



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

PROPOSTA DE ENSINO DE CONTROLE LÓGICO PROGRAMÁVEL EM TURMAS DE GRADUAÇÃO DE NÍVEL DE ENGENHARIA E TECNOLOGICO

Miguel Angel Chincaro Bernuy – miguel.bernuy@unopar.br, chincaro@cp.cefetpr.br

Universidade do Norte do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Rua Tietê, 1208 - Vila Nova

86025-230 – Londrina, PR

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade de Cornélio Procópio.

Rua Alberto Carazzai, 1640, Centro

863000-000 – Cornélio Procópio, PR

José Antonio dos Santos Júnior – jose.engenner@gmail.com

Universidade do Norte do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Rua Tietê, 1208 - Vila Nova

86025-230 – Londrina, PR

Josiane de Souza – josy_buena@yahoo.com.br

João Carlos Moratto – jemoratto@yahoo.com.br

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade de Cornélio Procópio.

Rua Alberto Carazzai, 1640, Centro

863000-000 – Cornélio Procópio, PR

Resumo: Neste trabalho é apresentada uma experiência de ensino de Controle Lógico Programável baseada em bancadas didáticas em cursos de Graduação de Engenharia e Tecnologia. A execução do Plano de Ensino se mostra mais eficiente quando comparado com a proposta anterior que utilizava apenas o Controlador Lógico. Os resultados desta abordagem mostram que a principal contribuição deste método está em aumentar a análise de soluções seqüenciais, aumentando o tempo de concepção do modelo em GRAFCET.

Palavras-chave: Controlador lógico programável, Bancadas didáticas e Automação discreta.

1. INTRODUÇÃO

As principais modificações na legislação do Ensino de Graduação se deram com as filosofias traçadas nas Diretrizes Curriculares dos cursos de Engenharia e Tecnologia (Bernuy, 2003), as quais seguiram a inovação anunciada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - Lei número 9.394/96). Este conjunto de orientações foi um importante vetor na reconstrução das práticas de ensino nos cursos de Graduação,

alimentando as reformas e construções dos Projetos Pedagógicos (Hruschka, 2004). Desta forma, levando aos Projetos Pedagógicos novos paradigmas, tais como Habilidades, Competências e Ações (Coll, 2000).

Estas modificações trouxeram naturalmente mudanças nas estratégias de ensino nas disciplinas e nos trabalhos de conclusão de curso (Bernuy, 2003b, Machado, 2005 e Rocha, 2005). A utilização de bancadas didáticas é um recurso bastante utilizado no ensino de Graduação nos cursos de Engenharia e Tecnologia. Atualmente, existem diversos fornecedores destes produtos e muitas vezes disponibilizam atividades de configuração e aplicações. Contudo, a criação da solução que exige habilidades de concepção são raramente exploradas.

Neste trabalho será apresentada uma proposta de ensino na área de automação industrial, mas especificamente na automação discreta com Controladores Lógicos Programáveis, utilizando bancadas de baixo custo nas turmas de Graduação de Tecnologia e Engenharia.

Para sua implementação foram estudados os procedimentos a serem realizados pelo protótipo como também os equipamentos que seriam utilizados em sua construção, que teriam que ser simples e de fácil acesso. Com isso, foi necessário o conhecimento de diversas áreas da Engenharia Elétrica.

2. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DISCRETOS SEM BANCADAS DIDÁTICAS

A estrutura curricular normalmente para a área de Automação Discreta segue os seguintes tópicos:

- Lógica Combinacional aplicada na Automação discreta;
- Descrição projetos de automação combinacional;
- Especificação de Variáveis;
- Especificação de Estados de Variáveis;
- Diagramas Combinacionais Ladder com variáveis de entrada e saída;
- Estudo de casos de Planejamento de processos e fabricação industrial;
- Configuração e supervisão de CLP;
- Desenvolvimento de interfaces de supervisão.

Inicialmente a abordagem era feita sem bancadas utilizando exemplos simples para não demorar na concepção e gastar mais tempo com a implementação. Neste caso, se utilizou como exemplo um sistema de controle de carga e descarga de líquido, como visto na Figura 1:

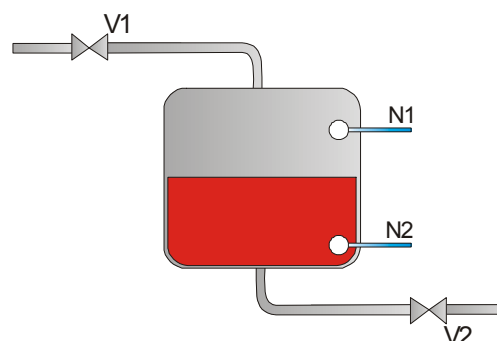


Figura 1 – Sistema de Carga e Descarga de Líquido

Baseado neste sistema foi seguido-se os seguintes passos:

- O diagrama Ladder deste sistema foi inserido na área destinada ao programa principal;

- Foi realizada a configuração do Hardware, definindo o tipo de bastidor, fonte, CPU e módulos digitais;
- Com as configurações terminadas, estas foram enviadas ao CLP;
- Iniciou-se supervisão, forçando os contatos que foram sugeridos como entradas;
- Os contatos de saída realizaram suas manobras conforme a lógica descrita no diagrama Ladder. Estas manobras foram verificadas ouvindo um ruído dos relés, indicando que a operação foi realizada com sucesso.

Esta configuração da placa digital teve por objetivo medir os sensores de nível (N1 e N2) e atuar as válvulas de entrada e saída (V1 e V2).

O diagrama Ladder do sistema de controle da carga e descarga do reservatório pode ser visualizado na Figura 2.

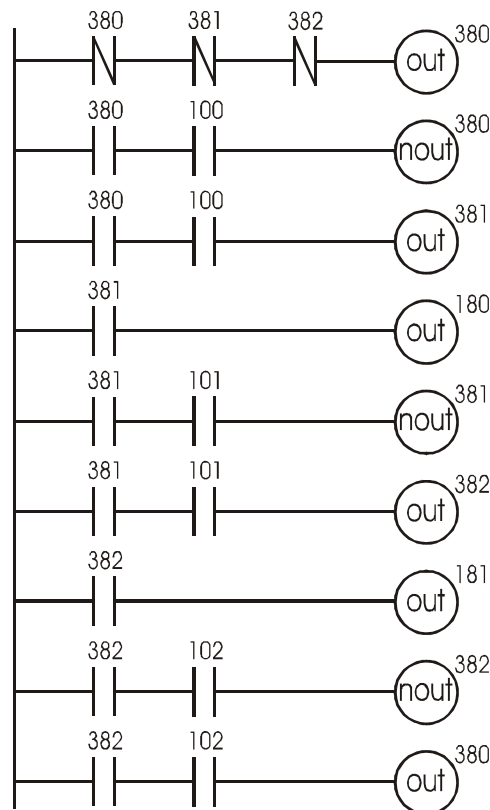


Figura 2 – Diagrama Ladder do Sistema Automático de Carga e Descarga de Líquido

Observação: Os estados internos auxiliares são definidos entre 207H e 37FH, totalizando 377 estados disponíveis. Os estados internos remanescentes disponíveis são num total de 80 iniciando em 380H.

Na Figura 3 pode-se ver a ligação dos cabos para configuração da placa digital:

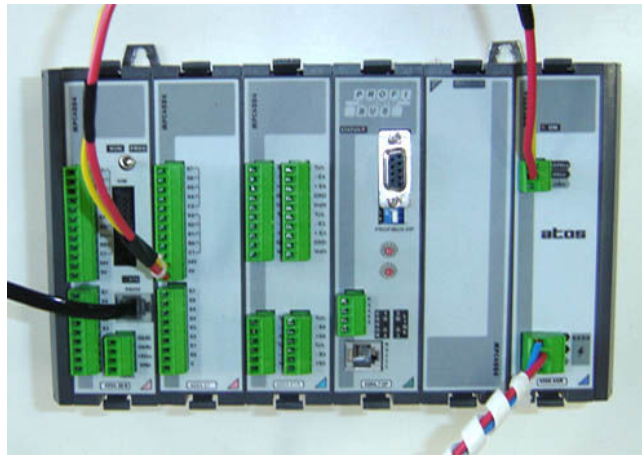


Figura 3 – Conexão de cabos para configuração de uma placa digital

4. PROCEDIMENTOS DE AUTOMAÇÃO UTILIZANDO MODELAGEM SEQUENCIAL

4.1. Exemplos Simples com GRAFCET

Descrição GRAFCET

É a descrição do fluxo de ações que devem ser realizadas para executar uma determinada seqüência.

Elementos de GRAFCET

Etapa – É uma memória que sinaliza um conjunto de comandos nas saídas do CLP.

Ações – É o conjunto de comandos associados a uma determinada etapa.

Transição – É a condição necessária para permitir a troca de etapas.

Exemplo:

Faça o **GRAFCET** de uma automação do esvaziamento e enchimento automático de um reservatório, conforme mostra a figura abaixo.

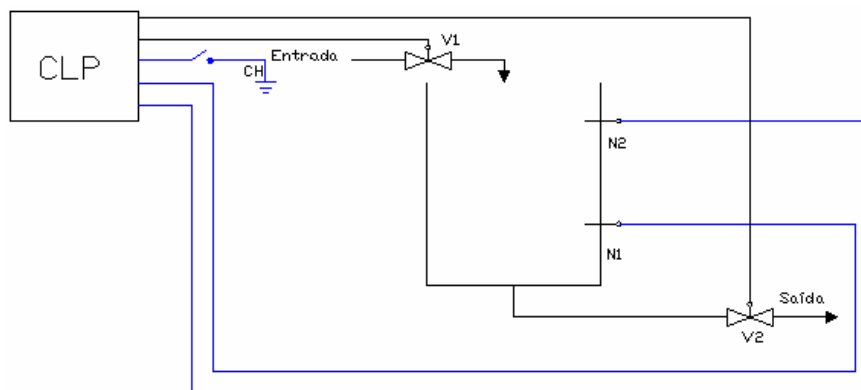


Figura 4 – Sistema de Carga e Descarga

Solução:

a) **Funcionamento conforme a figura acima deve-se realizar as seguintes etapas:**

- Ligar V1 somente se CH = 1;
- Desligar V1 e ligar V2 se N2 = 1;
- Volta a etapa inicial se N1 = 0.

b) Descrição das variáveis:

Entradas:

CH = Chave de modo operação;

N1 = Sensor de nível baixo;

N2 = Sensor de nível alto.

Saídas:

V1 = Válvula de entrada;

V2 = Válvula de saída.

c) Descrição dos estados:

Entradas:

CH = 0; Sistema deverá estar ligado;

CH = 1; Sistema deverá estar desligado;

N1 = 0; Nível abaixo do nível mínimo;

N1 = 1; Nível acima do nível mínimo;

N2 = 0; Nível abaixo do nível máximo;

N2 = 1; Nível acima do nível máximo.

Saídas:

V1 = 0; Válvula de entrada fechada;

V1 = 1; Válvula de entrada aberta;

V2 = 0; Válvula de saída fechada;

V2 = 1; Válvula de saída aberta.

O diagrama seqüencial fica como demonstrado na Figura 5.

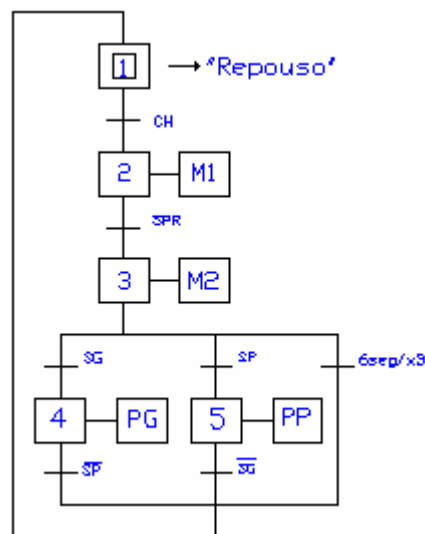


Figura 5 – Diagrama Seqüencial do Exemplo

Diagrama de Tempo

O diagrama de tempo da Figura 6 facilita a compreensão da evolução do sistema automático do exemplo.

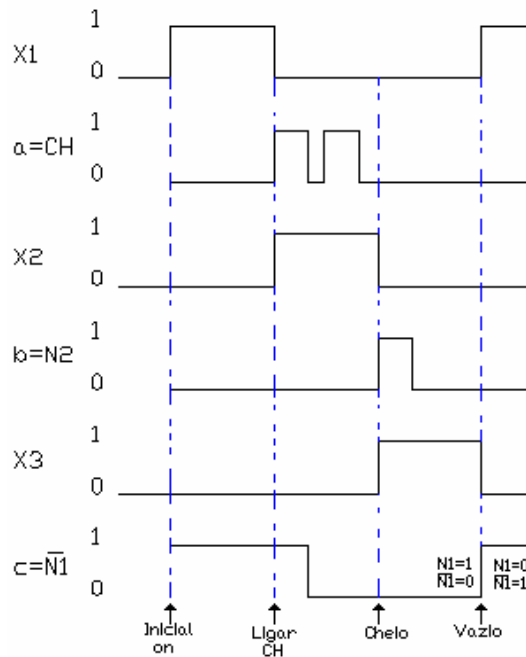


Figura 6 – Diagrama de Tempo

Esta metodologia é mais interessante, partindo do ponto de vista que a concepção passa para um nível menos específico tecnicamente. Permitindo que sejam feitas trocas de idéias com pessoas que não possuem conhecimentos de programação e configuração de Controladores Lógicos.

4.2. Exemplo Completo com GRAFCET

O Processo de Fermentação Automatizado

Esta parte tem por objetivo descrever o funcionamento textual do processo a ser controlado. O processo é representado por uma figura completa que é subdividida em vários processos, onde são determinados para cada um deles os elementos da malha; variáveis e seus estados; as respectivas expressões de saída; diagrama de ladder. É determinado também para cada malha os sinais PV (variável do processo), SP (sete point) e MV (variável manipulada). Encontra-se nesse capítulo também a definição dos elementos da malha e dos sinais PV, SP e MV.

Funcionamento Textual

A Dorna “A” recebe a garapa (caldo da cana) que vem das moendas filtrada e decantada. Junto com o caldo, se necessário é aberto a válvula de água (V2) caso o brix esteja maior que 15°. As válvulas V1 e V2 são fechadas caso seja alcançado o nível máximo da dorna “A”.

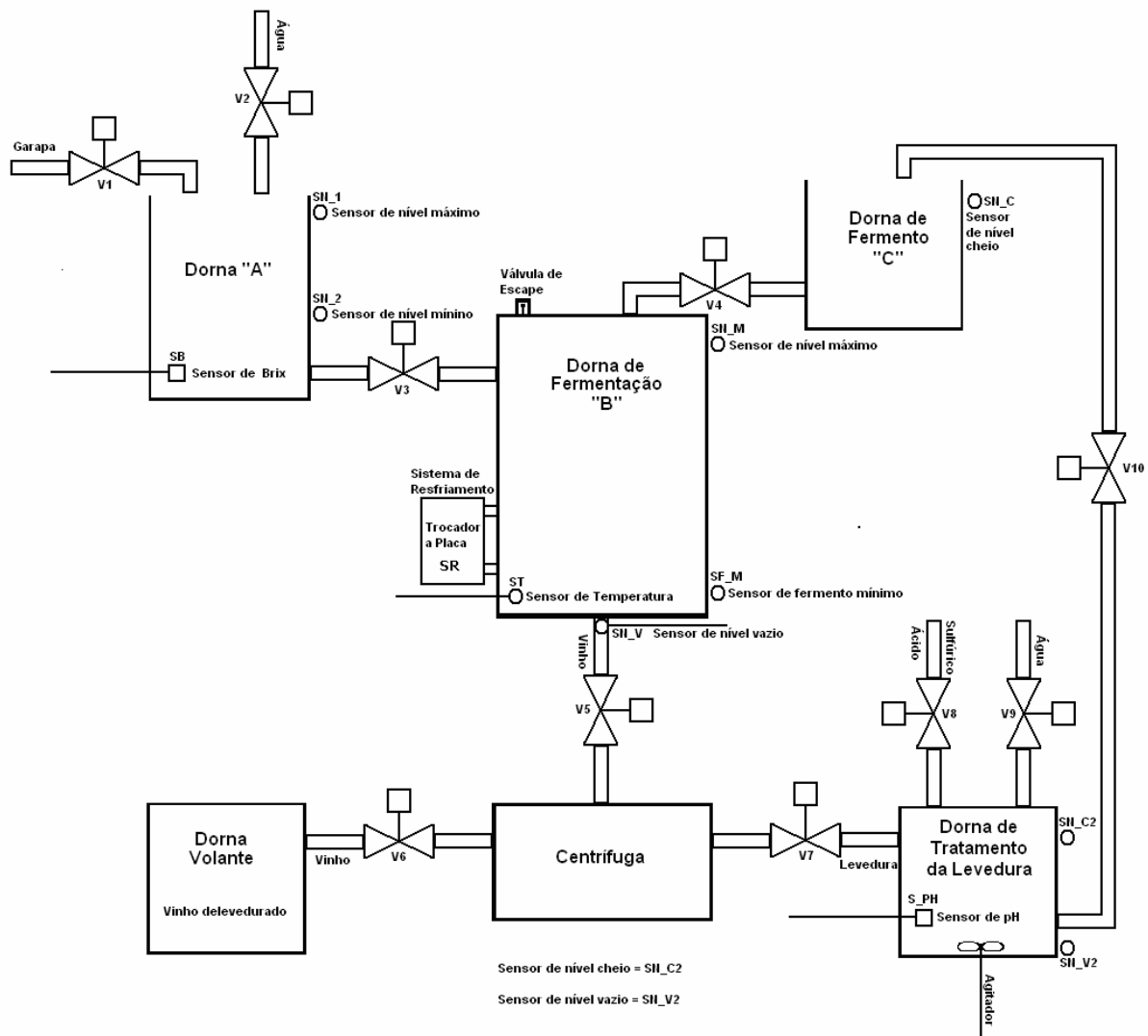


Figura 7 - Sistema de Fermentação Completo

Preparo da dorna de fermentação: primeiramente, a dorna é preenchida com certa de 10 a 12% de fermento, após ser preenchido com fermento, é lançado esta dorna, a qual daremos o nome de "B", o caldo com o brix controlado. Só é mandado o caldo da dorna "A" para a "B" quando existir na dorna "A" uma quantidade mínima de caldo para preencher a dorna "B". A válvula de entrada da dorna "B" é fechada quando é atingido o volume máximo da dorna.

O mosto (caldo) fica na dorna de fermentação por um período de 5 horas. Nesse período deve ser controlada a temperatura do mosto mantendo-a de 28° á 30°C. Caso seja ultrapassado os 30°C deve ser acionado o sistema de resfriamento (trocadores a placas), como a fermentação produz muitos gases, existe nessa dorna de fermentação uma válvula de escape, não deixando que a pressão venha causar danos.

Após o período de 5 horas o caldo, que recebe o nome de vinho, é mandado para uma centrífuga, onde é separado o vinho da levedura que será recuperada.

O vinho de levedurado é armazenado na chamada dorna volante, onde se inicia o processo de destilação. Enquanto a levedura é mandada a um reservatório, onde receberá um severo tratamento que consiste em diluição com água e adição de ácido sulfúrico (pH ácido sulfúrico é de aproximadamente 1,4) até que seja encontrado um pH de 2,5. O reservatório fica em agitação constante por três horas. Esse tratamento, como dito anteriormente recebe o nome de pé-de-cuba. Ao final do tratamento uma bomba manda o fermento tratado a dorna “C” (dorna que contem o fermento) para ser reaproveitada.

O processo é repetido.

Ilustração conforme descrição

Na Figura 7 tem-se a representação do processo que será automatizado.

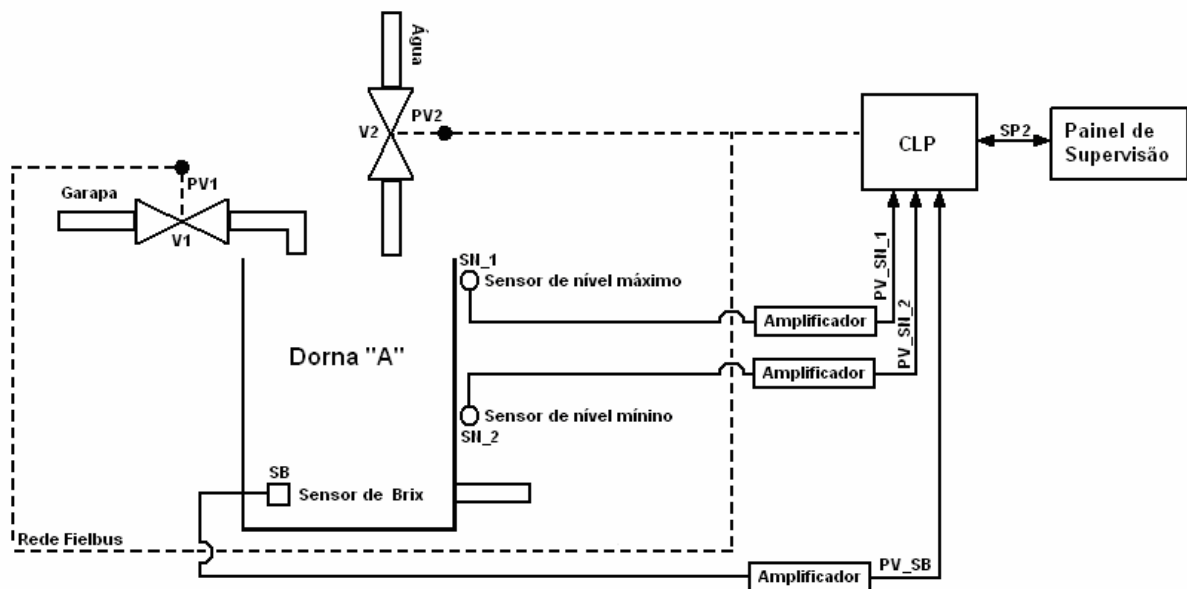


Figura 8 – Malha 1

Divisão do Processo

Para melhor análise e compreensão é feito a divisão do processo em várias outras malhas, e assim são determinados os seus respectivos elementos e sinais já mencionando a cima.

Descrição da Malha 1

Essa malha é responsável pelo processo inicial, onde é controlado o °Brix do caldo e os níveis da dorna como mostrado na Figura 8.

Existem duas malhas de controle independentes:

Controle de Nível:

SM = Chave de nível e amplificador;

Controle = CLP;

Atuador = V1 e V2;

Processo = Reservatório, Produtos (água e garapa) e tubulações;

Distúrbio = Variação da vazão da entrada dos produtos;

PV1 = Tensão de saída dos amplificadores dos sensores de níveis (PV_SN_1 E PV_SN_2);

SP1 = Posição da fixação dos sensores de níveis;

MV1 = Sinal digital em PV_1 e PV_2.

Controle de Brix:

SM = Refratômetros e amplificador;
Controle = CLP;
Atuador = V2;
Processo = Reservatório, produtos (água e garapa) e tubulações;
Distúrbio = Variação de brix do produto;
PV2 = Tensão de saída do amplificador do sensor de brix;
SP2 = Ajuste de referência de brix no painel;
MV2 = Sinal digital em PV2.

Funcionamento Textual:

Como descrito no processo geral, A válvula da garapa (V1) fica aberta enquanto não for acionado o sensor de nível máximo (~SN_1). Se o brix do caldo estiver à cima de 15° é aberto a válvula da água (V2). As válvulas de água e caldo são fechadas caso seja alcançado o nível máximo da dorna (SN_1).

Descrição das Variáveis:

SN_1 = Sensor de nível máximo;
SN_2 = Sensor de nível máximo;
SB = Sensor de Brix;
V1 = Válvula da garapa;
V2 = Válvula da água;
CH = Chave automática.

Descrição dos Estados das Variáveis:

SN_1= 0 – A baixo do nível máximo não acionado;
SN_1= 1 – A cima do nível máximo acionado;
SN_2= 0 – A baixo do nível mínimo não acionado;
SN_2= 1 – A cima do nível mínimo acionado;
SB = 0 – Brix a baixo de 15°;
SB = 1 – Brix a cima de 15°;
V1 = 0 – Válvula da garapa fechada;
V1 = 1 – Válvula da garapa aberta;
V2 = 0 – Válvula da água fechada;
V2 = 1 – Válvula da água aberta;
CH = 0 – Chave automática desligada;
CH = 1 – Chave automática ligada.

GRAF CET

A Figura 9 contém a representação do GRAFCET da malha 1.

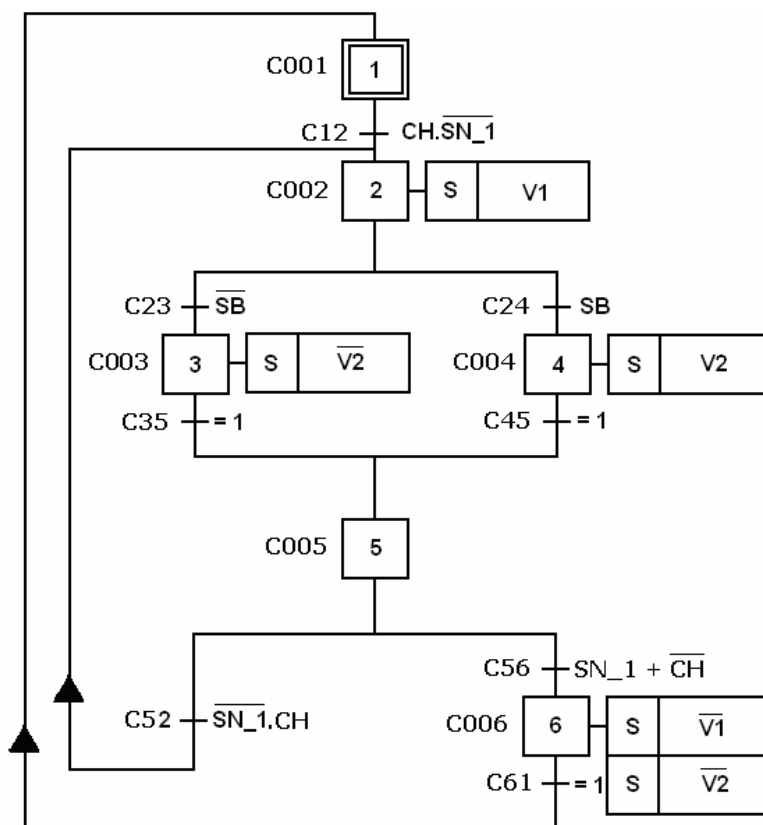


Figura 9 – GRAFCET da Malha 1

Tabela 1 – Variáveis da Malha 1

Etapas	Transições	Entradas	Saídas
1 = C001	1→2 = C12	CH = X01	V1 = Y01
2 = C002	2→3 = C23 / 2→4 = C24	SN_1 = X02	V2 = Y02
3 = C003	3→5 = C35	SB = X03	
4 = C004	4→5 = C45		
5 = C005	5→6 = C56 / 5→1 = C51		
6 = C006	6→1 = C61		

5. DESENVOLVIMENTO DE BANCADAS DIDÁTICAS PARA AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS CONTÍNUOS E DISCRETOS:

Durante o desenvolvimento do manual foi idealizada a realização de um Trabalho de Diplomação, implantando em uma das bancada no Laboratório C-103, um modelo didático de controle de temperatura em líquidos, utilizando o CLP Atos e os programas WinSUP e Elipse SCADA, objetivando o auxílio nas aulas práticas.

A seguir está o *lay-out* do projeto:

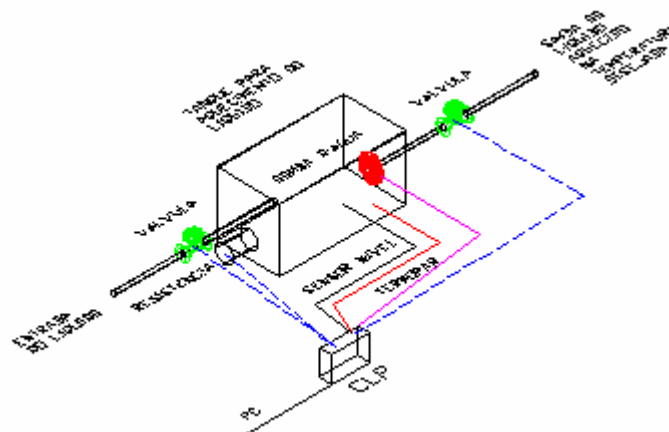


Figura 10 – *Lay-out* do sistema de controle de temperatura

Esse módulo atuará da seguinte maneira: Um líquido deve entrar em um tanque e deverá sair aquecido em uma temperatura programada. O recipiente (Figura 10) será composto de um sensor de nível, que irá garantir que o tanque não fique vazio e assim queimando a resistência, ou seja, ele efetuará o fechamento da válvula de entrada do líquido quando o nível estiver abaixo do desejado. A válvula de saída e a bomba d'água só irão funcionar quando o líquido estiver aquecido de forma desejada e o recipiente estiver com líquido suficiente para não queimar a resistência, que será controlada com por uma chave estática obedecendo ao comando do controlador lógico programável (CLP ATOS). Todo esse processo será monitorado através do software supervisor Elipse SCADA, que monitorará todo o sistema.

6. CONCLUSÕES

O surgimento de equipamentos de alta tecnologia é um processo que já faz parte do nosso cotidiano. Grandes empresas em parceria com bons profissionais são os maiores responsáveis por esta evolução tecnológica, porém alguns equipamentos surgem ainda dentro das Universidades utilizando-se equipamentos simples e de fácil acesso em conjunto com as diversas disciplinas oferecidas pelo curso de Engenharia Elétrica, podendo mais tarde com um maior aperfeiçoamento se tornar um equipamento de alta tecnologia, este é o caso da proposta utilizando as bancadas e a abordagem enfatizada no projeto seqüencial e a descrição completas das variáveis.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da UNOPAR, UTFPR e a FUNADESP por apoiar o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUY, M. A. Ch., Imamura, M. M. Silva, S. A. O. da, e Baena, J. T., Metodologia de Ensino para Implementar Instrumentação Microcontrolada para Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Rio de Janeiro, 2003.

COLL, C. Pozo, J. I., Sarabia, B. e Valls, E., Os Conteúdos na Reforma – **Ensino e Aprendizagem de Conceitos, Procedimentos e Atitudes**. Artmed, Porto Alegre, 2000.

ROCHA, S. S. P., Gardim, R. S. J., Martins, E., Bernuy, M. A. Ch. Controle de Nível Automático em Reservatórios de Vazão Variável. In: 7º Encontro de Atividades Científicas da UNOPAR, 2004, Londrina. **Anais**. Londrina: UNOPAR, 2004.

STEVAN, L. Machado; BERNUY, Miguel Angel Chincaro. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL POR NÍVEL DE PERSONALIZAÇÃO DOS USUÁRIOS COMO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, **Cobenge 2005**, Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande.

PROPOSALS OF EDUCATION OF PROGRAMMABLE LOGICAL CONTROL IN GROUPS OF GRADUATION OF NIVEL OF ENGINEERING AND TECNOLÓGICO

Abstract: *In this work it is presented an experience of education of Programmable Logical Control based in didactic group of benches in courses of Graduation of Engineering and Technology. The execution of the Plan of Education shows more efficient when comparative with the proposal previous that the Logical Controller used only. The results of this boarding show that the main contribution of this method is in increasing the analysis of sequential solutions, increasing the time of conception of the model in GRAFCET.*

Key-words: *Programmable logical controllers, Didactic group of benches and Discrete automation*