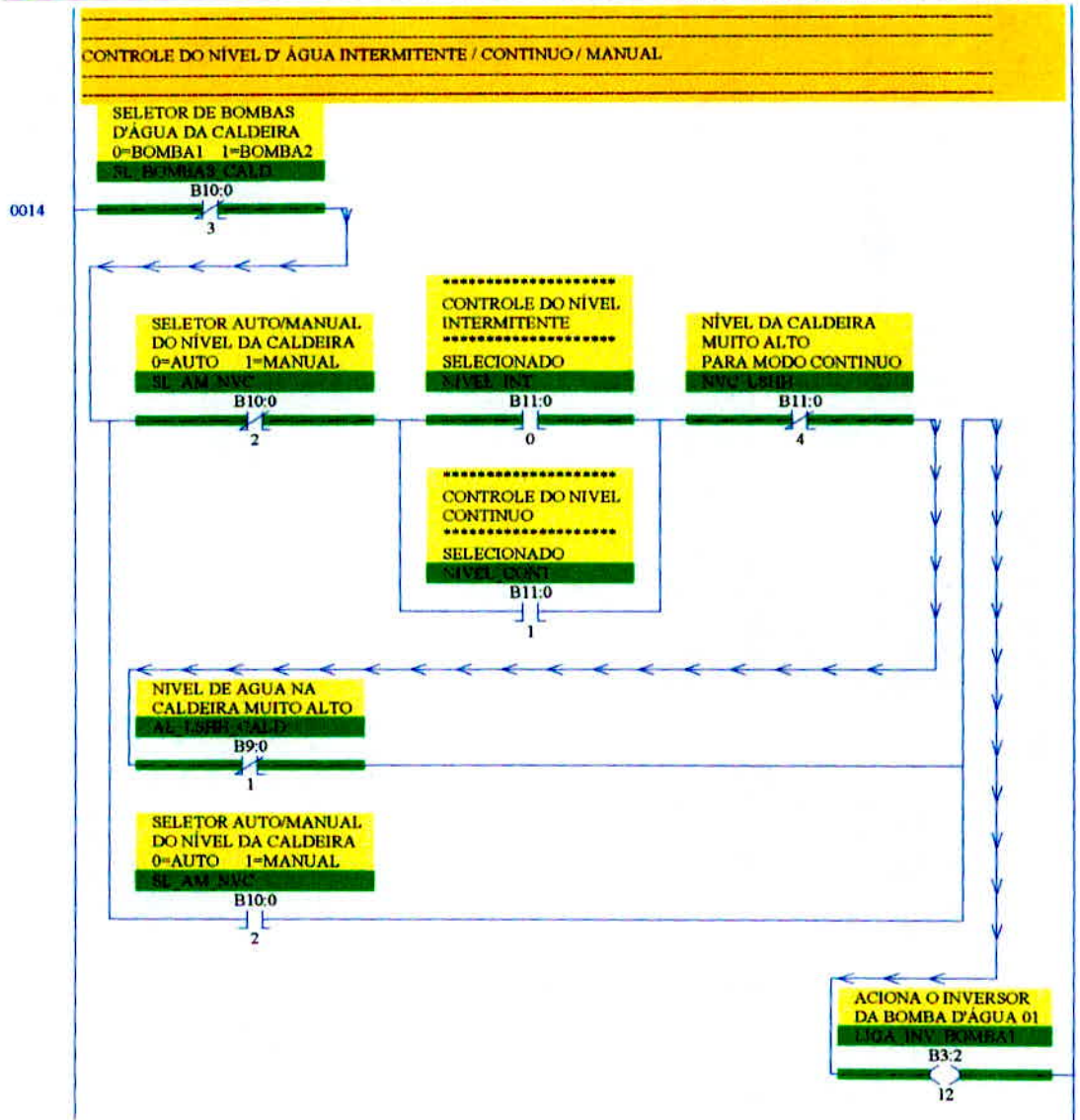


Figura 27 – Programa em ladder pagina 06.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

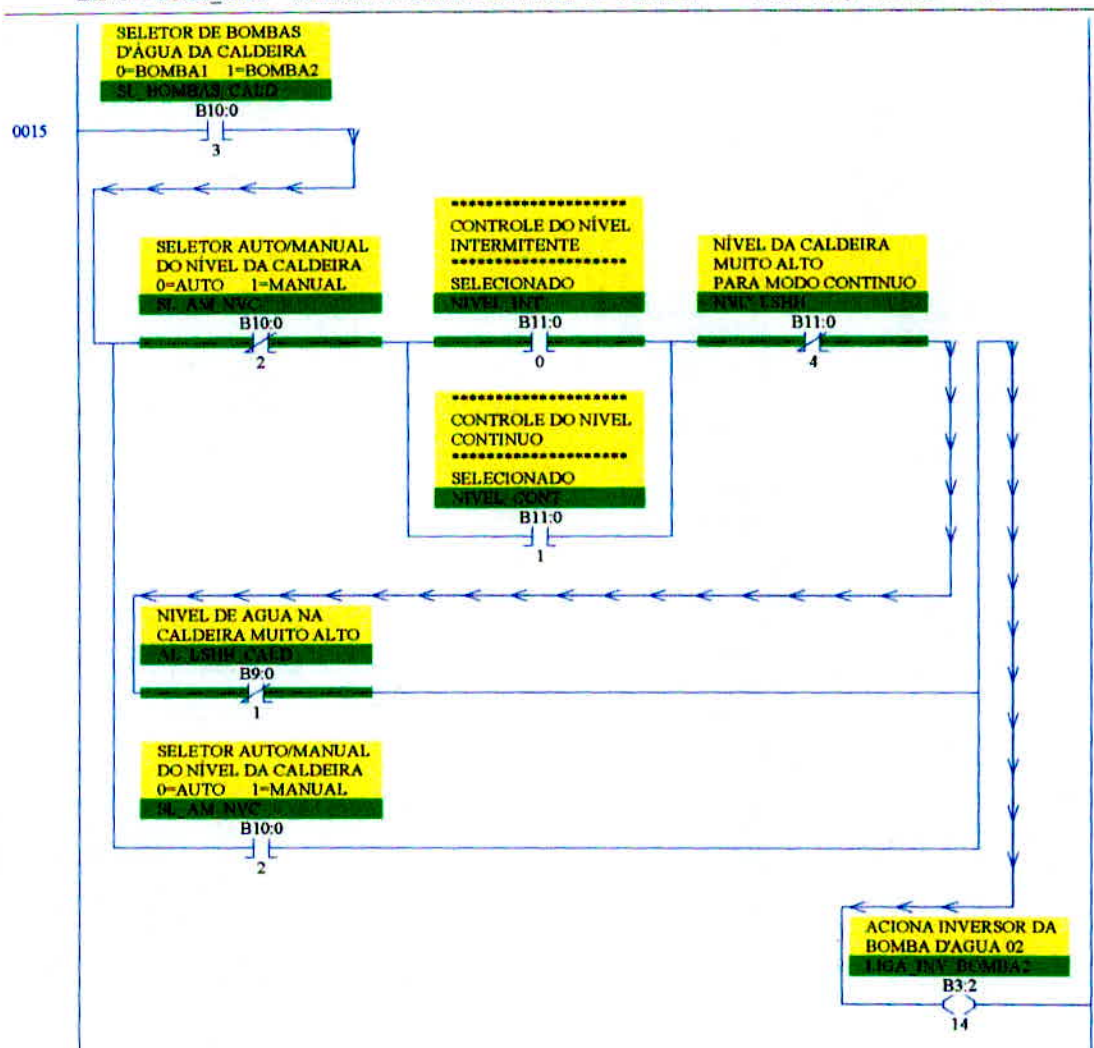


Figura 28 – Programa em ladder pagina 07.

Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

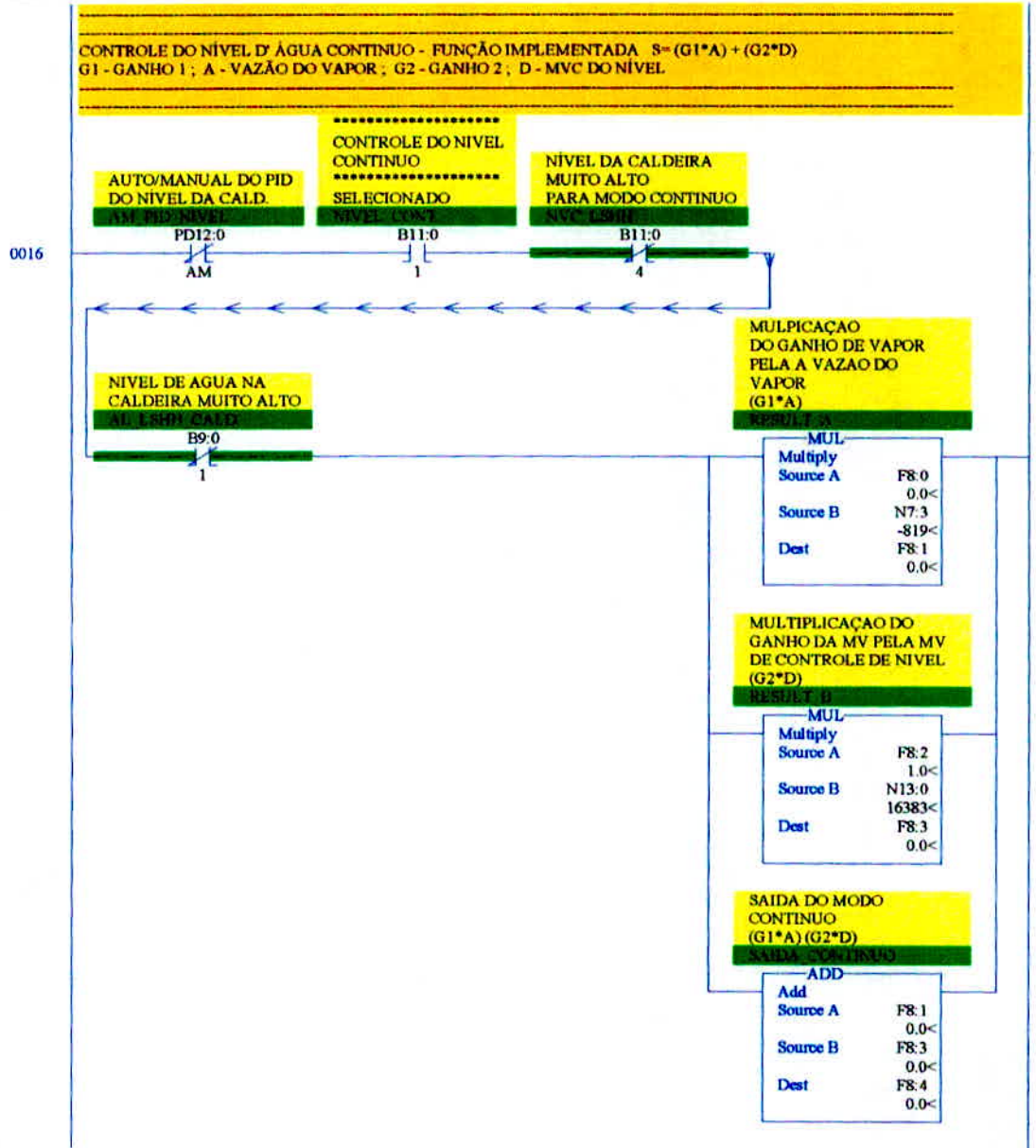


Figura 29 – Programa em ladder pagina 08.
 Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

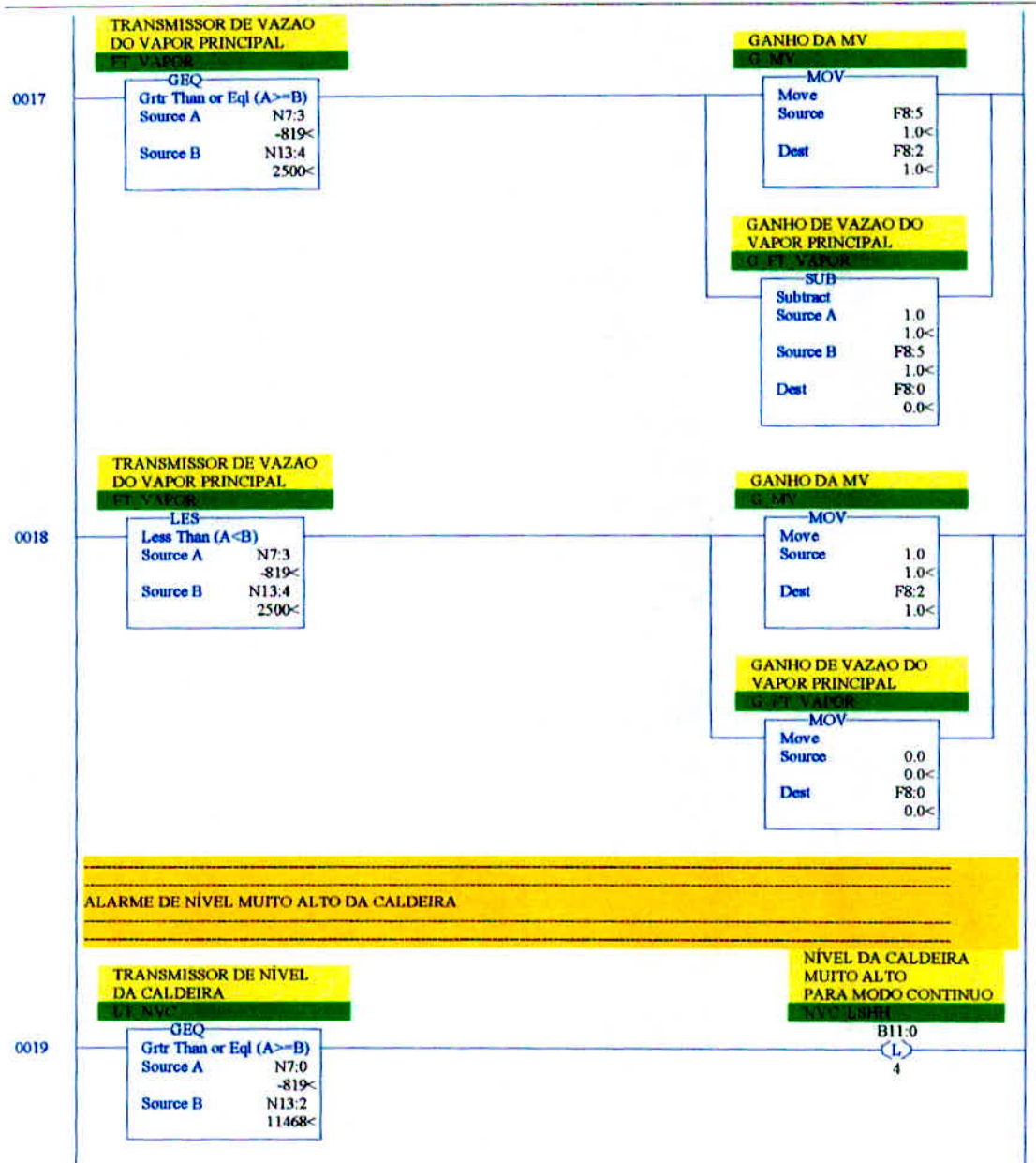


Figura 30 – Programa em ladder pagina 09.
Fonte: Autor

CONTROLE DE NIVEL 2 ELEMENTOS

LAD 6 - NIVEL_CALD - ROTINA DO CONTROLE DE NIVEL DA CALDEIRA --- Total Rungs in File = 22

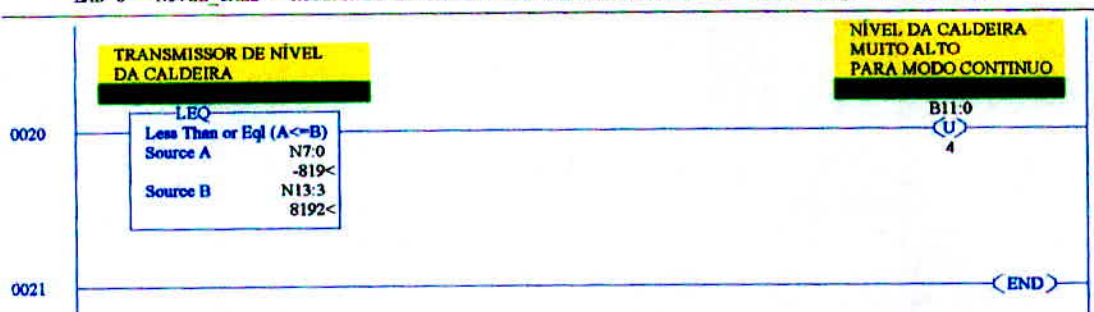


Figura 31 – Programa em ladder pagina 10.

Fonte: Autor

6.3. Programa IHM

Para o desenvolvimento do programa da IHM (interface homem - maquina) foi utilizado o software FactoryTalk View Studio – Machine Edition.

Os endereços (Tags) criados no programa ladder, (nível muito alto, liga bomba, seleção de nível contínuo ou intermitente... etc.) são importados para o FactoryTalk, de preferência separando os endereços em pastas específicas. Depois da parte gráfica montada com as necessidades exigidas para poder controlar o processo estes endereços são “linkados” com os blocos de ajuste e visualização.

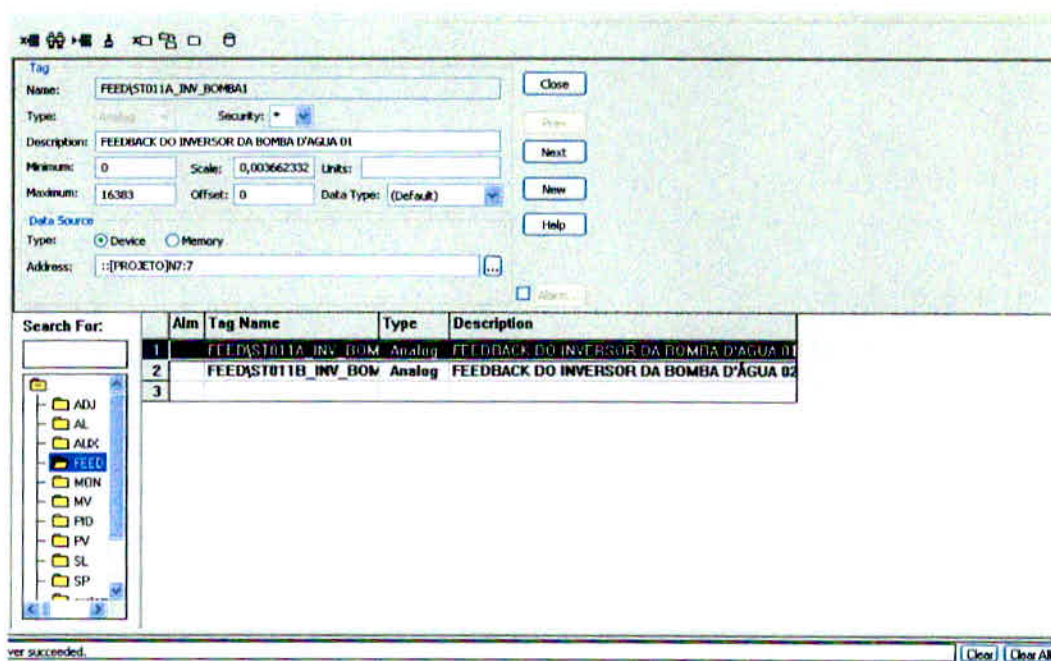


Figura 32 – Tela de armazenamento das tags.
Fonte: FactoryTalk

A tela criada abaixo foi desenvolvida para controlar o nível de água de uma caldeira, através do conceito já aprendido a dois elementos e intermitente.

As seguintes funções de cada dispositivos são:

- 1 – Gráfico do controle de nível onde mostra o valor do transmissor de nível (PV) em tempo real juntamente com o valor ajustado para o processo (SP) e a variável no qual o controlador atua para controlar o nível (CV);
- 2 – Variável que é controlada no processo, neste caso o nível (0~100%);

- 3 – Valor desejado para variável do processo, set point (0~100%);
- 4 – Gráfico para acompanhamento da vazão de vapor em tempo real (0~15.000Kg/h);
- 5 – Variável no qual o controlador atua para controlar o processo, possui opção de ajuste somente quando o sistema estiver em manual (0~100%);
- 6 – Botão para selecionar o modo de operação em Automático ou Manual;
- 7 – Comutador para seleção de nível Contínuo ou Intermitente.
- 8 – Comutador para seleção de Bomba 01 ou Bomba 02;
- 9 – Visualizar o status do inversor de frequência (Hz).



Figura 33 – Tela de controle do nível..

Fonte: Autor

7. CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido relacionado à automação é um assunto de grande importância devido aos avanços tecnológicos. O ambiente de processo nas empresas vem cada vez mais se sofisticando para atender a demanda e com isso a necessidade de criar equipamentos que sejam confiáveis e assegurem a qualidade, segurança e produtividade.

O setor de automação possui diversas ferramentas para criação de projetos como os softwares (*AutoCad, RSLogix 500 e Factory Talk View Studio*) utilizados neste trabalho para desenvolver o esquema elétrico, programação gráfica (ladder) e a interface homem – máquina (IHM), o que nos disponibiliza uma grande abrangência para solucionar diversos problemas de controle (temperatura, vazão, pressão... etc.) que encontramos no dia a dia através da automação.

O intuito deste trabalho é disseminar este ramo da engenharia que possui um mercado de trabalho superaquecido e a ênfase na parte de controle de nível que é uma variável muito importante, não só para geradores de vapor, mas como em diversos processos fabril. Levantando como conclusão principal o aprendizado ocorrido durante o desenvolvimento deste projeto e todo decorrer do curso junto com a experiência profissional obtida durante este período.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEGA, Egídio Alberto. DELMÉE, Gerard Jean. COHN, Pedro Estéfano. BULGARELLI, Roberval. KOCH, Ricardo. FINKEL, Vitor Schmidt. **Instrumentação Industrial**. – Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, 2006.

BEGA, Egídio Alberto. **Instrumentação Aplicada ao Controle de Caldeiras**. – 3ª Edição – Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, 2003.

CASSIOLATO, César. **Técnicas Medição de nível & nível de interface**, *Revista Controle & Instrumentação*. Edição nº 110, 2005.

BOLTON, W – **Engenharia de Controle** – MAKRON BOOKS, São Paulo, 1993.

COSTA, César Da. **Projetando Controladores Digitais com FPGA** – NOVATEC, 2006.

VIANA, Ulisses Barcelos. **Instrumentação Básica – Pressão e Nível** – SENAI, 1999.

ROCKWELL. **RSLOGIX 500 Instructions Set Help**, 2001.

Softwares – **AutoCAD; RSLogix 500 English; FactoryTalk View Studio**