



Curso de Engenharia da Computação

AUTOMAÇÃO DE TÉCNICA DE CULTIVOS HIDROPÔNICOS

Éderson Massahiro Tachikawa

Itatiba – São Paulo – Brasil

Dezembro de 2008



Curso de Engenharia da Computação

AUTOMAÇÃO DE TÉCNICA DE CULTIVOS HIDROPÔNICOS

Éderson Massahiro Tachikawa

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia da Computação da Universidade São Francisco, sob a orientação do Prof. Dr. Claudio Kiyoshi Umezu, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Kiyoshi Umezu

Itatiba – São Paulo – Brasil

Dezembro de 2008

Automação de técnica de cultivos hidropônicos

Éderson Massahiro Tachikawa

Monografia defendida e aprovada em 09 de dezembro de 2008 pela **Banca Examinadora** assim constituída:

Prof. Dr. Claudio Kiyoshi Umezu (Orientador)

USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP.

Prof. Thales de Társis Cezare (Membro Interno)

USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP.

Prof. Ms. Cláudio Maximiliano Zaina (Membro Interno)

USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP.

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”

(Roberto Shinyashiki)

Agradecimentos

Gostaria de deixar um agradecimento àquelas pessoas que me apoiaram e me auxiliaram na minha graduação, assim como nessa monografia.

Aos meus pais, meu irmão e familiares obrigados pelo incentivo, animação e paciência.

Agradeço enormemente ao meu orientador, Professor Claudio Kiyoshi Umezu, pelo incentivo e auxílio para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores da Universidade São Francisco, que foram tão importantes para minha graduação.

Agradeço a todos meus amigos da Universidade São Francisco, principalmente a Felipe Cavalero e Raul Diego Ocanha da Almeida Carride, pela ajuda na realização da implementação do trabalho.

Agradeço a todos.

Sumário

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1 Introdução	1
2 Objetivo.....	3
3 Revisão bibliográfica	4
3.1 Automação	4
3.1.1 Controlador Lógico Programável (CLP)	4
3.2 Hidroponia.....	5
3.3 Vantagem e desvantagem.....	6
3.4 Tipos de sistemas	7
3.5 Solução nutritiva	9
4 Materiais e métodos	12
4.1 Controlador lógico programável	12
4.2 Sistema hidráulico	13
4.2.1 Reservatório.....	13
4.3 Sensores e relés	14
4.3.1 Acionamento dos dispositivos	15
4.4 Moto-bomba e motor de agitação.....	15
4.5 Válvula solenóide.....	17
4.6 Iluminação artificial e alarmes	17
5 Resultados.....	19
5.1 Programação para o CLP.....	19
5.2 Implementação	21
5.3 Testes realizados	21
6 Conclusão.....	25
6.1 Extensões.....	25
Referências Bibliográficas	26
Bibliografia consultada	27
Apêndice 1 – Programação ladder.....	28
Apêndice 2 – Protótipo do sistema NFT	44
Anexo 1 – Estufas para sistemas hidropônicos	45

RESUMO

A técnica de cultivo hidropônico é uma inovação na produção de alimentos sem a utilização do solo. Esta técnica de cultivo de plantas em meio aquoso é bastante antiga mais seu uso comercial é bem recente. Tem como base a utilização da água enriquecida com soluções nutritivas que mantêm as características físico-químicas do solo, dispensando o uso de agrotóxicos devido à redução de ataque de insetos e de microorganismos providos do solo. Atualmente; a técnica mais utilizada para a nutrição das plantas no sistema hidropônico é a denominada “*Nutrient Film Technique*”, ou simplesmente NFT. Nesta técnica, as plantas são colocadas em canais de cultivo por onde escoam um filme de solução nutritiva. Assim, as plantas absorvem os nutrientes pelo seu sistema radicular e o restante da solução nutritiva que não for absorvida pelas plantas retorna para o reservatório localizado abaixo dos canais de cultivo, este processo é repetido periodicamente. Tem-se como objetivo deste trabalho, a construção de um protótipo similar ao sistema hidropônico NFT e o desenvolvimento de aplicativos para o controle automático no cultivo nesse sistema utilizando CLPs.

PALAVRAS-CHAVE: cultivo hidropônico, controle automático.

ABSTRACT

The technique of hydroponics cultivation is an innovation in food production without the use of land. This technique of growing plants in water is very old but its commercial use is very recent. It's based on the use of water enriched with nutrient solutions which maintains the physical and chemical characteristics of soil, avoiding the use of pesticides due to the reduction of attacks by insects and microorganisms filled soil. Currently the most widely used technique for plant nutrition in hydroponics system is called "Nutrient Film Technique," or simply NFT. This technique, the plants are placed in the growing channels through which flows a stream of nutrient solution. Thus, the plants absorb the nutrients by its root system and the rest of the nutrient solution that is not absorbed by plants returns to the reservoir located below the channels of culture, this process is repeated periodically. It has been the goal of this work, the construction of a prototype similar to Hydroponics NFT and the development of applications for automatic control in this culture system using CLPs.

Key words: hydroponics cultivation, automatic control.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura vem sendo praticada a milhares de anos na produção de alimento, e tendo como base o solo como seu principal ambiente de cultivo. Mais isso vem mudando ao decorrer do tempo com a chegada da hidroponia, um sistema de cultivo que dispensa o solo e usa uma solução de água e nutrientes para fazer crescer as plantas.

O significado da palavra hidroponia deriva de duas palavras gregas: *hydro* que significa água, e *ponos* significa trabalho. Com a junção destas duas palavras veremos que literalmente significa “trabalhar com água” e traz como consequência o uso de soluções de adubos químicos para suprir a falta da terra por onde as plantas retiram os nutrientes necessários para sua formação (DOUGLAS, 1997).

O sistema de cultivo sem o uso de solo é bem antiga, mas seu uso na produção comercial é bem recente. No Brasil a hidroponia teve início na década de 90. Neste período surgiram vários sistemas de cultivos de hortaliças-frutos e hortaliças-folhas em ambientes protegidos tendo como principais objetivos: o aumento em relação à produção, produzir em entressafra, melhor qualidade do produto, otimização de pequenas áreas de cultivo e o uso racional dos recursos hídricos (COSTA et al., 2000).

Hoje a hidroponia se destaca principal pelo uso racional da água e das soluções químicas e assim evitando o desperdício que ocorre nas produções convencionais, além destes aspectos a hidroponia possui outras vantagens como a otimização de pequenas áreas, economia na mão-de-obra e a possibilidade dispensar o uso de agrotóxico por se tratar de um ambiente protegido.

No cultivo convencional, as plantas retiram a água e os nutrientes da terra para seu crescimento. Já no cultivo hidropônico, as plantas dependeram unicamente dos nutrientes adicionadas de forma balanceada na água, onde seu sistema radicular está submerso, assim as plantas podem crescer de forma natural e mais rápido, por receber de forma ininterrupta os nutrientes.

Inúmeras técnicas de cultivo em sistemas hidropônicos já foram criadas, mas atualmente a técnica mais utilizada no cultivo hidropônico é a técnica de *Nutrient Film Technique* (NFT) ou Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes. Nesta técnica, uma fina lâmina de solução nutritiva percorre ao longo do canal de cultivo e o sistema radicular da planta fica parcialmente submerso, absorvendo os nutrientes (BERNARDES, 1997). Embora o aprimoramento da técnica NFT venha ocorrendo, grande parte das plantações que a utilizam

controlam os processos desse cultivo de forma manual, ocasionando a necessidade do uso de mão-de-obra para operação, pois os processos precisam ser controlados periodicamente. Desta forma existe uma grande possibilidade de ocorrer uma falha humana, ocasionando um mau desenvolvimento das plantas ou até mesmo a perda da produção.

Com a implementação de um controle automático nos processos de cultivo de um sistema NFT, será possível reduzir ou até mesmo eliminar os possíveis problemas ao produtor, possibilitando também a redução de mão-de-obra, a economia com água e nutrientes. Com um controle correto e uniforme dos processos em um sistema de cultivo hidropônico, proporcionará ao final do cultivo uma maior produtividade e melhor qualidade do seu produto.

2 OBJETIVO

O objetivo do projeto é a elaboração de um sistema hidropônico tipo NFT controlado automaticamente por um controlador lógico programável (CLP), com as seguintes características funcionais:

- O controle automático do volume de água no reservatório, não permitindo que a água do reservatório acabe e também não transborde o reservatório;
- Um alarme para o controle do número de vez que o reservatório for reabastecido;
- Controle automático da moto-bomba de circulação da solução nutritiva, cuja operação pode variar conforme a variação da temperatura e o período do dia;
- Controle de agitação da solução nutritiva;
- Controle da iluminação na falta de iluminação natural;

Este projeto poderá auxiliar na produção de verduras, legumes, frutas e outros alimentos proporcionando maior segurança, facilidade, economia e produtividade para o produtor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Automação

A automação industrial começou na década de 20, com a criação das linhas de montagens automobilísticas de Henry Ford, proporcionando um avanço tecnológico nas mais diversas áreas industriais, aumento da qualidade e quantidade da produção e redução de custos.

A automação agroindustrial ou automação agrícola vem se desenvolvendo significativamente no mundo e em menor escala já está sendo utilizada em várias atividades no Brasil. Exemplos são a eletrônica embarcada em máquinas, o controle de ambientes, a robótica, o processamento pós-colheita e o controle no processo de criação de animais de corte. A agroindústria está adotando estratégias de redução de custos e diferenciação, na busca pela competitividade. Na base das mudanças, estão os investimentos em novas tecnologias e novos modelos de gestão (GS1 BRASIL, 2008).

Normalmente, a tecnologia disponível no mercado é importada e é necessário um maior esforço nacional para desenvolver novas tecnologias. E assim podendo usufruir e disseminar tecnologia própria, principalmente naquelas situações que são comuns ao país. A maior interação entre os diversos setores agrícola é uma condição importante para a melhor utilização dos recursos disponíveis e também para aumentar a competitividade internacional do país (LAA, 2008).

3.1.1 Controlador Lógico Programável (CLP)

Uma grande parcela no avanço de automação se dá pela microeletrônica e por sua evolução nos últimos anos. Os CLPs (Controlador Lógico Programável) surgiram na década de 60 e substituirão os painéis de cabina de controle com relés (SOUZA & OLIVEIRA, 2003).

Em 1968, na indústria automotiva norte-americana, mais precisamente na *Hydronic Division* da General Motors, foi utilizado pela primeira vez o controlador lógico programável para solucionar o problema da dificuldade de mudança da linha de montagem que gastava muito tempo e dinheiro. (EAUT, 2008)

Richard Morley foi o criador do primeiro equipamento sem utilização de relés. A primeira geração dos CLPs tinha como características uma linguagem em *Assembly*, que mudava a partir do tipo de arquitetura utilizada do seu hardware. (EAUT, 2008)

Atualmente existe uma preocupação de padronização de protocolos de comunicação entre CLPs de fabricantes distintos para facilitar a automação e o desenvolvimento de plantas industriais. Hoje os CLPs atuam em diversas áreas como indústrias têxteis, bebidas, alimentos, tratamento de água, empacotamento, engarrafamento, transporte de materiais e muitos outros.

3.2 Hidroponia

Essa técnica de plantio sem terra já é bem antiga. Começou há cerca de três séculos quando John Woodward, membro da sociedade Real da Inglaterra, iniciou seus experimentos para descobrir como as plantas conseguiam captar os nutrientes de que necessitavam. Utilizando o método de cultivo em água, Woodward queria descobrir se as plantas utilizavam água ou partículas sólidas do solo para se nutrir. Porém, a limitação dos equipamentos existentes na época reduziu o progresso das pesquisas. Somente em 1804, com o avanço no campo da química, os compostos puderam ser fragmentados, facilitando a manipulação dos nutrientes. Neste período Nicolas de Saussure publicou os resultados de suas pesquisas, mostrando que as plantas necessitavam de substâncias minerais para ter um crescimento satisfatório (DOUGLAS, 1997).

Já em 1920 esta técnica já era universalmente aceita para trabalhos em laboratórios. Dez anos depois, o Dr. William F. Gericke, professor da Universidade da Califórnia, tentou transformar esta técnica de cultivo sem terra que, até então era somente utilizada em laboratório, em uma técnica de utilização geral. Seus experimentos foram bem sucedidos na plantação de tomates (DOUGLAS, 1997).

A nova técnica de cultivo sem terra só foi utilizada em grande escala na Segunda Guerra Mundial. Em 1939, o Exército Norte-americano e a Real Força Aérea instalaram unidades de hidroponia em suas bases militares para a produção de verduras e legumes, que foram consumidos durante os anos da guerra (SCHUBERT, 1981).

O primeiro uso comercial ocorreu em 1960, no Canadá. Existia uma sólida indústria de estufas de vidro em Columbia Britânica, principal produtor de tomates do país, que foi devastado por doenças no solo. A única opção para sobreviver foi evitando o solo, pelo uso da hidroponia. A técnica que usaram foi rega por gotejamento em bolsas de serragem. Os

recentes avanços técnicos também ajudaram especialmente ao desenvolvimento de plásticos e fertilizantes (DOUGLAS, 1997).

Segundo Furlani (1999), no Brasil, tem crescido nos últimos anos o interesse pelo cultivo hidropônico, predominando o sistema NFT. Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente em função do desconhecimento dos profissionais no aspecto nutricional desse sistema de produção, que requer formulação e manejo adequados das soluções nutritivas. Outros aspectos que interferem igualmente nos resultados relacionam-se com o tipo de sistema de cultivo. Os tipos de sistema hidropônico determinam estruturas com características próprias.

3.3 Vantagem e desvantagem

As principais vantagens do sistema hidropônico segundo (ALBERONI, 1998) são:

- Produção de melhor qualidade: as plantas crescem em um ambiente controlado, livre de efeitos climáticos;
- Trabalho mais leve e limpo: o cultivo é feito longe do solo e não são necessárias operações como arações, coveamento, capinas, etc.;
- Não é necessária rotação de cultura: a hidroponia se cultiva e meio limpo e sem o acúmulo de doenças;
- Alta produtividade e colheita precoce: como se fornece às plantas boas condições para seu desenvolvimento, não ocorre competição por nutrientes e água;
- Menor uso de agrotóxicos: como não se emprega solo, os insetos e microorganismos de solo, os nematóides e as plantas daninhas não atacam, reduzindo a quantidade de defensivos utilizada;
- Maior tempo de prateleira: os produtos hidropônicos são colhidos com raiz, com isso duram mais na geladeira;
- Menor uso de mão-de-obra, pois as práticas agrícolas não são utilizadas.

As principais desvantagens do sistema hidropônico são:

- Maior investimento inicial, comparado ao cultivo convencional;
- Necessidade de conhecimentos técnicos, para controle da solução;
- Dependência de energia elétrica;
- Maior atenção com doenças por sua facilidade de disseminação.

3.4 Tipos de sistemas

Todos os sistemas de hidroponia são cultivados em estufa, como pode ser visto no **Anexo 1**. Existem vários sistemas de cultivo hidropônico que diferem quanto à forma de sustentação da planta que pode ser por meio líquido ou substrato ao reaproveitamento da solução nutritiva com a circulação ou não, ao fornecimento da solução nutritiva contínua ou intermitente. A seguir serão apresentadas algumas técnicas de cultivo:

- a) **NFT (*Nutrient Film Technique*) ou Técnica de Fluxo Laminar de Nutrição:** foi desenvolvida na Inglaterra em 1970. Este sistema recircula uma fina lamina de solução nutritiva nos canais de cultivo. A solução nutritiva é bombeada de um depósito para um canal de cultivo. Parte da raiz da planta fica submersa na solução e outra parte fica em contato com o ar úmido, de onde retira o oxigênio. Após percorrer o canal, a solução volta ao depósito, como mostrado na Figura 3.1.

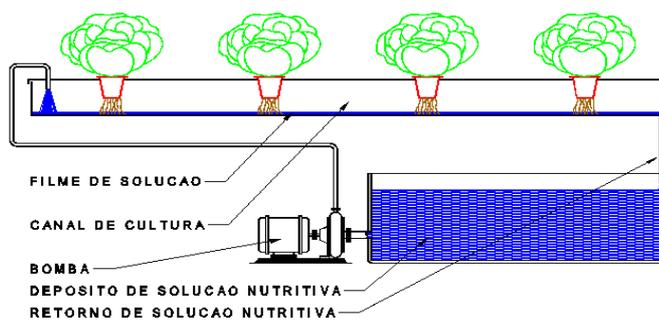


Figura 3.1 – Esquema do sistema NFT (HYDOR, 2008).

- b) **Sistema de Pavio:** é um sistema passivo no qual a solução nutritiva permanece estática, considerado o mais simples de todos os sistemas. A solução nutritiva é retirada de um depósito e conduzida para o meio de cultura e raízes das plantas por capilaridade, através de um ou mais pavios, de modo a incrementar ao máximo a capacidade capilar do meio de cultura, como mostrado na Figura 3.2.

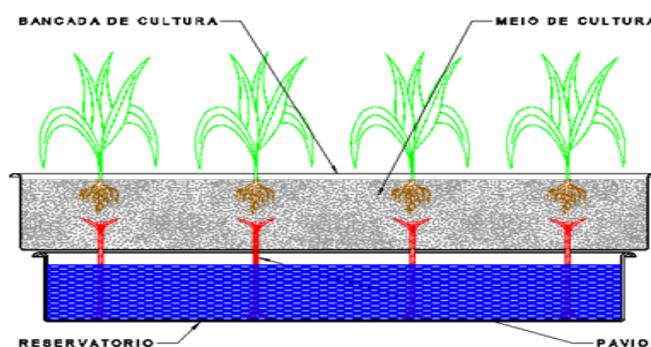


Figura 3.2 – Esquema do sistema de pavio (HYDOR, 2008).

- c) **Sistema de Leito Flutuante:** é considerado o sistema mais simples entre os sistemas ativos, que são aqueles que possuem ação de equipamentos externos. Neste sistema, a oxigenação é feita por circulação da solução de nutrientes, usando-se algum tipo de injetor de ar. As plantas são ancoradas em uma plataforma que flutua diretamente na superfície da solução de nutrientes contida em um depósito. As raízes ficam total ou parcialmente imersas na solução.
- d) **Sistema de Gotejamento:** é um sistema ativo e provavelmente o mais utilizado no mundo. A solução nutritiva é retirada do depósito por uma bomba controlada por um temporizador e levada através de pequenos tubos até a plantação, onde é liberada na forma de gotas, por meio de pequenos dispositivos chamados gotejadores. Dois tipos de sistemas de gotejamento são utilizados: solução perdida e recuperação de solução.
- **Solução Perdida:** as plantas são irrigadas sempre com uma solução nutritiva nova, não ocorrendo o retorno da solução para o reservatório, os excessos da solução nutritiva são descartados no subsolo, geralmente por infiltração, através de um sumidouro. Esta técnica também é utilizada no cultivo convencional para a irrigação.
 - **Recuperação de Solução:** o excesso de solução retorna para o reservatório. Para isso é necessária a utilização de um temporizador de maior precisão para se obterem ciclos de rega muito precisos.
- e) **Sistema Aeropônico:** este é um sistema ativo e o meio utilizado é o ar úmido. As raízes ficam suspensas e imersas numa câmara de cultivo, onde são aspergidas com uma névoa de solução nutritiva em intervalos de tempo muito curtos. A moto-bomba retira a solução do reservatório e envia aos aspersores. Este processo é comandado por temporizadores de alta precisão e é mostrado na Figura 3.3.

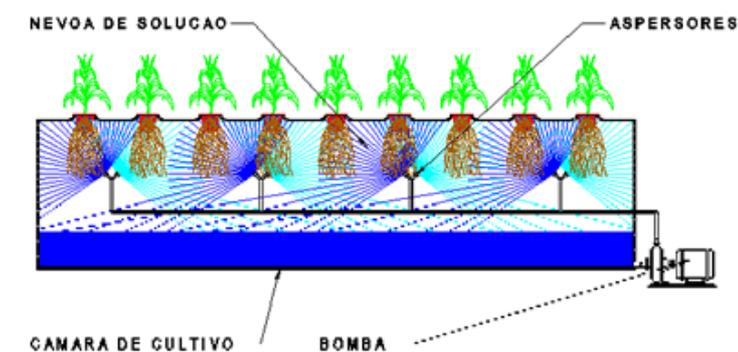


Figura 3.3 - Esquema do sistema de Aeropônico (HYDOR, 2008).

- f) **Sistema com Substratos:** para as culturas, cujo sistema radicular e sua parte aérea são mais desenvolvidos, utilizam-se canaletas ou vasos cheios de material inerte, como areia, pedras, lã-de-rocha, espuma fenólica ou espuma de poliuretano. A solução nutritiva escorre através desse material e é drenada pela parte inferior dos vasos ou canaletas, retornando ao reservatório.

3.5 Solução nutritiva

Um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como sobre sistemas de cultivo hidropônico é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita para seu desenvolvimento.

Na hidroponia todos os nutrientes são oferecidos às plantas na forma de solução. Esta solução é preparada com sais fertilizantes ou adubos químicos. Existem vários sais fertilizantes no mercado que fornecem os mesmos nutrientes para as plantas. Deve-se optar por aqueles fáceis de dissolver em água, baixo custo e facilidade de obtenção no mercado. As Tabelas 1 e 2 apresentam alguns dos sais mais usados em hidroponia, sob a forma de macronutrientes e micronutrientes (DOUGLAS, 1997).

Tabela 1 – Composição de alguns adubos químicos utilizados em hidroponia (macronutrientes).

Adubos	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
Nitrato de Potássio	14	-	36,5	-	-	-
Nitrato de Sódio e Potássio (Sulfato do Clure Potássio)	-	-	-	-	-	-
Nitrato de Amônio	13	-	11,6	-	-	-
Nitrato de Cálcio	34	-	-	-	-	-
Nitrocálcio	15	-	-	20	-	-
Nitrocalcio	22	-	-	7	-	-
Fosfato Mononâmio (MAP)	10	21,1	-	-	-	-
Fosfato Diamônio (DAP)	18	20,2	-	-	-	-
Ureia	45	-	-	-	-	-
Sulfato de Amônio	20	-	-	-	-	24
Superfosfato Simples	-	8,8	-	20,2	-	12
Superfosfato Triplo	-	19,8	-	13,0	-	-
Fosfato de Potássio	-	24	31	-	-	-
Cloreto de Potássio	-	-	49,8	-	-	-
Sulfato de Potássio	-	-	41,5	-	-	17
Sulfato de Potássio e Magnésio	-	-	16,6	-	11	22
Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	9,5	13

Tabela 2 – Composição de adubos químicos no cultivo hidropônico (micronutrientes).

Adubos	Composição
Bórax	11% de Boro
Ácido Bórico	17% de Boro
Sulfato Cúprico Pentaidratado	25% de Cobre
Sulfato Cúprico Monoidratado	35% de Cobre
Quelados de Cobre	9 – 13% de Cobre
Sulfato Ferroso	19% de Ferro
Quelados de Ferro	5 – 14% de Ferro
Sulfato Manganoso	26 – 8% de Manganês
Quelado de Manganês	12% de Manganês
Molibdato de Sódio	39% de Molibdênio
Molibdato de Amônio	54% de Molibdênio
Sulfato de Zinco	20% de Zinco
Quelado de Zinco	14 – 19% de Zinco

Teixeira (1996), afirma que não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Cada espécie vegetal tem um potencial de exigência nutricional. Por este motivo fica a responsabilidade ao produtor de saber a porcentagem de cada nutriente que será utilizado em sua cultura.

Todos os produtores desejam obter uma fórmula ótima, que sirva para todas as culturas, mas isto não é possível. Existem muitas variáveis a serem consideradas na nutrição de plantas. Algumas delas são: a espécie de planta cultivada, por exemplo, a alface precisa mais de nitrogênio que o tomate; o estágio de crescimento; parte da planta que será colhida; estação do ano; temperatura e intensidade de luz (FURLANI, 1999).

Para que as plantas tenham um bom desenvolvimento é necessário que haja um constante equilíbrio de nutrientes na solução. Os elementos essenciais devem estar sempre presentes na solução, dentro de faixas limitadas, sem escassez nem excesso.

Além do manejo adequado dos nutrientes, que serão otimizados no cultivo, existem dois fatores essenciais para o sucesso da produção: a condutividade elétrica da solução nutritiva e o pH da solução.

A condutividade elétrica é muito importante, pois determina quanto adubo há na solução por meio da medição da quantidade de íons que a na solução. Quanto mais íons existir na solução, maior será a condutividade elétrica.

O pH da solução nutritiva pode se apresentar ácida, neutra ou alcalina. A solução com o pH abaixo de 5,5 corresponde à solução ácida, acarretando a competição pelos íons H^+ ; com o pH acima de 6,5, a solução é considerada alcalina e favorece a diminuição ânions. Somente a solução considerada neutra é a ideal para o cultivo de vegetais, podendo oferecer sua máxima eficiência no crescimento das plantas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Controlador lógico programável

Para o controle do protótipo desenvolvido nesse projeto foi utilizado o Controlador Lógico Programável da marca ATOS, modelo MPC 4004. O modelo MPC 4004 possui uma estrutura modular que permite, através de seus diversos módulos, ser utilizado em diversas aplicações. Para o desenvolvimento do projeto foram utilizados quatro módulos: a fonte de alimentação, módulo de processamento que possui 8 entradas e 8 saídas digitais integradas, módulo de entradas/saídas digitais e módulo de entradas/saídas analógicas. Ao todo são 16 entradas e 16 saídas digitais (0 – 24Vcc), 4 entradas e 4 saídas analógicas (0 – 10Vcc).

O modelo oferece uma ferramenta de programação denominada WinSUP, que é um ambiente para desenvolvimento de programação Ladder, utilizando um microcomputador do tipo PC. Oferece também uma IHM (Interface Homem-Máquina) que possibilita a interação do usuário com o controle automatizado. A Figura 4.1(A) ilustra o CLP e a Figura 4.1(B) ilustra o IHM.

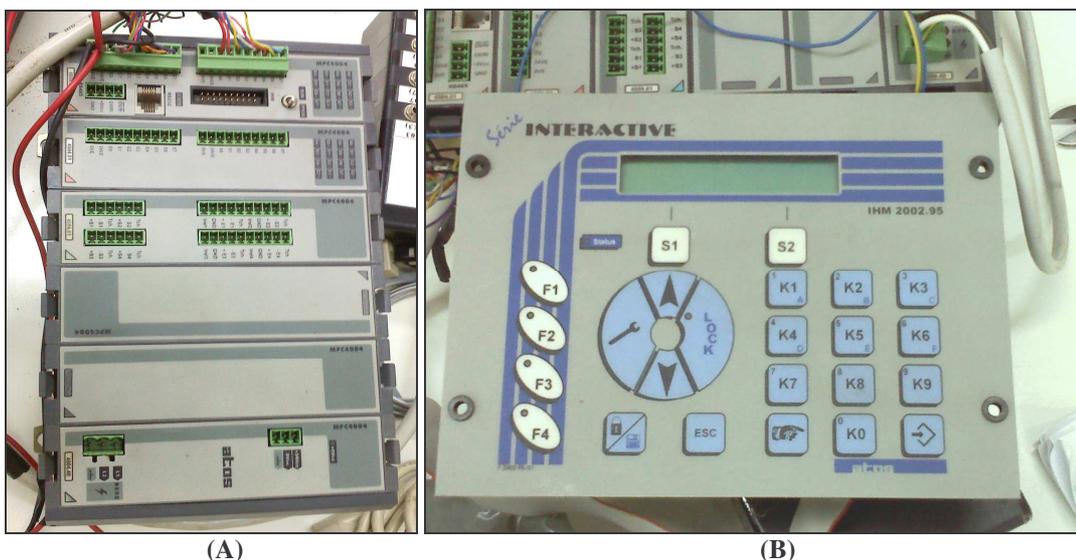


Figura 4.1 – (A) Controlador Lógico Programável (CLP) ATOS modelo MPC 4004, (B) Interface Homem-Máquina.

4.2 Sistema hidráulico

Segundo Furlani (1999), o material utilizado na confecção dos canais de cultivo deve ser impermeável para não reagir com a solução nutritiva. Assim, o material utilizado na construção dos canais de cultivo para o protótipo foi o PVC (poli cloreto de vinila), que é material muito usado na construção civil e com valores acessíveis para aquisição. Os materiais utilizados para a construção da parte hidráulica foram:

- 3,5 metros de tubo de PVC 3"
- 1,5 metros de tubo de PVC 2"
- 6 metros de tubo de PVC ½"
- 4 cotovelos 90° de PVC 3"
- 4 redutores de PVC de 3" para 2"
- 3 conexões "T"s de PVC 2"
- 2 cotovelos 90° de PVC 2"
- 4 cotovelos 90° de PVC ½"
- 1 sifão flexível universal
- 2 flanges de PVC ¾"
- 4 metros de mangueira ½"
- 1 metro de mangueira ¼"
- 2 conexões "T"s de ¼"
- 1 conexões "T"s de ½"
- 8 abraçadeiras

4.2.1 Reservatório

Os reservatórios de solução nutritiva podem ser de diversos materiais, como plástico PVC, fibra de vidro ou de acrílico, fibrocimento e alvenaria. O reservatório deve ficar em local sombreado para impedir a ação dos raios solares e estar abaixo do nível do canal de cultivo para facilitar o retorno da solução por gravidade.

A capacidade do reservatório dependerá do número de plantas e das espécies que serão cultivadas. Deve-se obedecer ao limite mínimo de 0,25-0,5 L/planta para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de 0,5-1,0 L/planta para plantas de porte médio (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjericão, morango, cravo, crisântemo), de 1,0-5,0 L/planta para plantas de maior porte (tomate, pepino, melão, pimentão, berinjela, couve, salsa, etc.). Não se

recomenda o uso de reservatórios com capacidade maior que 5000 L, pela dificuldade do manejo da correção do pH e da condutividade elétrica (FURLANI, 1999).

No protótipo utilizou-se um reservatório com capacidade de 25 L, para armazenar a solução nutritiva. A Figura 4.2 mostra o reservatório utilizado no protótipo, de plástico injetado.

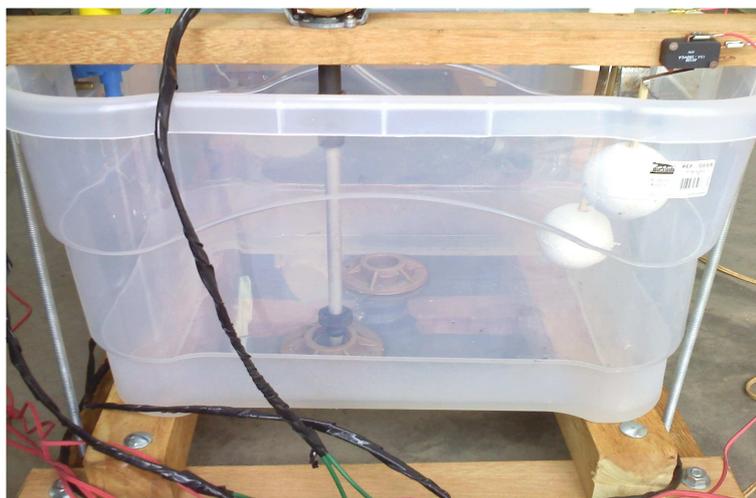


Figura 4.2 – Reservatório da solução nutritiva.

4.3 Sensores e relés

Para realizar o controle automático dos processos do sistema NFT, são necessários três sinais de entrada: dois para o nível do reservatório e um para a temperatura ambiente. Para o controle do nível do reservatório utilizou-se duas chaves de fim de curso com alavancas. Nas extremidades das alavancas foram colocadas bóias de flutuação como mostra a Figura 4.3. Uma chave de fim de curso foi usada para a medição do nível inferior do reservatório e a outra chave de fim de curso foi utilizada para o controle do nível superior do reservatório, ambas emitindo sinais digitais.



Figura 4.3 - Chave fim de curso com alavanca para o controle dos níveis do reservatório.

de cultivo. Para a escolha correta da bomba há dois itens principais que devem ser observados: primeiramente, o tipo de bomba a ser escolhido, pois no mercado estão disponíveis dois tipos de bomba, mas apenas as bombas externas são recomendadas. Há ainda a necessidade de se priorizar o uso de bombas com estrutura de plástico, devido à ação corrosiva que a solução nutritiva possui sobre o metal. Por este motivo, as bombas submersas não são adequadas para esta aplicação. O segundo item a ser observado é a potência da moto-bomba a ser utilizada. Segundo Teixeira (1996), a potência da moto-bomba usada para circulação da solução é pequena e pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{HP motor} = \frac{\text{Vazão} \times \text{altura manométrica total}}{75 \times 0.90} \quad (\text{I})$$

$$\text{HP bomba} = \frac{\text{HP motor}}{0.70} \quad (\text{II})$$

A vazão adequada no sistema hidropônico é 1,5 L/minuto – 2,0 L/minuto por canal de cultivo. Na fórmula I, a vazão é expressa em L/segundo. A altura manométrica total é a somatória da altura geométrica da circulação (distância vertical da entrada da bomba até o ponto de distribuição superior na bancada), da altura da sucção e das perdas nas tubulações e acessórios (cerca de 30%).

A moto-bomba utilizada no projeto para a circulação da solução é do tipo externo, com sua estrutura de plástico. É comum encontrá-la em máquinas de lavar roupa domésticas. A Figura 4.6(A) ilustra a moto-bomba utilizada no projeto e a Figura 4.6(B) ilustra o motor de agitação.

O motor de agitação é utilizado para a mistura da solução no reservatório, pois devido ao período de repouso da solução, pode ocorrer à decantação dos nutrientes para o fundo do reservatório. Este processo promove a uniformidade da solução nutritiva, proporcionando melhor desenvolvimento das plantas. Para este processo utilizou-se um motor da marca Solac, comumente encontrada em liquidificadores, que demanda uma potência de 250 W e opera em uma tensão de 127 Vca.



Figura 4.6 – (A) é o motor elétrico Solar usado para a agitação da solução, (B) moto-bomba usada para a circulação da solução nutritiva.

4.5 Válvula solenóide

A válvula solenóide possui duas partes básicas: o corpo e a bobina solenóide. A bobina consiste de um fio enrolado ao redor de uma superfície cilíndrica. Quando a corrente elétrica circula através do fio, gera uma força eletromagnética no centro da bobina solenóide, que aciona o êmbolo, abrindo ou fechando a válvula. Já o corpo da válvula contém um dispositivo que permite a passagem ou não do fluido. Para o reabastecimento do reservatório foi utilizada uma válvula solenóide da marca P. Monti, comumente usadas em máquinas de lavar roupas (Figura 4.7).

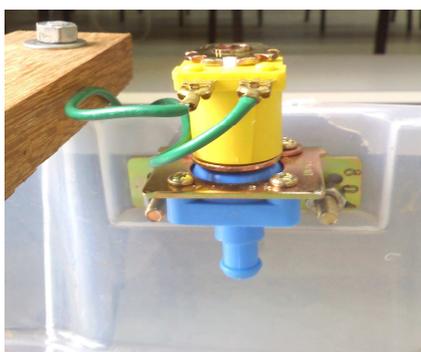


Figura 4.7 – Válvula solenóide P. Monti.

4.6 Iluminação artificial e alarmes

A luz é uma das principais fontes de energia utilizada pelas plantas para fazer a sua alimentação (através da fotossíntese). A principal fonte de luz para todas as plantas é o sol. Porém, a iluminação artificial também é necessária para fornecer luz nos períodos de baixa iluminação. Assim, no projeto, utilizaram-se duas lâmpadas incandescentes para compensar a

falta de iluminação nos períodos noturnos, proporcionando um maior período de tempo em que as plantas absorvem os nutrientes, ocasionando um maior crescimento das plantas.

Uma terceira lâmpada foi utilizada para alertar o número de vez em que o reservatório foi reabastecido, evitando que a solução nutritiva que se encontra no reservatório permaneça em níveis muito baixos, prejudicando o desenvolvimento das plantas. A Figura 4.8 ilustra as lâmpadas utilizadas no protótipo.

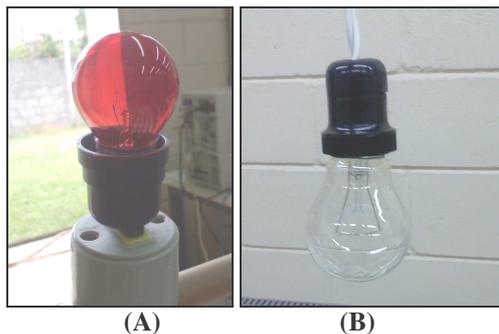


Figura 4.8 – (A) ilustra a lâmpada usada para o alarme na cor vermelha, (B) uma das lâmpadas usadas para a iluminação.

5 RESULTADOS

5.1 Programação para o CLP

A programação realizada no CLP foi feita a partir dos fluxogramas apresentados na Figura 5.1 e 5.2.

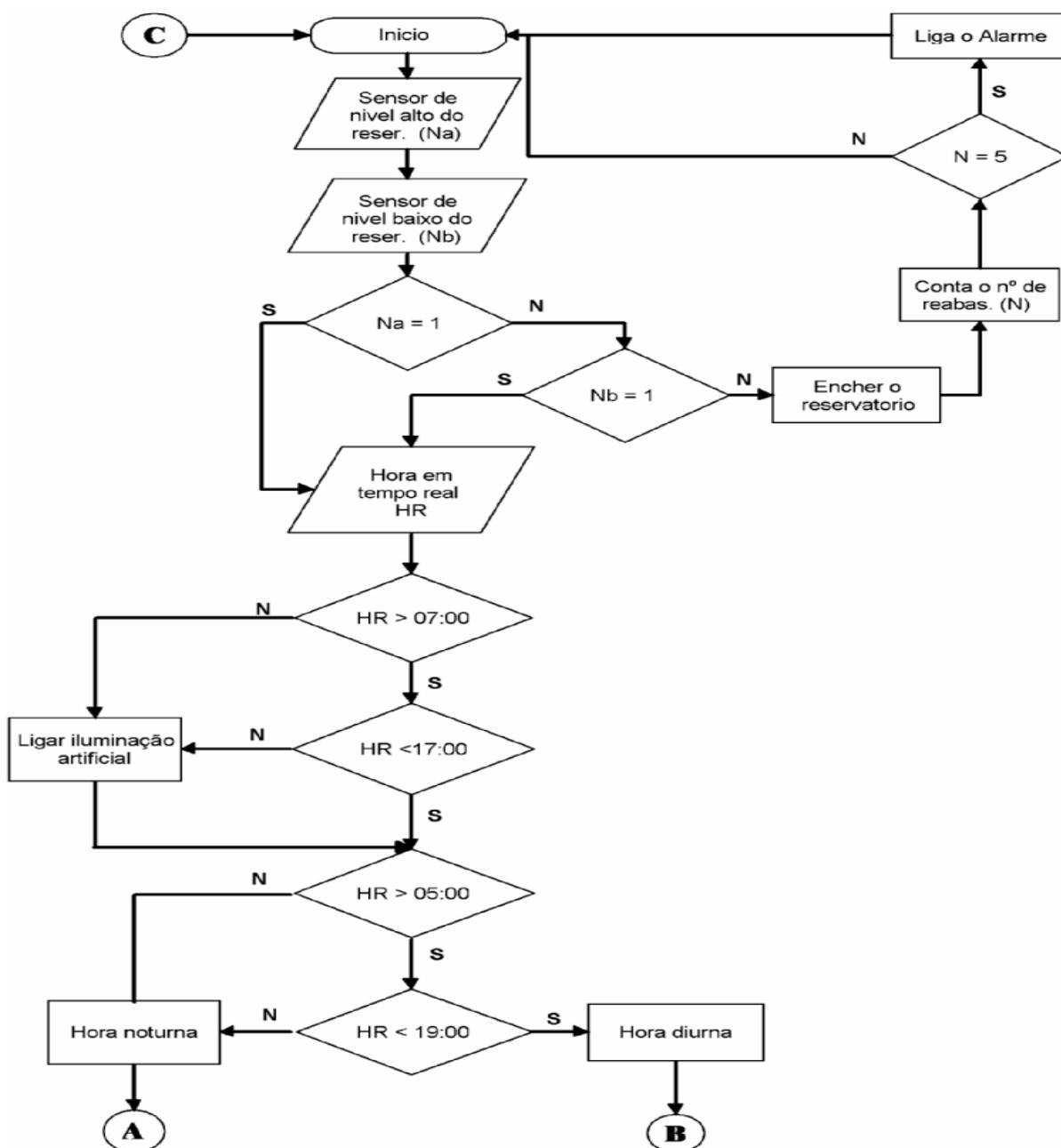


Figura 5.1 – Fluxograma da lógica do controle dos processos do sistema NFT.

O fluxograma da Figura 5.1 mostra a lógica utilizada para o controle do reabastecimento do reservatório, a contagem do número de reabastecimentos e acionamento do alarme, o controle da iluminação artificial e a forma de circulação da solução. No fluxograma da Figura 5.2 é mostrada a lógica do controle no período da circulação da solução a partir da temperatura do ambiente.

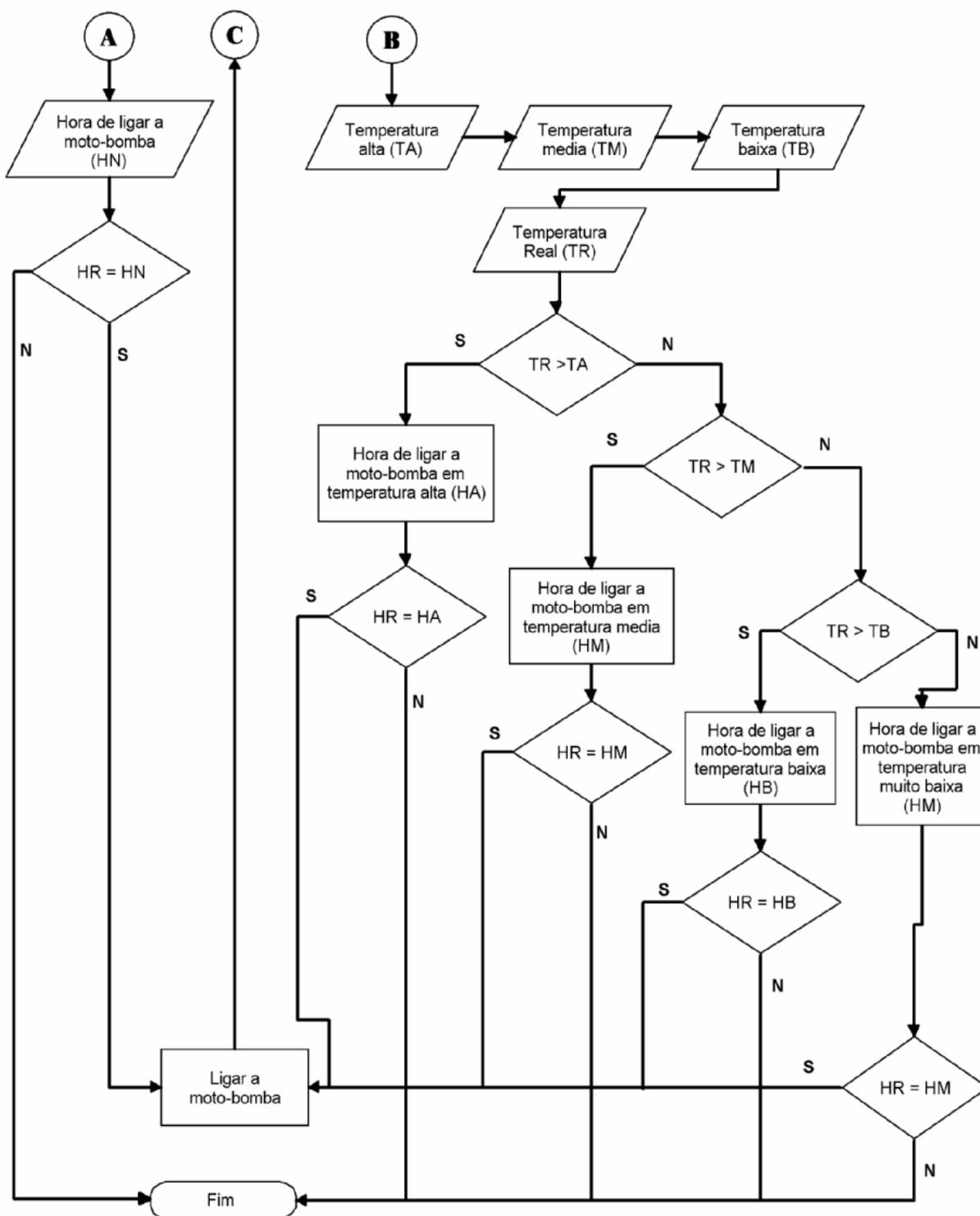


Figura 5.2 - Fluxograma da lógica do controle dos processos do sistema NFT.

Para a realização do controle automático do protótipo pelo CLP, foi feita uma programação em linguagem Ladder, utilizando uma entrada analógica (para o sensor de temperatura), 4 entradas digitais (duas para as chaves de fim de curso utilizados no controle do nível do reservatório e duas para bloqueio dos processos e desbloqueio), 3 temporizadores, 4 contadores, 7 comparadores e 5 saídas digitais todas ligadas aos relés de acionamento. No Apêndice 1 está apresentada a programação em Ladder.

A programação foi desenvolvida de modo a possibilitar ao usuário fazer a interação homem-máquina através da IHM, possibilitando a configuração das seguintes variáveis: intervalo de tempo em que a moto-bomba fica ligada ou desligada nos períodos noturnos e diurnos, a escala de cada nível de temperatura, o número de reabastecimentos e a correção da hora do CLP.

5.2 Implementação

O objetivo deste projeto foi a construção de um protótipo de um sistema hidropônico tipo NFT, garantindo suas características e funcionalidades, controlado automaticamente por um controlador lógico programável. O protótipo desenvolvido está ilustrado na Figura 5.3.



Figura 5.3 – Protótipo do sistema hidropônico tipo NFT, com a iluminação artificial ligada.

5.3 Testes realizados

Para avaliar o programa e o protótipo foram realizados testes de simulação de cultivo. Primeiramente, foi ajustado a calibração das variáveis de entrada como o sensor de

temperatura LM35, ligado na entrada analógica E1, como pode ser visto na Figura 5.4. Também foi ajustado o número de reabastecimentos do reservatório antes do acionamento do alarme e os intervalos de tempo em que a moto-bomba fica ligada e desligada. Através da IHM, ajustou-se para o período noturno o tempo de 3 minutos com a bomba ligada e 10 minutos desligada. Já para o período do diurno, os ajustes foram feitos a partir das temperaturas. Para as variáveis de temperatura foram atribuídos os valores de 16°C, 25°C e 32°C. Para temperaturas abaixo da temperatura mínima, foram atribuídas os valores de 4 minutos ligado e 8 minutos desligado. Assim, para cada intervalo das temperaturas estabelecidas foram acrescentados 2 minutos para o tempo ligado da moto-bomba e é subtraídos 2 minutos do tempo desligado. Desta forma, para temperaturas acima da temperatura máxima o tempo ajustado é 10 minutos ligado e 2 minutos desligado para a moto-bomba.

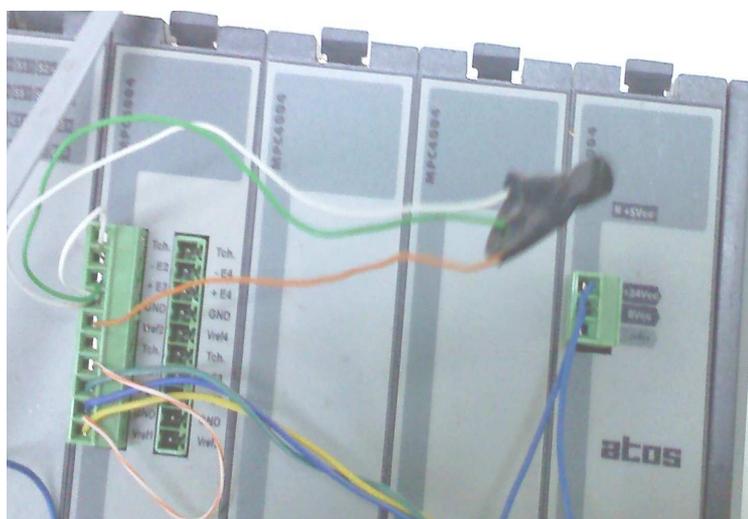


Figura 5.4 - Sensor de temperatura LM 35 DZ ligado na saída E1 do CLP.

Com respeito às saídas, todas foram ligadas aos relés e cada um deles acionará um elemento do protótipo. A saída S0 foi ligada à moto-bomba, a saída S1 foi ligada ao motor de agitação, a saída S4 foi ligada às lâmpadas de iluminação, a saída S5 foi ligada à válvula solenóide e a saída S6 foi ligada a lâmpada de alarme. Com todos os ajustes feitos, foram iniciados os testes.

O primeiro processo a ser executado foi o abastecimento do reservatório, pois as duas chaves de fim de curso com alavanca que controlam o nível do reservatório indicavam reservatório vazio. Neste caso a válvula solenóide foi acionada como mostra a Figura 5.5.



Figura 5.5 - A válvula solenóide em funcionamento para o reabastecimento do reservatório.

Após o abastecimento, iniciou-se o processo de circulação dos nutrientes. A temperatura ambiente estava em 26°C, monitorada pelo sensor de temperatura. Antes que a moto-bomba fosse acionada, o motor de agitação é ligado por 10 segundos para a agitação da solução nutritiva. Após a mistura da solução, a moto-bomba foi acionada, e permaneceu ligada por 8 minutos e ficou desativada por 4 minutos. Após este período foi repetido o mesmo processo. Para uma maior flexibilidade dos testes, o sensor de temperatura foi substituído por um potenciômetro, como mostra a Figura 5.6, permitindo realizar testes com outros valores simulados de temperatura.

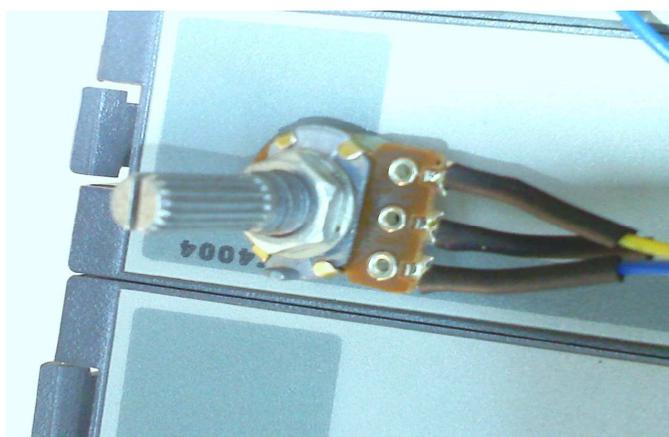


Figura 5.6 - A imagem mostra o potenciômetro usado nos teste de temperatura.

Foi utilizado a IHM para o ajuste da hora interna do CLP, necessário para os testes do horário noturno com a iluminação e a circulação da solução, como vista na Figura 14.

Por último foi realizado o teste para o acionamento do alarme, com o esvaziamento do reservatório e o reabastecimento do mesmo. Como foi especificado via IHM que após 3

reabastecimentos do reservatório o sinal de alerta seria acionado, o processo foi repetido por duas vezes. Todos os testes realizados obtiveram total êxito.

6 CONCLUSÃO

A técnica de hidroponia vem mudando o conceito na produção de alimentos no mundo, tendo como principais vantagens o menor consumo de água, a maior produtividade e melhor qualidade das plantas. Este trabalho teve como intuito implementar o controle automático de vários processos no sistema hidropônico tipo NFT, em um protótipo experimental.

O trabalho alcançou suas expectativas referentes aos processos como; no controle da circulação da solução nutritiva feita através da moto-bomba, no controle da uniformidade da solução nutritiva através do motor de agitação, a compensação da falta de iluminação natural realizado por lâmpadas, o reabastecimento do reservatório feito através de uma válvula solenóide controlada por sensores de nível do reservatório e o acionamento do alarme de aviso do numero de vezes que o reservatório foi reabastecido.

Com os testes realizados no protótipo do sistema NFT, pode se afirmar que é viável a implementação do controle automático em sistemas de cultivo hidropônico tipo NFT, proporcionando aos produtores economia na mão-de-obra e nos subsídios, mais segurança na produção e maior qualidade no produto final.

6.1 Extensões

Uma extensão possível para este projeto é a substituição do controlador lógico programável por um microcontrolador, permitindo a redução de custo do projeto.

Referências Bibliográficas

ALBERONI, R. B. **Hidroponia. Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória, Agrião.** São Paulo: Nobel, 1998. 102p.

BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia. Alface Uma História de Sucesso. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia “Alface e Cia”, 1997. 120 p.**

COSTA, E; LEAL, P. M.; CARMO JUNIOR, R. R. do. Validação de um modelo de simulação da temperatura interna média de casas de vegetação. XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2000, Fortaleza – Ceará.

DOUGLAS, James Sholto. **Hidroponia Cultura sem terra.** 6. Ed. São Paulo: Nobel, 1997. 144 p.

EAUT Comércio e Serviços – Automação industrial. Disponível em:
<http://www.eaut.com.br/littecnica/clphistorico.htm> Acessado em 18 de jun. De 2008.

FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p.

GS1 BRASIL – O desenvolvimento mundial da automação na agroindústria. Disponível em:
<http://www.gs1brasil.org.br>. Acesso em 05 nov. 2008.

HYDOR – O mundo da hidroponia. Disponível em: <http://www.hydor.eng.br>. Acessado em : 02 mar. 2008.

LAA – Laboratório de Automação Agrícola. Disponível em: <http://www.pcs.usp.br>. Acesso em: 5 nov. 2008.

PORTAL HIDROPONIA – hidroponia. Disponível em: <http://www.portalhidroponia.com.br>. Acesso em: 02 mar. 2008.

SCHUBERT, M. Manual practico de hidrocultivo. Barcelona, Ed. Omega S.A., 1981.

SOUZA, A. J.; OLIVEIRA, L. C. Automação Industrial. DCA-UFRN, 2003.

TEXEIRA, N. T. hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996, 86p.

Bibliografia consultada

BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ; São Carlos : Rima, 2003. 253 p.

HIDROGOOD – Hidroponia Moderna. Disponível em: <http://www.hidrogood.com.br>. Acesso em: 24 fev. 2008.

HIDROPONIA. Disponível em: <http://www.hidroponia.com.br>. Acesso em: 02 mar. 2008.

HYDROPONICS GARDEN SYSTEMS – Luzes utilizado em sistemas hidropônico. Disponível em: <http://hydroponics.aerponickits.com>. Acesso em: 20 abr. 2008.

LABHIDRO – Laboratório de Hidroponia. Disponível em: <http://www.labhidro.cca.ufsc.br>. Acesso em: 02 mar. 2008.

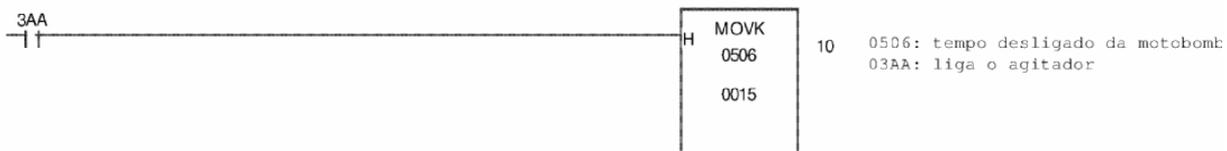
NICOLETTI, Héilton Luiz. **Controle da condutividade elétrica e pH de sistemas hidropônicos tipo NFT**. Itatiba, 2005. 45 f. Monografia (Graduação em Automação) – Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco.

OGATA, Kastuhiko. **Engenharia de controle moderna**. 4. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 788p.

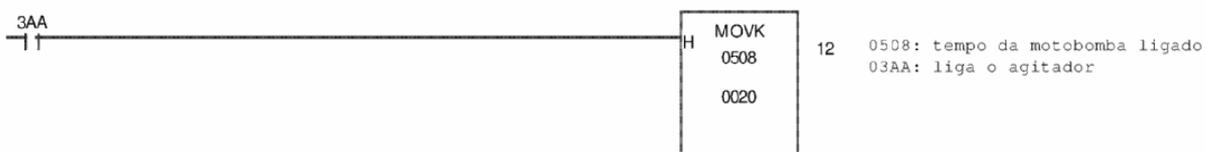
PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em: <http://www.colegiosaofrancisco.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2008.

SILVA, A. P.P.; MELO, B. Núcleo de estudo de fruticultura no cerrado. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>. Acesso em: 10 de mar. De 2008.

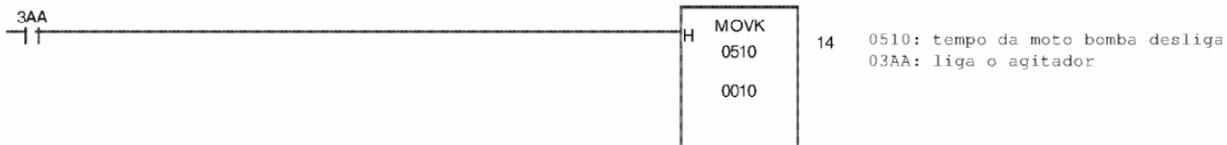
Principal



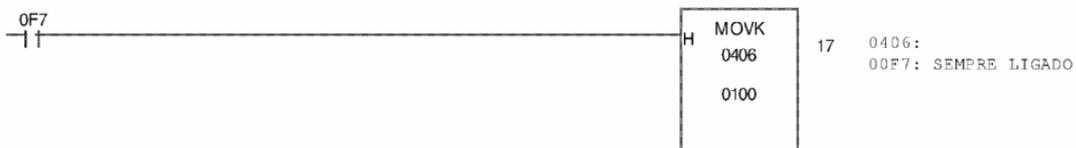
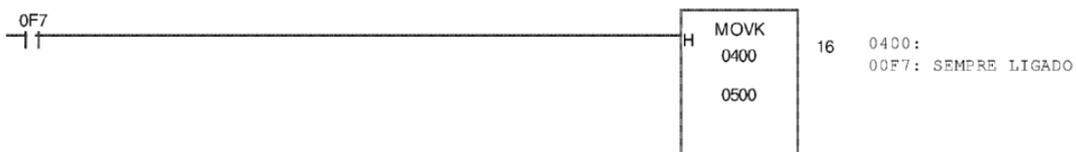
constante de tempo para temperatura alta.
508 - tempo do moto-bomba ligado



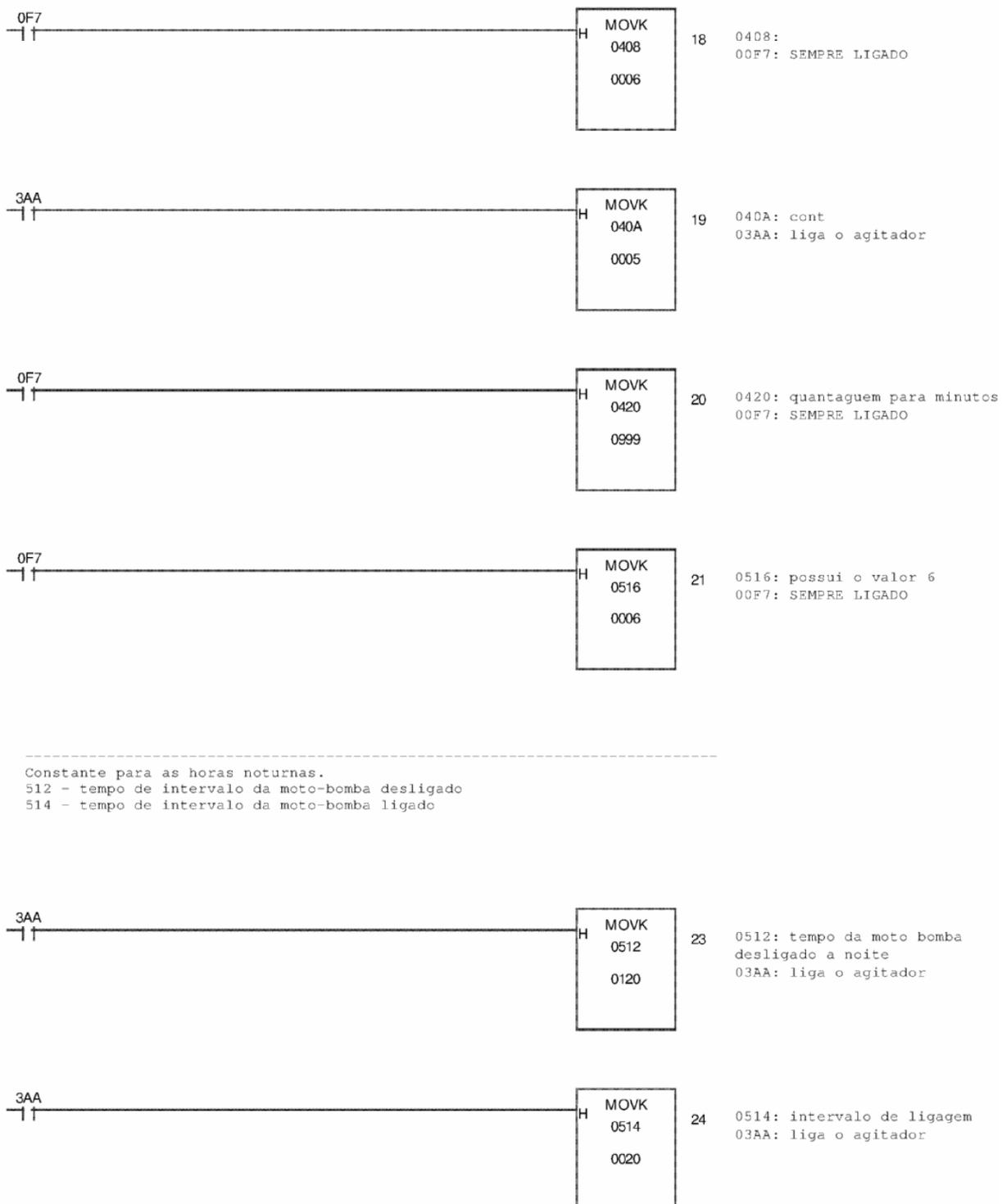
510 - tempo do moto-bomba desligado



40A - numero de vez que o reservatorio é enchido, para assim o alarme ser
acionado.
420/406 - valor para o temporizador.
408/516 - valor para calcular minuto.



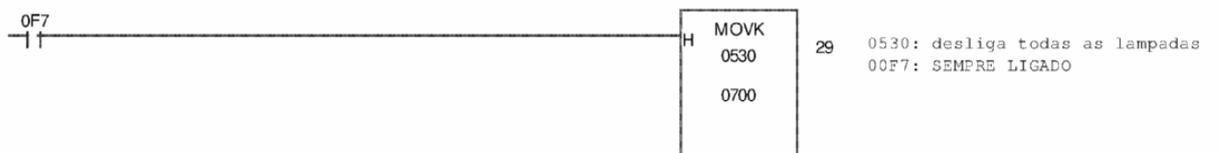
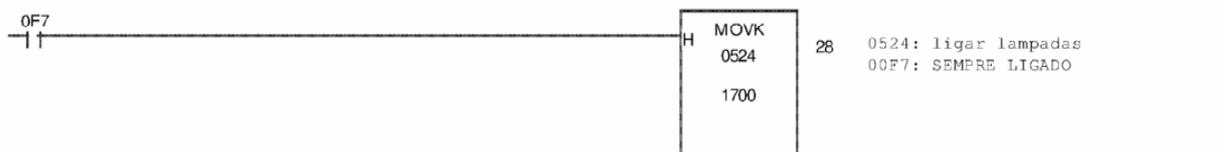
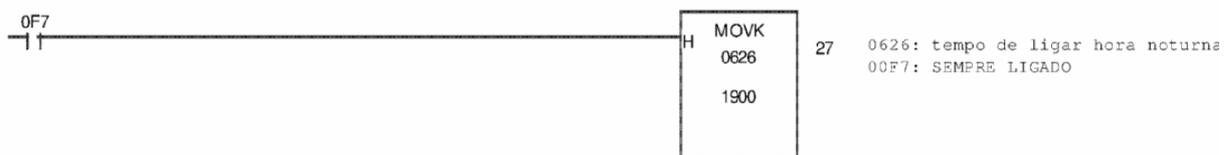
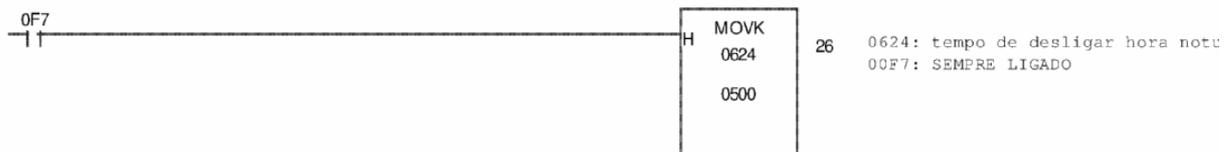
Principal



Principal

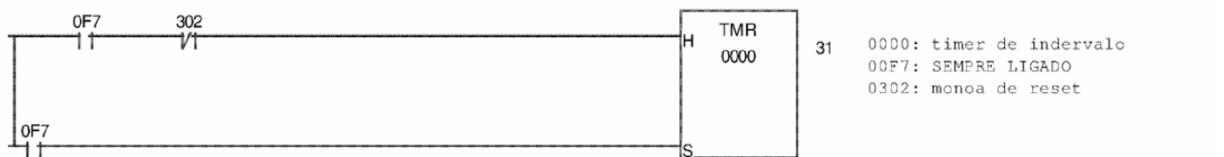
 constantes para determinar hora do dia para que a iluminação artificial seja ligada.

- 524 - liga as lapanba
- 530 - desliga todos as lampadas.
- 626 - hora de ligar o tempo
- 624 - hora de desligar o tempo



 CALCULA O INTERVALO DA COMPARAÇÃO

bloco para assionamento automatico do tempo real.

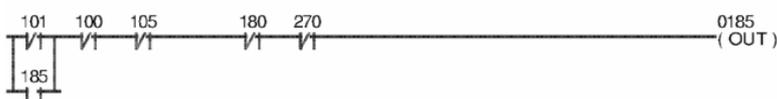


Principal

 NIVEL DO RESERVATORIO

Quando o nivel da agua atinge o nivel mais baixo, a valvula é aberta e o resercatorio e enchido.

- 100 - sensor de nivel alto
- 101 - sensor de nivel baixo
- 185 - valvula solenoide
- 270/180 - bloqueia a valvula



- 33
- 0185: valvula
 - 0101: sensor de nivel baixo
 - 0100: sensor de nivel alto
 - 0105: bloqueio
 - 0180: mcto-bomba
 - 0270: liga o comparador

 ALARME

Bloco para ligar uma alarme para indentificar os numeros de vez que o reservatorio é cheio.

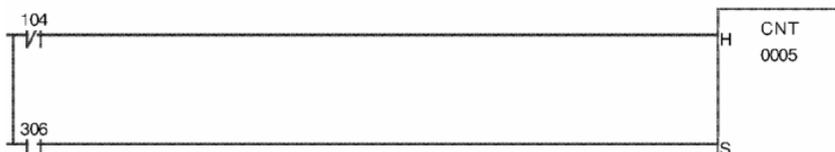
- 185 - valvula
- 0306 - aciona o contador



- 35
- 0306: auxilio alarme
 - 0185: valvula

40A - numero de vez que o reservatorio é enchido, para assim o alarme ser acionado.

- 104 - chave para desligar o alarme.



- 37
- 0005: cont vez
 - 0104: zera o cont
 - 0306: auxilio alarme

aciona o alarme.
 005 - contador
 186 - saida do alarme



- 39
- 0186: alarme
 - 0005: cont vez
 - 0105: bloqueio

Principal

185 RESEV
 | | (JMP) 40 0185: valvula

 ACIONAMENTO DO AGITADOR

bloco pra ligar o agitador do reservatorio.

202 - chave para ligar
 181 - motor de agitação

202 105 0181
 | | | (OUT) 42 0181: motor do agitador
 0202: liga o agitador
 0105: bloqueio

 ACIONA A MOTO-BOMBA

bloco pra ligar a moto-bomba.

105 - bloqueio.
 200 - chave controlada pelo tempo.
 202 - chave de bloqueio para a agitação
 180 - moto-bomba

200 105 202 0180
 | | | (OUT) 44 0180: moto-bomba
 0200: ligar o motor
 0105: bloqueio
 0202: liga o agitador

bloco que aciona a leitura do tempo real.

000 - timer de intervalo.
 301 - monoa que liga o comparador

000 0301
 | | (MONOD) 46 0301: monod
 0000: timer de interval.

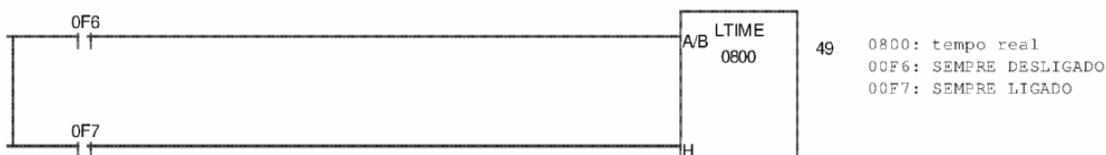
000 0302
 | | (MONOA) 47 0302: monoa de reset
 0000: timer de interval.

Principal

 TEMPO DE ACIONAMENTO

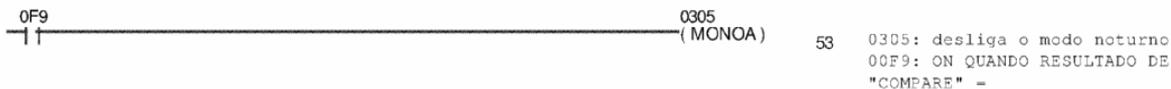
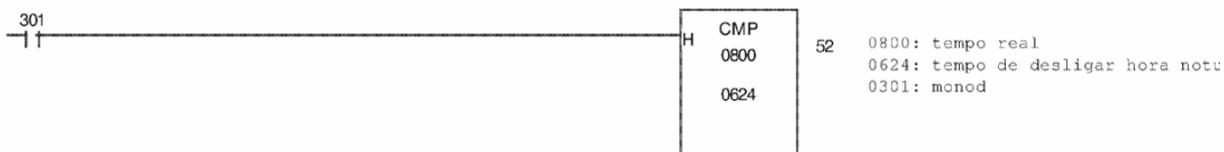
bloco para a leitura do tempo real.

800 - constante que possui o valor do tempo.
 0F7 - chave sempre ligado que liga ltime.
 0F6 - sempre desligado.



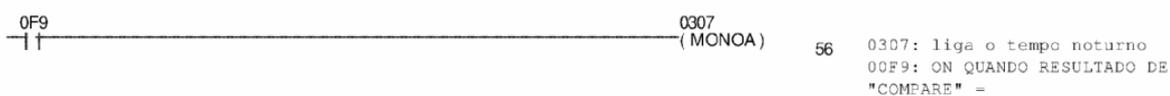
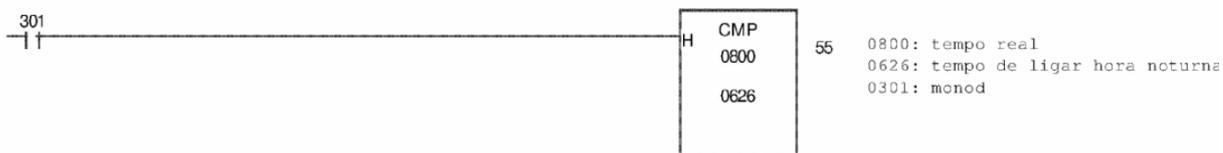
 TEMPO DE ACIONAMENTO A NOITE

Compara o tempo real com o tempo programado.
 800 - horas em tempo real.
 624 - horas programada para o ciclo do dia.
 301 - liga o comparador.
 305 - monoa desliga a hora noturna.

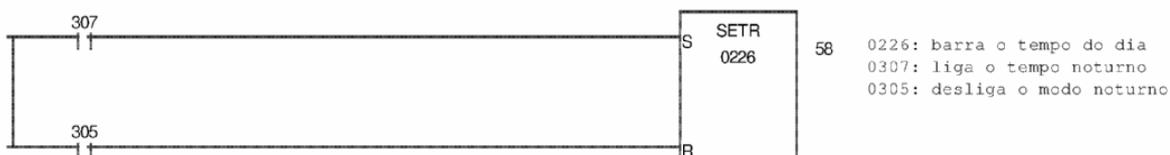


Compara o tempo real com o tempo programado.
 800 - horas em tempo real.
 626 - horas programada.
 301 - liga o comparador.
 307 - monoa liga a hora noturna.

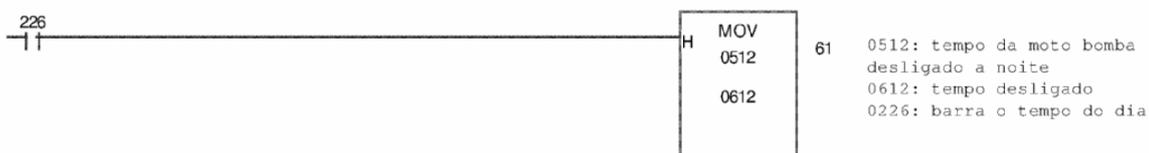
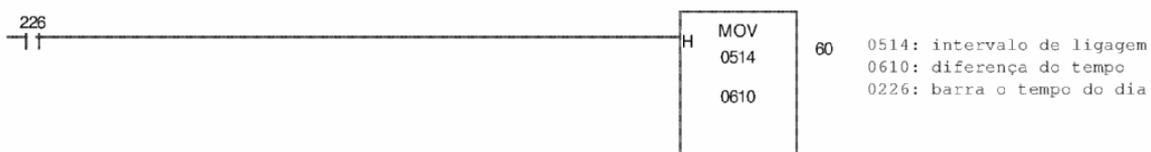
Principal



Setr faz com que o tempo da hora noturna seja ligada ou desligada.
226 - liga/desliga a hora noturna
305 - hora de desligar
307 - hora de ligar



converte o tempo para a moto-bomba ficar ligada.
226 - liga a hora noturna.
512 - tempo em que a moto-bomba fica desligado a noite.
514 - tempo em que a moto-bomba fica ligada a noite.
610/612 - variavel auxiliar.



linha para o salto ate o acionamento do motor

Principal

226 | | LABELX (JMP) | 63 | 0226: barra o tempo do dia

 CONSTANTE DE TEMPERATURA

630 - constante de temperatura alta.

3AA | | MOVK 0630 0032 | 65 | 0630: valor maior da temperatura
 03AA: liga o agitador

632 - constante de temperatura media.

3AA | | MOVK 0632 0025 | 67 | 0632: valor medio da temperatura
 03AA: liga o agitador

634 - constante de temperatura baixa.

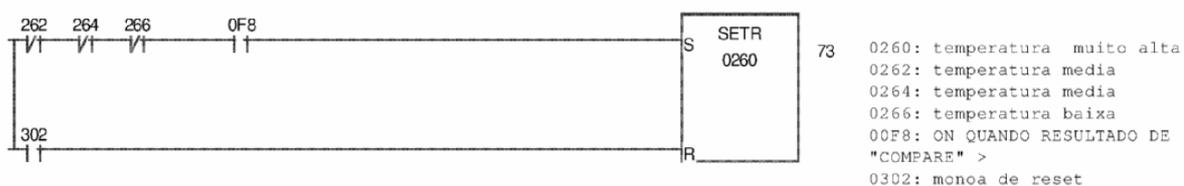
3AA | | MOVK 0634 0016 | 69 | 0634: valor baixo da temperatura
 03AA: liga o agitador

compara a temperatura do ambiente com as constantes.
 5F0 - sensor de temperatura.
 630 - constante de temperatura alta.

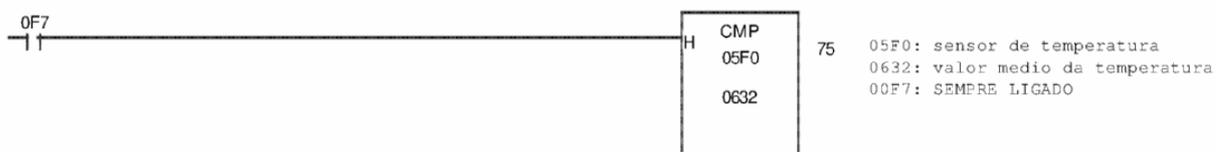
0F7 | | CMP 05F0 0630 | 71 | 05F0: sensor de temperatura
 0630: valor maior da temperatura
 00F7: SEMPRE LIGADO

Principal

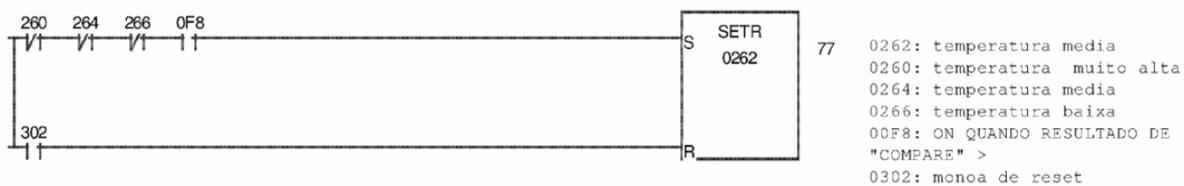
ação quando a temperatura esta acima da temperatura alta.



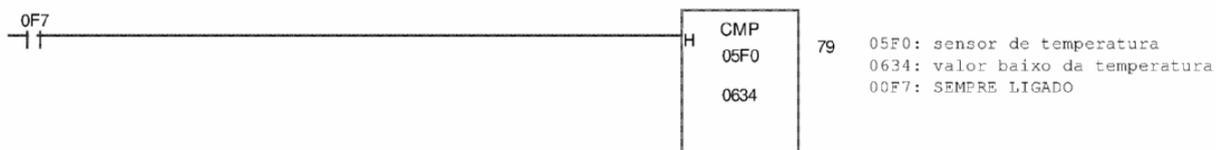
compara a temperatura do ambiente com as constantes.
5F0 - sensor de temperatura.
632 - constante de temperatura media.



ação quando a temperatura esta acima da temperatura media

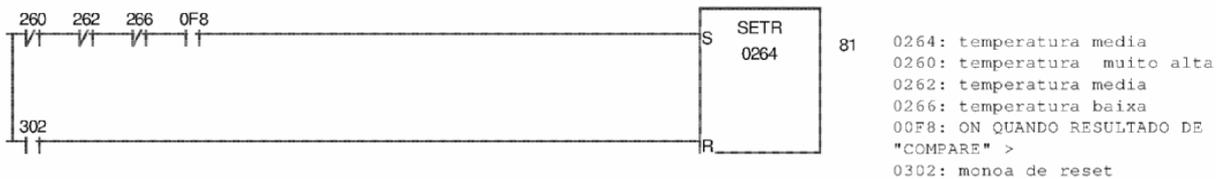


compara a temperatura do ambiente com as constantes.
5F0 - sensor de temperatura.
634 - constante de temperatura a baixa.

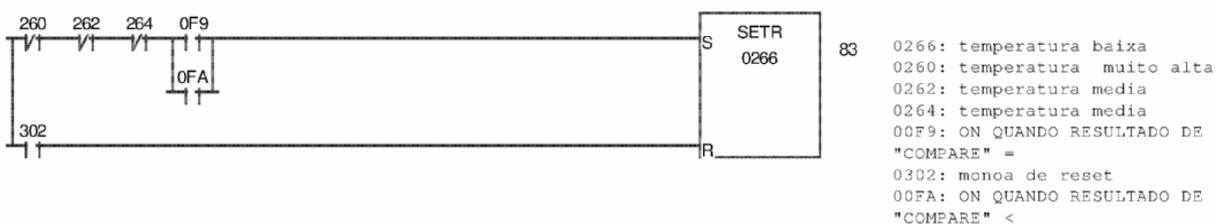


ação quando a temperatura esta acima da temperatura baixa.

Principal

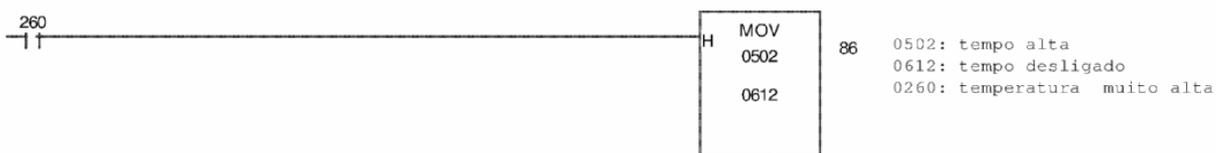
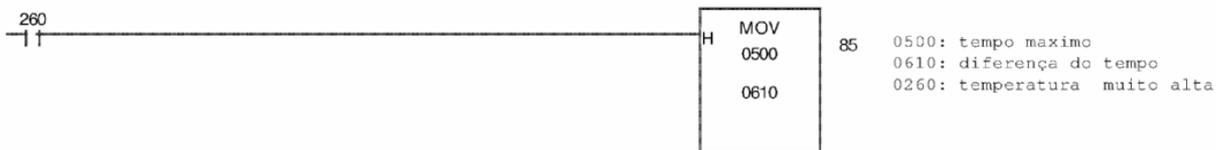


ação quando a temperatura esta abaixo ou igual a temperatura baixa.

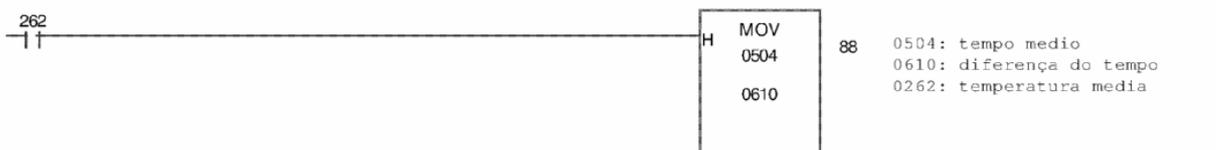


TEMPO DE CIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO AO DIA

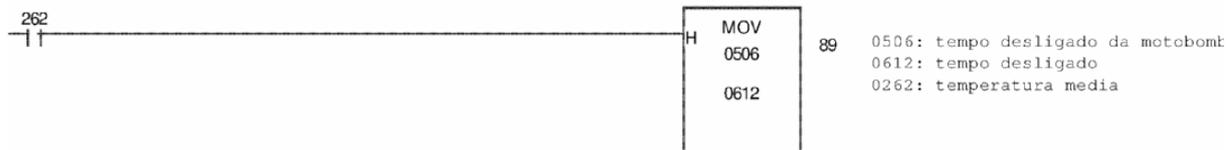
O valor da constante 502 passa para o 612 e 500 passa para o 610, quando o valor da temperatura for maior que a temperatura alta.
260 - valor de temperatura maior que a temperatura alta.



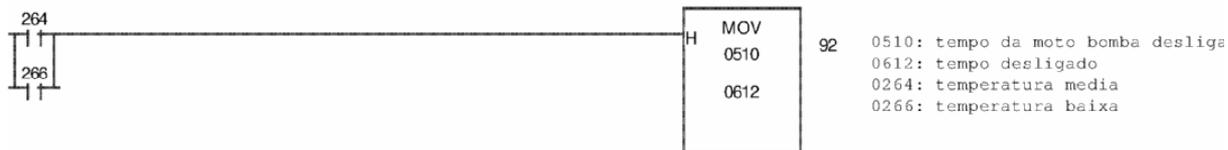
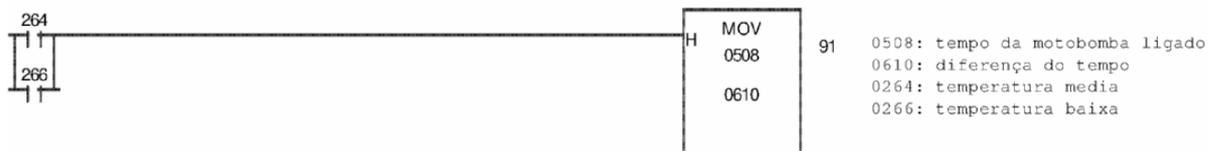
O valor da constante 506 passa para o 612 e 504 passa para o 610, quando o valor da temperatura for maior que a temperatura media.
262 - valor de temperatura maior que a temperatura media.



Principal

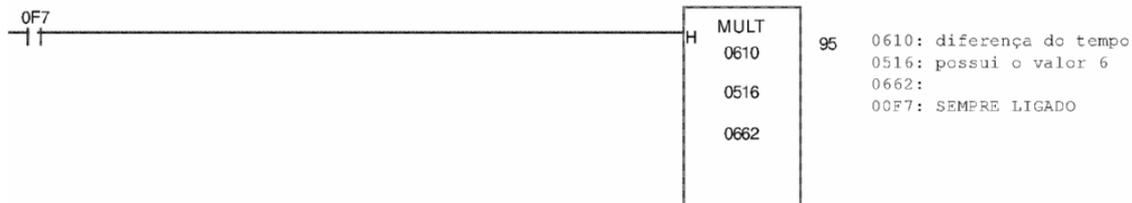


O valor da constante 508 passa para o 610 e 510 passa para o 612, quando o valor da temperatura for maior ou menor que a temperatura baixa.
 264 - valor de temperatura maior que a temperatura baixa.
 266 - valor de temperatura menor que a temperatura baixa.

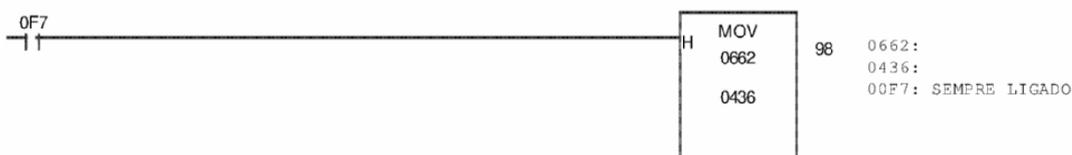
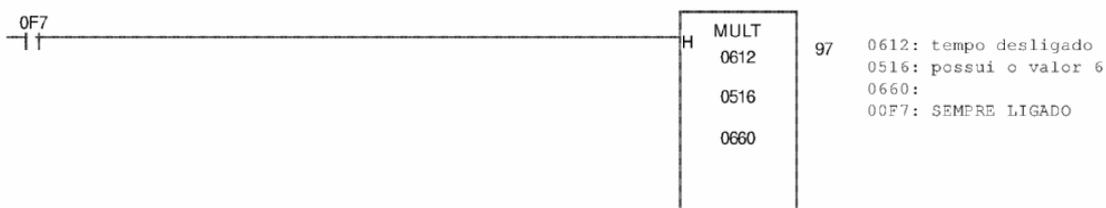
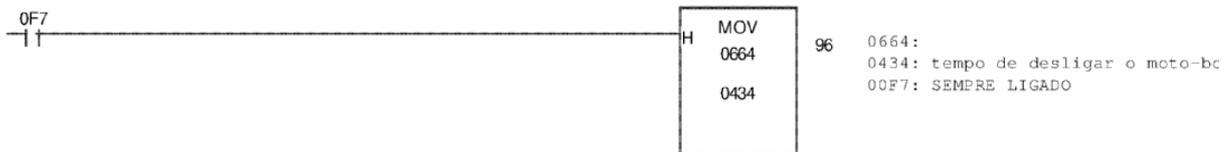


X _____

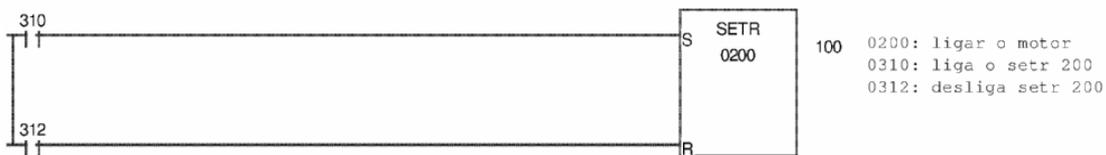
multiplicador para calcular o tempo.
 434 - tempo de desligar.
 436 - tempo de ligar.
 516/610/612 - variavel auxiliar.



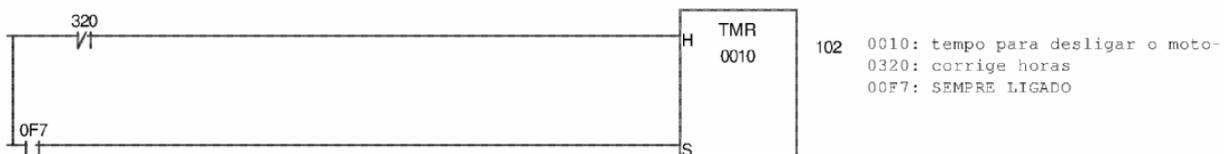
Principal



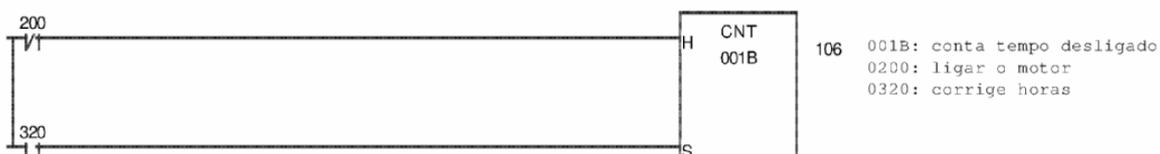
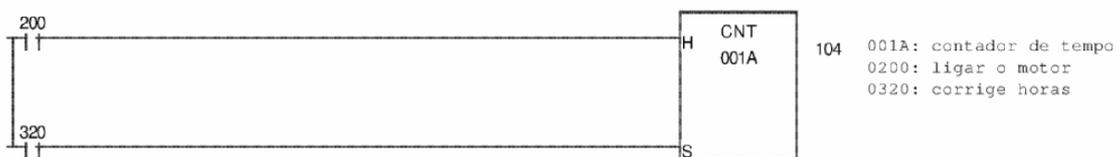
 liga a moto-bomba.
 182 - bloqueia a moto-bomba
 200 - chave que aciona a motobomba
 310 - liga
 312 - desliga



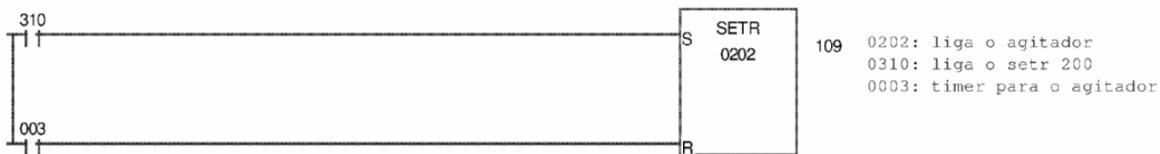
 bloco para ligar e desligar a moto-bomba.
 320 - pulso de 10 segundos.
 312 - desliga a moto-bomba.
 310 - liga a moto-bomba.



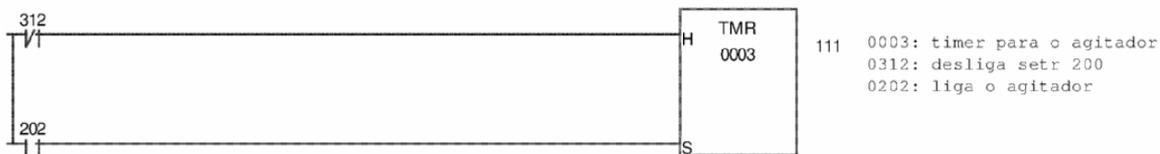
Principal



bloco que liga o agitador no reservatorio.

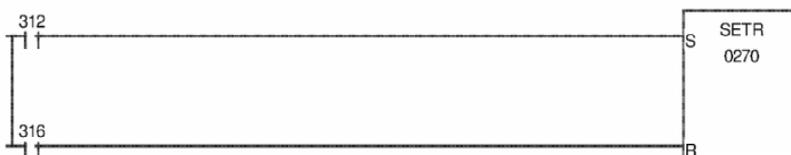


timer para desligar o agitador.

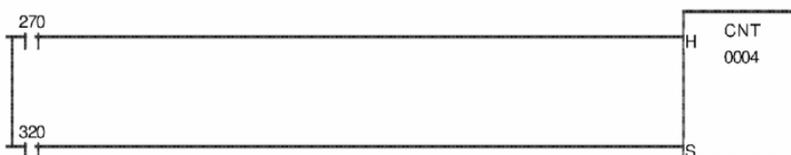


Principal

 tempo em que espera a soluçao voltar ao reservatorio.
 312 - desliga a moto-bomba
 316 - desliga o setr
 270 - bloqueia o reabastecimento



113 0270: liga o comparador
 0312: desliga setr 200
 0316:



114 0004: conta o tempo de volta da soluçao
 0270: liga o comparador
 0320: corrige horas

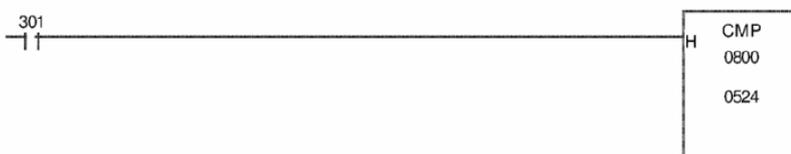


115 0316:
 0004: conta o tempo de volta da soluçao

RESEV-----

 CONTROLE DA ILUMINAÇÃO

constantes para determinar hora do dia para que a iluminação artificial seja ligada.
 524 - liga as lampadas
 530 - desliga todas as lampadas.

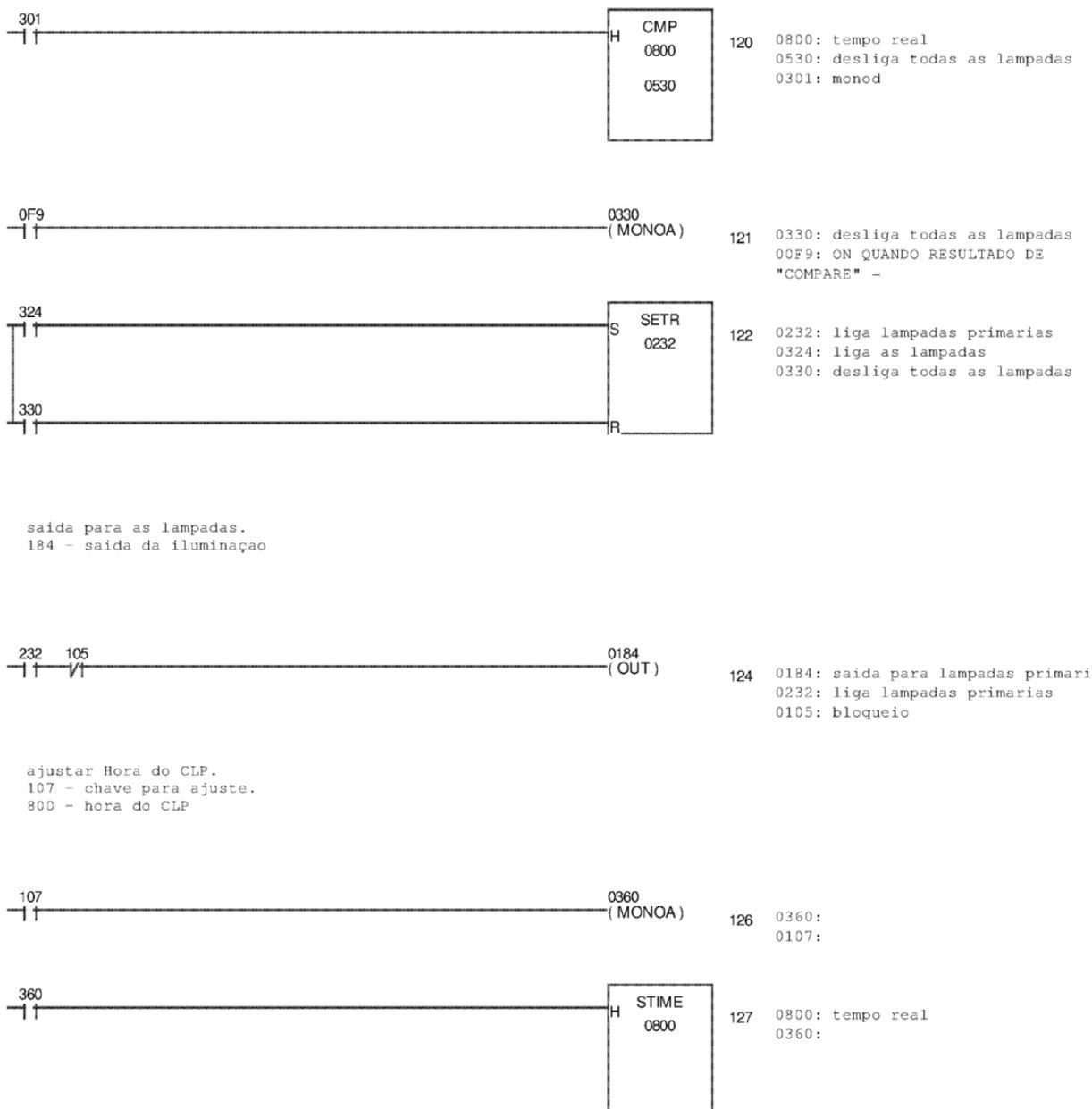


118 0800: tempo real
 0524: ligar lampadas
 0301: monod



119 0324: liga as lampadas
 00F8: ON QUANDO RESULTADO DE "COMPARE" >

Principal



Apêndice 2 – Protótipo do sistema NFT

Na imagem do protótipo do sistema hidropônico NFT, pode se observar o processo de circulação da solução que sai do reservatório por meio da moto-bomba entra no canal de cultivo, percorre todo o canal e retorna ao reservatório.



Imagem do protótipo visto de outro ângulo.



Anexo 1 – Estufas para sistemas hidropônicos

Esta imagem ilustra uma estufa de cultivo de alface em um sistema hidropônico do tipo NFT (PORTAL HIDROPONIA, 2008).

