

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE ELETRÔNICA E MECÂNICA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

DIOGO DELINSKI INOUE  
WILLIAN KIYOSHI NAKAYA

## **PRODUÇÃO AUTOMATIZADA DE DIALISATO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2014

DIOGO DELINSKI INOUE  
WILLIAN KIYOSHI NAKAYA

## **PRODUÇÃO AUTOMATIZADA DE DIALISATO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica - DAELN e Mecânica – DAMEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Esp. Joel Gonçalves Pereira

CURITIBA  
2014

**DIOGO DELINSKI INOUE  
WILLIAN KIYOSHI NAKAYA**

## **PRODUÇÃO AUTOMATIZADA DE DIALISATO**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 30 de outubro de 2014, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Milton Luiz Polli  
Coordenador de Curso  
Departamento Acadêmico de Mecânica

---

Prof. Sérgio Moribe  
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento Acadêmico de Eletrônica

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valmir de Oliveira  
UTFPR

---

Prof. Ubiradir Mendes Pinto  
UTFPR

---

Prof. Esp. Joel Gonçalves Pereira  
Orientador - UTFPR

## AGRADECIMENTOS

**Diogo:** quero agradecer ao cliente que depositou confiança na dupla para o desenvolvimento deste trabalho e forneceu toda a infraestrutura necessária para elaborar este trabalho. Agradeço ao professor Joel pelo grande suporte, nos ajudando nos momentos de dificuldade que surgiram no decorrer do desenvolvimento. Agradeço à minha esposa que, com certeza, sem a sua ajuda seria muito mais difícil vencer este desafio e com muita determinação supriu os momentos em que estive ausente em casa.

**Willian:** quero agradecer ao meu parceiro Diogo pela oportunidade de realizar este trabalho com a qual estamos envolvidos. À minha família, à minha namorada, por terem apoiado e suportado alguns momentos estressantes com os quais fomos obrigados a conviver durante todo este período de confecção deste trabalho. Agradeço também a clínica em questão que nos deu todo o suporte necessário para o desenvolvimento da automação da planta. Quero agradecer ao Emanuel que nos ajudou dando apoio com dados, documentos e pelo seu tempo, à primorosa ajuda do nosso professor orientador Joel, por toda a atenção, suporte e conselhos dados em diversos momentos de dificuldades para elaborar este documento.

## RESUMO

INOUE, Diogo D.; NAKAYA, Willian K. **Produção automatizada de dialisato**. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta a automação de uma planta de uma farmácia de hemodiálise. Nesta planta são produzidas as soluções que são utilizadas no procedimento de tratamento de hemodiálise, e a implementação da automação tem como finalidade aumentar, melhorar e padronizar a produção destas soluções.

**Palavras-chave:** CLP. Dialisato. Hemodiálise. IHM. Sensor. Vazão.

## ABSTRACT

INOUE, Diogo D.; NAKAYA, Willian K. ***Automated production of dialysate***. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

This work presents the implementation of a plant from a pharmacy hemodialysis. In this plant are produced solutions that are used in the hemodialysis procedure, and the implementation of automation aims to enhance, improve and standardize the production of these solutions.

**Key-words:** PLC. Dialysate. Hemodialysis. HMI. Sensor. Flow.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema do processo de hemodiálise.....	15
Figura 2 – Diagrama de blocos da CPU do CLP .....	17
Figura 3 – Exemplo de um CLP industrial Siemens .....	18
Figura 4 – Representação da válvula solenoide.....	22
Figura 5 – Níveis hierárquicos de automação na empresa .....	24
Figura 6 – Estrutura do protótipo.....	25
Figura 7 – Planta de produção das soluções .....	26
Figura 8 – Tanques de armazenamento de soluções .....	27
Figura 9 – Painel elétrico.....	30
Figura 10 – Sensor de fluxo .....	31
Figura 11 – Sensor de vazão .....	31
Figura 12 – Disposição dos componentes .....	33
Figura 13 – Disposição dos componentes .....	33
Figura 14 – Vista da IHM.....	34
Figura 15 – Menus disponíveis na tela IHM .....	35
Figura 16 – Fluxograma de operação do processador.....	36
Figura 17 – Comparação da produção manual e automática de A .....	40
Figura 18 – Comparação da produção manual e automática de B .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
E/S	Entrada/Saída
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
I/O	Entradas/Saídas ( <i>Input/Output</i> )
IP	<i>Internet Protocolo</i>
ISA	<i>Instrument Society of America</i>
LCD	Display de Cristal Líquido ( <i>Liquid Crystal Display</i> )
LED	Diodo Emissor de Luz ( <i>Light Emitting Diode</i> )
PA	Pressão arterial
PV	Pressão venosa
PLC	Controlador Lógico Programável ( <i>Programmable Logic Controller</i> )
ROM	Memória Somente de Leitura ( <i>Read-Only Memory</i> )
RAM	Memória de Acesso Randômico ( <i>Random-Access Memory</i> )
TCP	Protocolo de Controle de Transmissão ( <i>Transmission Control Protocol</i> )
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná



## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
V	Volt
mm	Milímetro
cm	Centímetro
°C	Grau Celsius
l	Litro
HP	<i>Horsepower</i>
CV	Cavalo-vapor
$P_{nm}$	Potência nominal do motor
$\eta$	rendimento do motor
$\cos \psi$	Fator de potência sob carga nominal
psi	<i>Pound force per square inch</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 PROBLEMA.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivo Geral.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 PROCESSO DE HEMODIÁLISE.....	14
2.2 AUTOMAÇÃO.....	15
2.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS .....	16
2.3.1 Histórico.....	16
2.3.2 Definição.....	16
2.3.3 Características .....	17
2.3.4 Arquitetura .....	18
2.4 SENSORES .....	19
2.4.1 Introdução.....	19
2.4.2 Definição.....	19
2.4.3 Sinais dos sensores.....	19
2.4.4 Sensores de nível .....	20
2.5 MOTORES ELÉTRICOS.....	20
2.5.1 Introdução.....	20
2.5.2 Corrente nominal .....	21
2.6 VÁLVULAS SOLENOIDE.....	21
2.6.1 Conceito.....	21
2.6.2 Característica.....	22
2.7 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM).....	22
<b>3 REDES</b> .....	<b>24</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	24
<b>4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO</b> .....	<b>25</b>
4.1 ESTRUTURA.....	25
4.2 AUTOMAÇÃO DO PROCESSO.....	26
4.3 PAINEL DE CONTROLE.....	28
4.3.1 Disjuntores.....	28
4.3.2 Contatores .....	28
4.3.3 Rele Térmico.....	28
4.3.4 Acopladores a reles .....	29
4.3.5 Bornes .....	29
4.4 SENSORIAMENTO .....	30
4.4.1 Fluxo.....	30
4.4.2 Vazão.....	31
4.4.3 Nível.....	32
4.4.4 Válvula Manual .....	32
4.5 LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES.....	32
4.6 INTERFACE COM O USUÁRIO.....	34
4.6.1 Monitoramento das variáveis .....	34
4.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP).....	35

4.7.1 Hardware .....	35
4.7.2 Software.....	35
4.8 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO AUTOMATIZADO .....	36
<b>5 ENSAIOS.....</b>	<b>38</b>
5.1 ENSAIOS DE PRODUTIVIDADE .....	38
5.1.1 Processo manual .....	38
5.1.2 Processo automático .....	39
5.2 RESULTADOS.....	39
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Hemodiálise é um tratamento que substitui a função renal por meio da passagem de sangue por um filtro (dialisador capilar), impulsionado por uma máquina. É realizada três vezes por semana, em sessões com duração de aproximadamente três a quatro horas.

Para a realização da hemodiálise deve-se levar em consideração diversos fatores como: via de acesso vascular, máquinas de hemodiálise, água tratada, solução de diálise (dialisato), dialisador (capilar / filtro), anticoagulante (heparinização).

A composição da solução de diálise (dialisato) pode variar de acordo com circunstâncias clínicas especiais, porém os componentes em comum das soluções são: potássio, sódio, cálcio, magnésio, cloro, acetato, bicarbonato, dextrose e dióxido de carbono. As concentrações destes componentes podem variar, mas normalmente esta solução tem a concentração semelhante ao plasma do indivíduo normal.

A produção do dialisato que envolve as etapas de dosagem, mistura, transferência de recipientes e monitoração de todos os componentes químicos citados acima, se dá através de um processo manual. Após todos esses procedimentos, são realizados diversos testes para garantir que o dialisato chegue até a máquina de hemodiálise com qualidade, sendo assim o paciente terá uma sessão de hemodiálise saudável.

### 1.1 PROBLEMA

Atualmente não há nenhum sistema automatizado para a produção de dialisato.

A farmácia em estudo produz no seu laboratório a solução de dialisato através de um sistema não automatizado que envolve válvulas e motores acionados manualmente por operadores que supervisionam o processo de fabricação 24 horas por dia.

Pelo fato do processo ser manual, existe alto risco de não conformidade do produto e de acidentes de trabalho, além do local ser quimicamente agressivo para o operador. Estes aspectos foram os principais fatores para a elaboração de um sistema automático para sanar estas dificuldades cotidianas presentes no laboratório.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Observa-se que os conceitos gerais da automação também permeiam a automação hospitalar. Efetivamente, a automação hospitalar, em relação à industrial, é uma área que ainda se encontra em processo de consolidação, apresentando uma carência significativa e uma vasta área de trabalhos a serem desenvolvidos. Neste sentido, aproveita-se de várias tecnologias emergentes, as quais oferecem subsídios sofisticados e eficientes na implementação de soluções orientadas à automação hospitalar, como por exemplo, uso de *hardwares* reconfiguráveis, CLPs (Controlador Lógico Programável), IHM (Interface Homem-Máquina), entre outros.

Os resultados esperados para este projeto são:

- Aumento de produtividade e confiabilidade do produto.
- Evitar que o profissional faça esforços repetitivos.
- Diminuição do tempo que o profissional trabalhe em lugar de risco.
- Contribuir na área de saúde com os conhecimentos adquiridos pela área técnica.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Automatizar uma planta existente de uma farmácia para produção de concentrados utilizados em clínicas de hemodiálise.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar um estudo sobre o processo de hemodiálise;
- Desenvolver um programa no CLP capaz de realizar o controle do processo;
- Desenvolver um programa na IHM capaz de visualizar todo o processo de uma forma amigável ao operador;
- Realizar a automação na planta de produção existente.

### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho divide-se em três partes principais, tendo cada uma sua abordagem específica para o melhor entendimento do assunto. A metodologia empregada em cada uma das partes é:

Pesquisa e referencial teórico: para o desenvolvimento do trabalho fez-se necessários estudos sobre o processo de fabricação das soluções utilizadas na hemodiálise e os dispositivos eletrônicos a serem utilizados na automação do processo. Estas referências serviram de base para organizar os dados e para organizar um roteiro técnico, com etapas e sub-etapas, de como proceder durante a execução do projeto.

Programação dos dispositivos: os principais equipamentos que compõem o projeto são programáveis, possuem características que os distinguem como flexíveis, o que os tornam adequados para aplicações variadas. As referências teóricas são importantes para que a programação seja bem sucedida e ocorra em menor tempo, para isso os trabalhos de programação e pesquisa ocorreram de forma simultânea.

Automatização da planta: a automação da planta de produção das soluções de dialisato envolveu conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso, devido à necessidade de integrar as áreas mecânica, elétrica, eletrônica e software em uma perfeita harmonia para o funcionamento do processo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PROCESSO DE HEMODIÁLISE

De acordo com os professores Durvasula e Himmelfarb (2011), o processo de hemodiálise ocorre da seguinte maneira:

O compartimento vascular do paciente fica em comunicação direta com uma máquina de diálise externa, por meio da qual as toxinas são removidas do sangue. A canulação com agulha de uma fístula arteriovenosa (AV) do paciente permite que o sangue flua através da artéria para a máquina de diálise. O sangue entra no dialisador, que consiste em um feixe de fibras ocas onde ocorre a filtração sanguínea.

A solução de dialisato circunda as fibras, fluindo na direção oposta ao fluxo sanguíneo. A natureza semipermeável das fibrilas permite que os solutos pequenos (incluindo as toxinas) sejam prontamente difundidos ao longo de seus respectivos gradientes de concentração, entre os compartimentos de sangue e de dialisato, ao mesmo tempo em que restringe a movimentação dos constituintes celulares e das macromoléculas.

Havendo necessidade de remoção de líquido, a geração de um gradiente de pressão hidráulica através da membrana do dialisador permite que a ultrafiltração ocorra. O sangue purificado, então, é devolvido ao paciente através da veia. A água é utilizada na geração de um dialisato que passa por uma série de etapas de purificação para remoção de endotoxinas bacterianas, minerais residuais e outros contaminantes. A água purificada, então, é misturada com ácido e bicarbonato concentrados por meio de um sistema de ajuste de proporção, para gerar o dialisato final.

Vários parâmetros de segurança são integrados à máquina de diálise e continuamente monitorados, incluindo a pressão junto às linhas arterial (Pa) e venosa (Pv), a condutividade do dialisato final para verificação de sua composição, as velocidades de fluxo do sangue e do dialisado, além de uma armadilha para bolhas para prevenção de êmbolos de ar. (DURVASULA e HIMMELFARB in MEDICINANET, 2013).

Esse processo está esquematizado na Figura 1, a seguir.

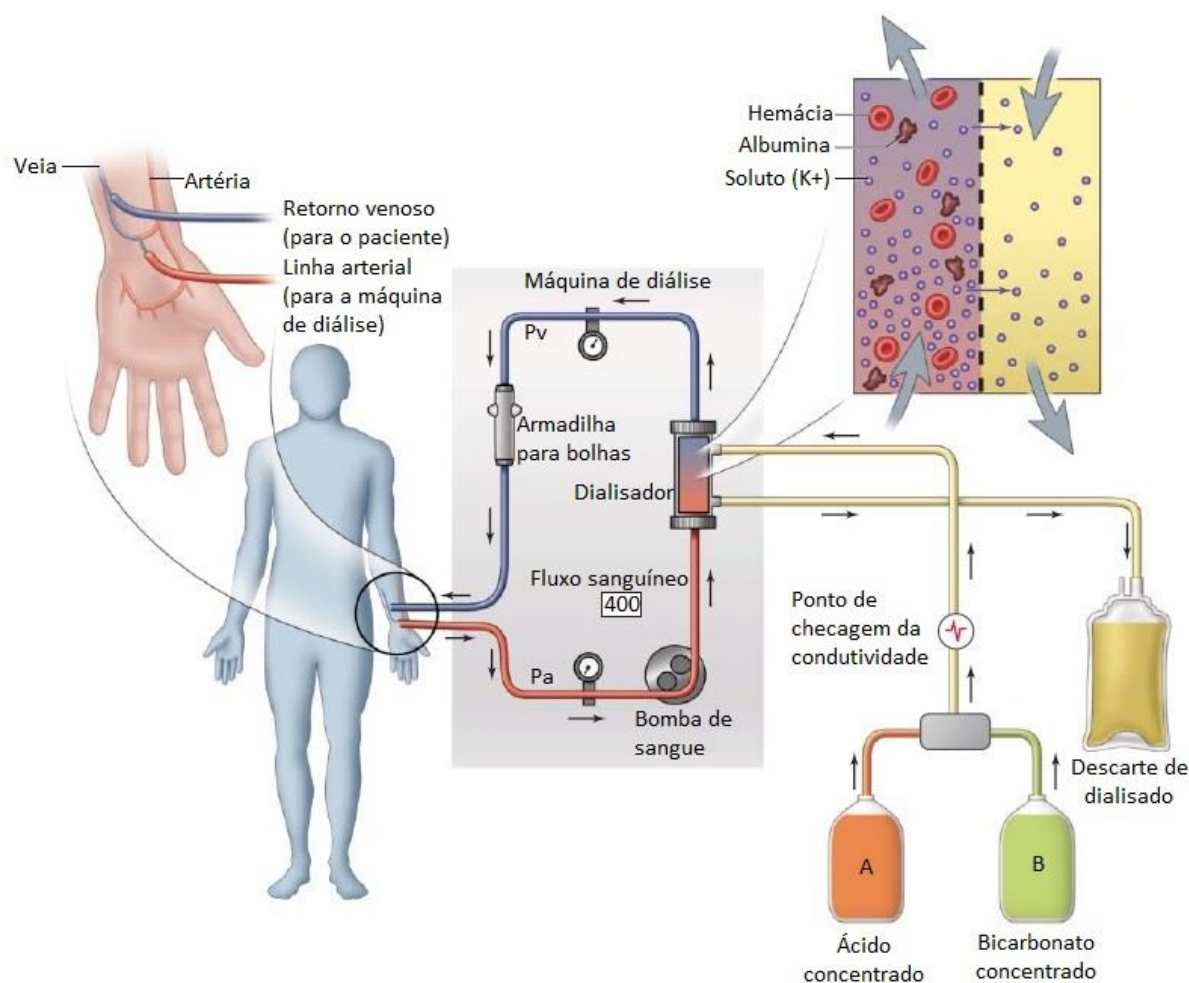


Figura 1 – Esquema do processo de hemodiálise  
 Fonte: Medicinanet (2013)

## 2.2 AUTOMAÇÃO

A palavra automação está diretamente ligada ao controle automático, ou seja, ações que não dependem da intervenção humana. É um conceito amplo que pode ser aplicado em qualquer ambiente, seja predial, comercial ou industrial. Baseia-se fundamentalmente na aplicação de dispositivos que visam substituir o trabalho braçal, insalubre ou repetitivo.

Automação industrial é muito aplicada para melhorar a produtividade e qualidade nos processos considerados repetitivos, estando presente no dia-a-dia das empresas. Pode ser definida como um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos vários processos na indústria, substituindo o trabalho muscular e mental do homem por equipamentos diversos.



## 2.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

### 2.3.1 Histórico

De acordo com Bega (2003), o CLP foi criado em 1968 para substituir os relés dos circuitos lógicos sequenciais ou combinacionais para o controle industrial. A divisão *Hydramatic* da General Motors determinou os critérios para o projeto do CLP, sendo sua invenção atribuída a Richard (Dick) Morley. A função original do CLP era substituição dos grandes gabinetes de lógicas de relés por um equipamento menor, mais confiável, flexível em relação à programação e robusto, ou seja, precisava resistir aos ambientes agressivos e deveria apresentar uma boa confiabilidade operacional, características que os grandes sistemas de relé da época deixavam a desejar.

A primeira aplicação de um CLP foi a linha de fabricação de automóveis da General Motors, em um giga de testes para cablagem (chicotes) de automóveis. O CLP deveria ser facilmente reprogramado, usando uma linguagem conhecida pelas pessoas da engenharia e da manutenção elétrica. O programa era refeito anualmente, tendo em vista que novos modelos de automóveis eram introduzidos todo ano.

### 2.3.2 Definição

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo digital que controla máquinas e processos. Utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas: energização/desenergização, temporização, contagem, sequenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados. (MORAES & CASTRUCCI, 2007).

O CLP pode controlar uma grande quantidade de variáveis, substituindo o homem com mais precisão, confiabilidade, custo e robustez. (NATALE, 2007).

A maneira como o CLP atua no sistema está simbolizado, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Variáveis de entrada são coletadas por sensores, que informam a cada instante as condições do processo. Esses sensores fornecem ao CLP um dado nível lógico, e em função do programa instalado em sua memória, atuam no sistema por meio de suas saídas. As variáveis de saída do sistema

executam, a cada instante, fechamentos de válvulas, acionamento de motores entre outros.

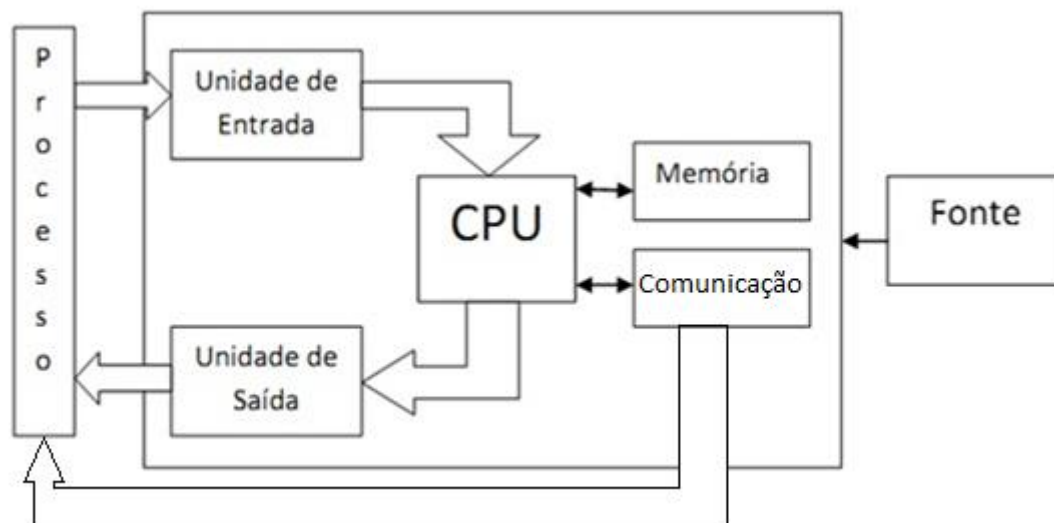


Figura 2 – Diagrama de blocos da CPU do CLP  
Fonte: SILVA (2012)

### 2.3.3 Características

Conforme Georgini (2007), os CLPs apresentam as seguintes características:

- Módulos de I/O de alta densidade (grande número de pontos de I/O por módulo);
- Módulos remotos controlados por uma mesma CPU;
- Módulos inteligentes (coprocessadores que permitem realização de tarefas complexas: controle PID, posicionamento de eixos, transmissão via rádio ou modem, leitura código de barras);
- *Softwares* de programação em ambiente Windows® (facilidade de programação);
- Integração de Aplicativos Windows® (Access, Excel, Visual Basic) para comunicação com CLPs;
- Recursos de monitoramento da execução do programa, diagnósticos e detecção de falhas;
- Instruções avançadas que permitem operações complexas (ponto flutuante, funções trigonométricas);

- *Scan Time* (tempo de varredura) reduzido (maior velocidade de processamento) devido à utilização de processadores dedicados;
- Processamento paralelo (sistema de redundância), proporcionando confiabilidade utilização em áreas de segurança;
- Pequenos e micros CLPs que oferecem recursos de hardware e de software dos CLPs maiores;
- Conexão de CLPs em rede (conexão de diferentes CLPs na mesma rede, comunicação por meio de Rede Ethernet).

#### 2.3.4 Arquitetura

Segundo ROSARIO (2005) os controladores lógicos programáveis industriais possuem a seguinte configuração básica, representada na Figura 3.



Figura 3 – Exemplo de um CLP industrial Siemens  
Fonte: Siemens (2013)

1. Unidade central de processamento (CPU, ou *central processing unit*), integrada pelo processador (microprocessador, processador dedicado ou microcontrolador), sistema de memória (ROM e RAM) e circuitos internos.
2. Fonte de alimentação, responsável pelo fornecimento de tensão de alimentação à CPU e aos circuitos/módulos de entrada e saída.

3. Circuitos de entrada e saída, ou E/S (ou I/O - *Input/output*), circuitos para recebimento ou o envio de sinais. Podem ser discretos (sinais digitais, contatos normalmente abertos ou fechados) ou por meio de sinais analógicos.

4. Base, responsável por proporcionar conexão mecânica e elétrica entre a CPU, os módulos de entrada e/ou saída e a fonte de alimentação. No barramento de comunicação existente entre esses elementos, estão presentes sinais de dados, endereço, controle e tensão de alimentação.

## 2.4 SENSORES

### 2.4.1 Introdução

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos, domésticos é preciso determinar condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado, e este é o trabalho dos sensores. (THOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2007).

### 2.4.2 Definição

Segundo Sturm (2004), sensores são dispositivos que transformam mudanças de estado em alguma grandeza elétrica mensurável, fornecendo como resultado em sua saída um sinal proporcional à variação desta grandeza. O sinal de um sensor é apenas para indicação de um estado ou medição, não sendo, portanto um sinal de grande potência.

### 2.4.3 Sinais dos sensores

Os sinais são informações que representam valores ou variações de uma grandeza física. Um sinal de saída de um sensor pode ser:

Analógico: é um sinal que varia proporcionalmente à variação da grandeza medida, mesmo que não de forma linear. Como exemplos, podemos citar o valor da

pressão indicado em um manômetro, o valor da tensão indicado em um voltímetro e o valor da temperatura indicado em um termômetro;

Digital: é aquele que pode assumir um número finito de valores em determinada escala; entre os exemplos podemos citar um relógio digital e um contador;

Binário: é um sinal digital que pode assumir somente dois valores na escala, 0 ou 1, ligado ou desligado, aberto ou fechado.

#### 2.4.4 Sensores de nível

Medir a variável nível em processos industriais é quantificar referenciais por meio de monitoramento contínuo ou discreto com o objetivo de avaliar e controlar volumes de estocagens em tanques ou recipientes de armazenamento. São chamados de monitoramento de nível contínuo, quando fornecem uma saída proporcional ao nível que se deseja medir, e discretos, quando tem-se no máximo uma indicação de uma faixa de presença do material armazenado. (FIALHO, 2007).

De acordo com Thomazini & Albuquerque (2007), os sensores de nível são utilizados para o controle de líquidos ou grãos sólidos, contidos em reservatórios, silos, tanques abertos, tanques pressurizados na indústria.

Quando é necessário detectar ou medir nível, para fins de especificação será importante determinar qual é o material a ser controlado, qual é a faixa de variação, se o material é inflamável, se é comestível, entre outros, pois destas informações depende a escolha do material construtivo do sensor bem como da própria base de funcionamento do mesmo. (STURM, 2004).

## 2.5 MOTORES ELÉTRICOS

### 2.5.1 Introdução

Conforme Creder (2007), o motor elétrico é a máquina capaz de transformar a energia elétrica em mecânica, usando em geral o princípio da reação entre dois campos magnéticos. A potência mecânica no eixo é expressa em HP (*horsepower*) ou CV (cavalo-vapor).

### 2.5.2 Corrente nominal

Conforme Mamede (1997) é aquela que é solicitada da rede de alimentação pelo motor, trabalhando à potência nominal, com frequência e tensão nominais. O valor da corrente é dado pela equação (1):

$$I_{nm} = \frac{736 * P_{nm}}{\sqrt{3} * V * \eta * \cos \Psi} \quad (1)$$

Sendo:

$I_{nm}$  = corrente nominal do motor, em A;

$P_{nm}$  = potência nominal do motor, em CV;

$V$  = tensão nominal, em volts;

$\eta$  = rendimento do motor;

$\cos \psi$  = fator de potência sob carga nominal;

## 2.6 VÁLVULAS SOLENOIDE

### 2.6.1 Conceito

Conforme o site da empresa Jefferson (2013), a válvula solenoide:

(...) possui uma bobina que é formada por um fio enrolado através de um cilindro. Quando uma corrente elétrica passa por este fio, ela gera uma força no centro da bobina solenoide, fazendo com que o êmbolo da válvula seja acionado, criando assim o sistema de abertura e fechamento.

Outra parte que compõe a válvula é o corpo. Este, por sua vez, possui um dispositivo que permite a passagem de um fluido ou não, quando sua haste é acionada pela força da bobina. Esta força é que faz o pino ser puxado para o centro da bobina, permitindo a passagem do fluido.

O processo de fechamento da válvula solenoide ocorre quando a bobina perde energia, pois o pino exerce uma força através de seu peso e da mola que tem instalado. (JEFFERSON, 2013).

A Figura 4, abaixo, mostra um conjunto bobina + válvula.

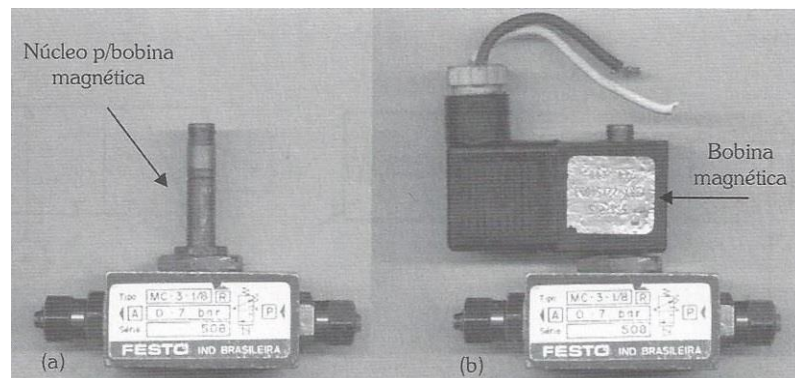


Figura 4 – Representação da válvula solenoide  
Fonte: Fialho (2013)

### 2.6.2 Característica

Ainda conforme Fialho (2013), as bobinas magnéticas normalmente possuem formato semelhante, sendo em geral o diâmetro da bobina padronizado, o que possibilita o intercâmbio com bobinas de outros fabricantes com preços diferenciados, algumas vezes mais acessíveis ou de prazo de entrega mais reduzido, ou mesmo imediato. Mas essa alternativa é geralmente adotada quando necessitamos de uma manutenção rápida, pois em verdade é sempre recomendada a utilização da bobina do próprio fabricante da válvula.

As bobinas magnéticas em geral operam com tensões de 12 a 230V em CC ou CA, conforme a especificação e as necessidades do cliente.

## 2.7 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM)

Como forma de dotar um sistema automatizado com maior grau de flexibilidade e produtividade, as IHMs (Interfaces Homem-Máquina) vêm cada vez mais se fazendo presente em tais situações.

Como substituição aos antigos painéis de operação, essas interfaces dotadas de tela gráfica colorida e teclado/mouse conferem ao sistema melhores condições para o controle e supervisão do extenso número de variáveis.

Por meio da visualização gráfica, torna-se muito mais prático e rápido ao operador obter informações precisas a respeito do *status* do processo.

Em vez de um simples piscar de lâmpadas (como ocorria nos painéis de comando e quadros sinóticos), o operador tem uma melhor visualização quando efetivamente enxerga o abrir de uma válvula, o ligamento de um motor, ou outra informação do processo de maneira visual.

O elo de comunicação entre a IHM e o CLP (ou outro equipamento de controle monitorado) normalmente se dá por meio de um protocolo de comunicação específico que reproduz na IHM as variáveis do processo, que agora se denominam *Tag*. Assim, uma *Tag* representa, em última análise, uma variável na IHM que pode ser do tipo discreta, numérica ou alfanumérica. Devido à bidirecionalidade do sentido de comunicação entre CLP e IHM, uma *Tag* pode tanto monitorar o *status* do controlador, como também enviar valores (ou *setpoints* – valores predefinidos) a ele.

As IHMs podem liberar a CPU do controlador da monitoração de situações anômalas do processo pela geração de sinais de alarme. Tal procedimento é feito pela constante monitoração das *Tags* suscetíveis a falhas por parte da IHM que podem, inclusive, ter a vantagem de, em ocorrências, sugerir ao operador que providências devem ser tomadas diante do defeito ocorrido.

Quando implementada em ambiente de rede industrial, a IHM pode apresentar a vantagem de poder estar localizada em um ponto distante do processo. Nesse caso, diz-se que ela tem operação remota. A presença de ambiente de comunicação entre elementos de controle e monitoração é atualmente uma tendência que traz vários benefícios ao sistema produtivo. Para um nível superior da hierarquia de controle, as IHMs podem permitir a comunicação com outros computadores de forma a possibilitar trocas dinâmicas de dados pela integração com sistemas de bancos de dados. É principalmente por meio do protocolo TCP/IP que tais recursos de comunicação estão implementados.

Quando a IHM é implementada em computadores (como nos supervisórios), torna-se possível, inclusive, a conexão do sistema a redes do tipo corporativa, *internet* e outras, configurando-se assim com um forte esquema de distribuição de informações acerca do processo.



### 3 REDES

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Em automação, a rede industrial – frequentemente chamada de *fieldbus* – representa um importante meio de integração. Pode ser reconhecida por seus atributos físicos bem como pelas suas estruturas de dados especiais definidos pelos protocolos. Uma rede industrial é um sistema de comunicação bi-direcional, que permite a troca de informação digital entre dispositivos como: sensores, atuadores e controladores. (REGAZZI, et. al., 2005).

Em geral, as redes industriais são fisicamente e eletronicamente mais robustas que as redes convencionais. O cabeamento tende a ser mais robusto e imune a ruídos. Além disso, os sistemas de conexão usados nas redes industriais são mais resistentes a desconexões acidentais e a condições ambientais.

Comumente, as redes industriais são representadas como uma pirâmide indicando os níveis hierárquicos de automação empresarial (Figura 5). Os níveis de gestão e de engenharia correspondem à rede convencional. As demais representam a rede industrial interligando processos, controladores e sensores/atuadores.

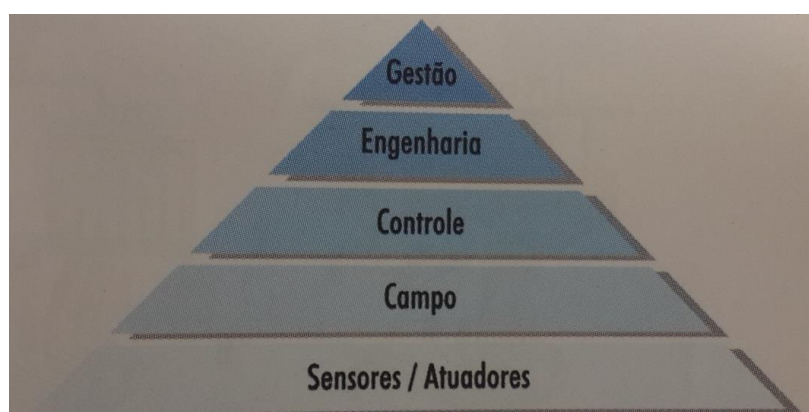


Figura 5 – Níveis hierárquicos de automação na empresa  
Fonte: Regazzi et. Al. (2005)

## 4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

### 4.1 ESTRUTURA

Inicialmente, foi necessário desenvolver um protótipo capaz de simular a fabricação das soluções produzidas pela clínica. Esta estrutura foi fabricada com as dimensões de 350mm de altura, 450mm de largura e 450mm de profundidade e composta por válvulas solenoides, mangueiras para os fluídos, dois motores para bombear os líquidos do sistema, um mini tanque de mistura e um mini tanque para o armazenamento, sensores de nível e vazão. É possível visualizar o protótipo na Figura 6.



Figura 6 – Estrutura do protótipo  
Fonte: autoria própria (2014)

## 4.2 AUTOMAÇÃO DO PROCESSO

Após a validação do protótipo, foi implementada a automação da planta existente, já para a produção das soluções químicas na clínica.

O local onde o sistema automatizado foi implementado está sujeito a reações químicas de alto nível de corrosão. Para a proteção e conservação dos equipamentos, o sistema hidráulico foi montado embaixo de um balcão com tampa de granito e completamente isolado, com portas de fácil acesso, para evitar o contato com os reagentes químicos. O sistema hidráulico inclui: bombas, motores, válvulas, sensores de monitoração e tubulação.

É possível visualizar o sistema automatizado na Figura 7.



Figura 7 – Planta de produção das soluções  
Fonte: autoria própria (2014)

Após a produção das soluções, os produtos finais devem ser armazenados em tanques individuais e em local arejado. As soluções armazenadas nestes tanques, já estão aptas a serem consumidas pela clínica.

A Figura 8 apresenta os tanques de armazenamento das soluções ácida (1) e básica (2), que são representadas pelas cores vermelha e azul, respectivamente.

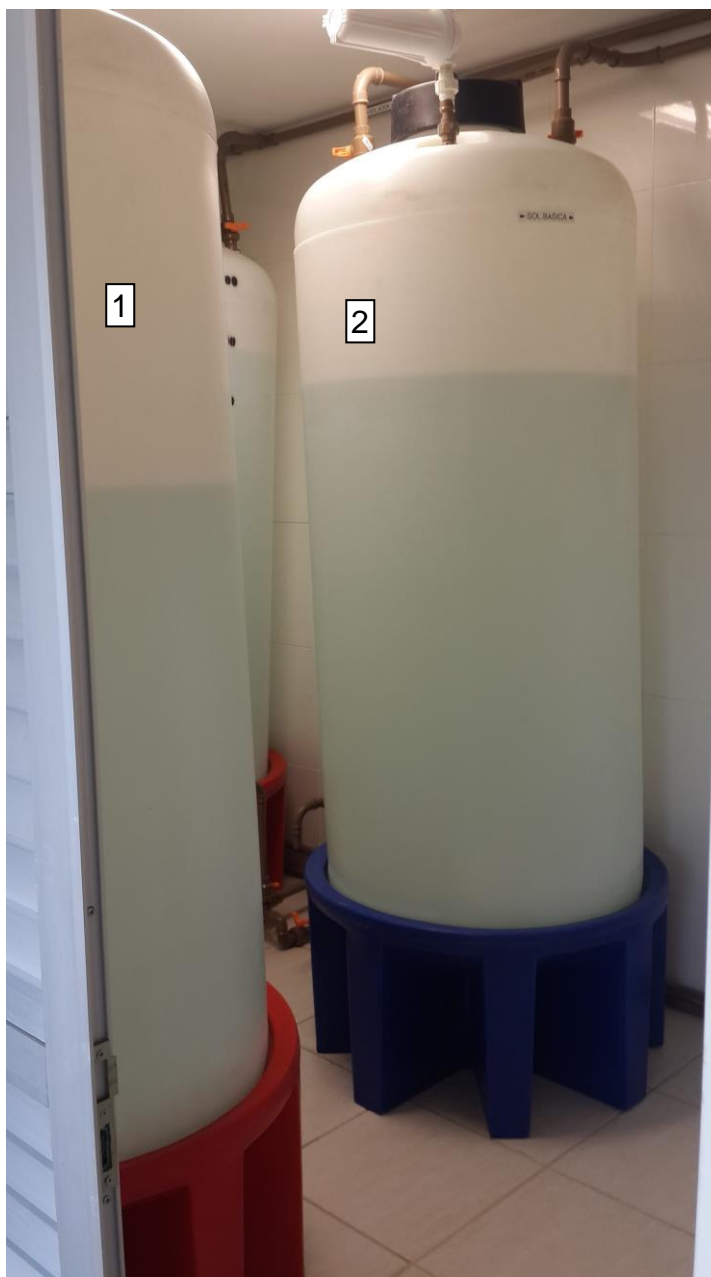


Figura 8 – Tanques de armazenamento de soluções  
Fonte: autoria própria (2014)

### 4.3 PAINEL DE CONTROLE

O painel de controle foi montado de acordo com as necessidades do trabalho. As dimensões do painel são: 800 mm de altura, 600 mm de largura e 250 mm de profundidade e composto pelos seguintes dispositivos:

#### 4.3.1 Disjuntores

Os disjuntores são equipamentos de alta tecnologia que protegem fios e cabos elétricos contra curtos-circuitos e sobrecargas de energia, proporcionando aplicações seguras em instalações elétricas de todos os portes.

#### 4.3.2 Contatores

Como um dispositivo mecânico de manobra, o contator pode estabelecer, conduzir e interromper correntes elétricas em condições normais de cargas como motores, iluminação, banco de capacitores, resistências e circuitos auxiliares. Assim, a partir de um circuito de comando, ele faz o controle de cargas em um circuito de potência.

#### 4.3.3 Rele Térmico

Esse tipo de rele atua como dispositivo de proteção, controle ou comando do circuito elétrico, atua por efeito térmico provocado pela corrente elétrica. O elemento básico dos reles térmicos é o bimetálico. O bimetal é um conjunto formado por duas lâminas de metais diferentes ferro (normalmente e níquel), sobrepostas e soldadas, estes dois metais de coeficientes de dilatação diferentes, formam um par metálico.

Por causa da diferença de coeficiente de dilatação, se o par metálico submetido a uma temperatura elevada, um dos metais irá se dilatar mais que o outro, por estarem unidos fortemente, o metal de menor coeficiente de dilatação provoca o encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um determinado ponto. Causando assim o desarme do mesmo.

#### 4.3.4 Acopladores a reles

Para melhor desempenho dos sistemas eletrônicos que utilizam CLP's, *Driver's*, sensores e instrumentação, são incorporados mini reles eletromecânicos com materiais de contatos do tipo AgNi (Prata Niquel), utilizados de modo padrão para a maioria das aplicações industriais, oferecendo alta resistência ao desgaste e média resistência a fusão. Estes dispositivos trabalham em circuitos de Corrente Alternada (AC) e Corrente Contínua (DC), podem ser especificados para diversos valores de tensões na entrada, possuem *led* indicativo de *status* do relé e configuração para um contato reversível (1NA 1NF).

O soquete proporciona a combinação de vários modelos de reles na mesma base, extração e retenção através da presilha plástica, facilitando eventuais substituições. O sistema *plug-in* de *jumpers* permite a ligação em paralelo de várias unidades.

#### 4.3.5 Bornes

São elementos cuja função principal é a união segura de condutores, tanto elétrica como mecanicamente.

No painel de controle, mostrado na Figura 9, podemos visualizar os seguintes componentes:

- 1 – Disjuntor;
- 2 – Rele de fase;
- 3 – Fonte de alimentação (CLP e IHM);
- 4 – Fonte de alimentação (Válvulas e sensores) ;
- 5 – Controlador Lógico Programável (CLP);
- 6 – *Switch*;
- 7 – Rele;
- 8 – Contatores;
- 9 – Rele térmico;
- 10 – Régua de borne.

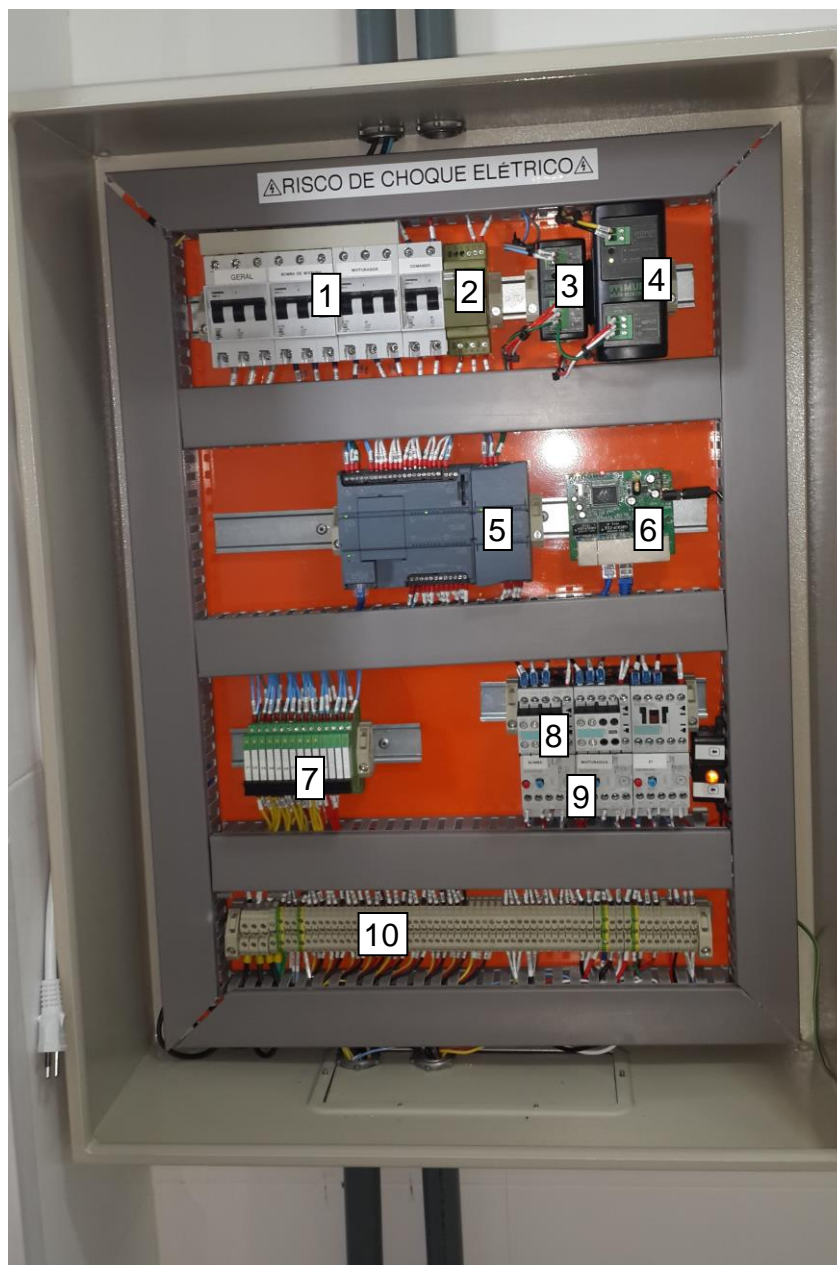


Figura 9 – Painel elétrico  
Fonte: autoria própria (2014)

## 4.4 SENSORIAMENTO

### 4.4.1 Fluxo

Para medir o fluxo de água e para que ele possa ser interpretado pelo CLP, foi utilizado um sensor de fluxo, especificamente um FS-400P fabricado pela empresa Gens Sensors Inc.

Com ele, é possível monitorar se há fluxo na tubulação. Este sensor é um componente de segurança do sistema, pois o mesmo tem a função de evitar a entrada de ar no sistema e também evitar que as bombas funcionem à vazio.

Quando não há fluxo na tubulação, o sensor envia um sinal discreto para o CLP realizar o controle e a segurança do motor.



Figura 10 – Sensor de fluxo  
Fonte: autoria própria (2014)

#### 4.4.2 Vazão

A medição do nível da solução no reservatório de produção é feita através de um sensor de vazão localizado na tubulação de alimentação do reservatório. O sensor utilizado foi o modelo DM25 fabricado pela empresa Burkert.



Figura 11 – Sensor de vazão  
Fonte: Burkert (2014)



A partir do momento em que haja vazão na tubulação é girado uma borboleta do sensor em que para cada volta que a borboleta realiza, é gerado um pulso elétrico onde é usado na lógica do CLP.

Cada pulso elétrico gerado, equivale a uma quantidade em ml. Esta relação foi estabelecida pelo fabricante e testada no sistema. Desta forma pode-se estabelecer a vazão.

#### 4.4.3 Nível

Há dois sensores de níveis (alto e baixo) para o monitoramento e controle do tanque de preparação. Estes sensores servem para que a solução fique recirculando entre os tanques de mistura e de preparação, pois caso a solução fique parada por muito tempo, o produto corre o risco de empedrar, comprometendo a produção.

#### 4.4.4 Válvula Manual

O sistema possui válvulas manuais em pontos estratégicos do processo, caso precise o operador precise intervir em alguma etapa do processo.

### 4.5 LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES

Na Figura 12 é possível visualizar os seguintes componentes:

- 1 – Válvula solenoide;
- 2 – Válvula manual;
- 3 – Tanque de preparação;
- 4 – Sensor nível alto;
- 5 – Sensor nível baixo.

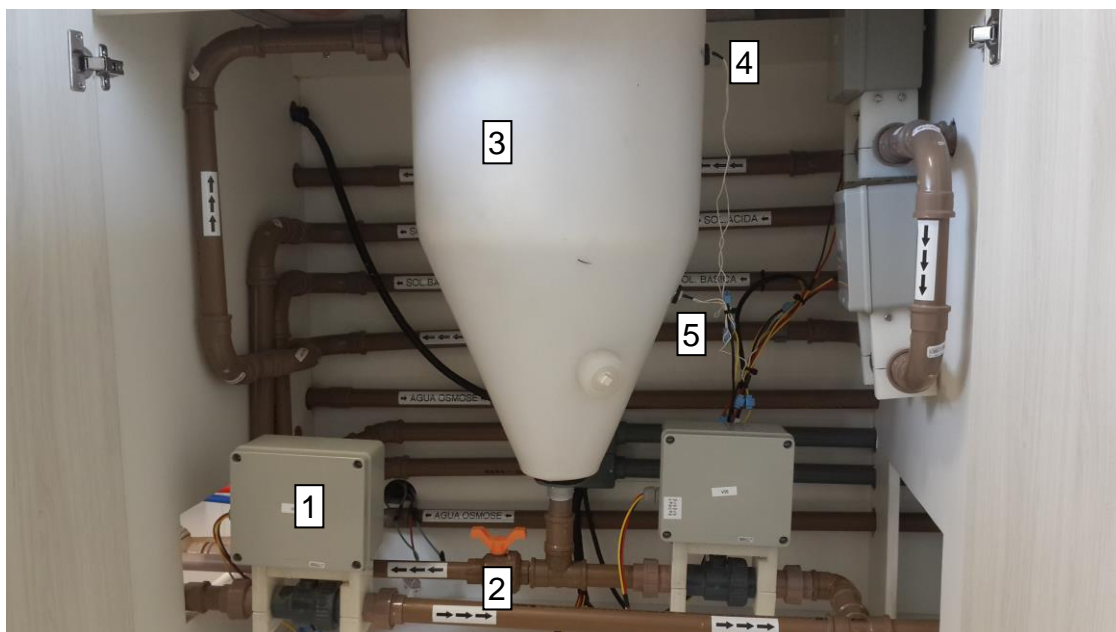


Figura 12 – Disposição dos componentes  
 Fonte: autoria própria (2014)

Já na Figura 13 é possível visualizar os seguintes componentes:

- 1 – Sensor de fluxo;
- 2 – Sensor de vazão;
- 3 – Motor elétrico;
- 4 – Válvula manual;
- 5 – Válvula solenoide.

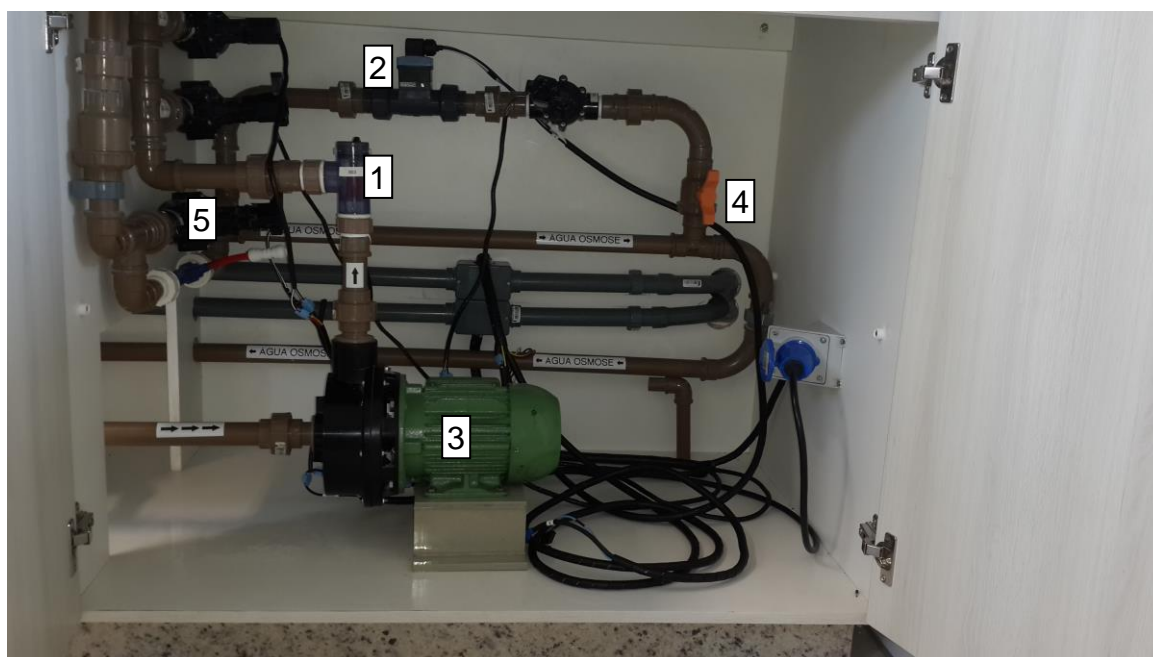


Figura 13 – Disposição dos componentes  
 Fonte: autoria própria (2014)

## 4.6 INTERFACE COM O USUÁRIO

A interface com o usuário foi feita através de uma IHM *touchscreen* de 7 polegadas monocromática que está localizada na porta do painel da instalação.

O operador tem a possibilidade de escolher qual o produto a ser produzido, visualizar o tempo decorrido de cada produção, forçar a abertura ou fechamento de qualquer válvula solenoide e alterar os *setpoints* de nível e do tempo da produção.

A IHM é mostrada na Figura 14.

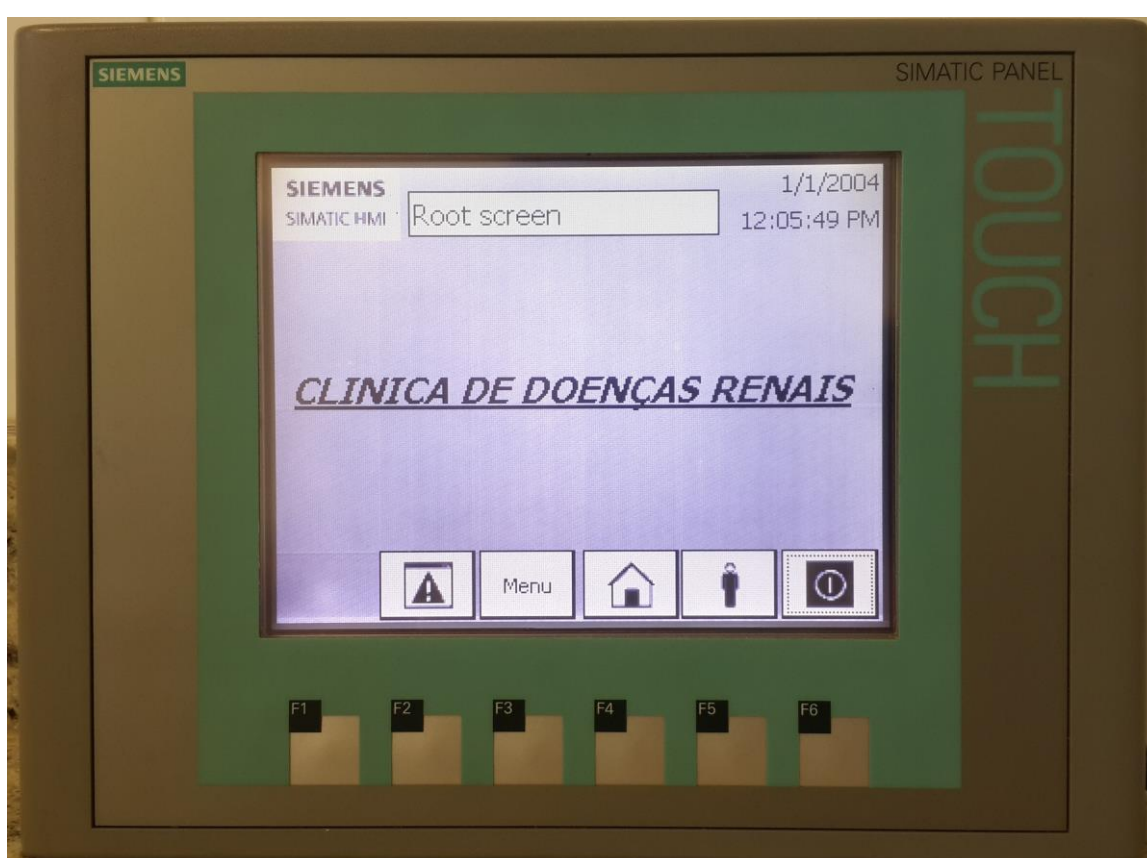


Figura 14 – Vista da IHM  
Fonte: autoria própria (2014)

### 4.6.1 Monitoramento das variáveis

O operador tem a possibilidade de realizar comandos ou monitorar o processo, acessar *menus* disponíveis para o usuário e acompanhar o andamento das variáveis em tempo real. Esses *menus* são mostrados na Figura 15.

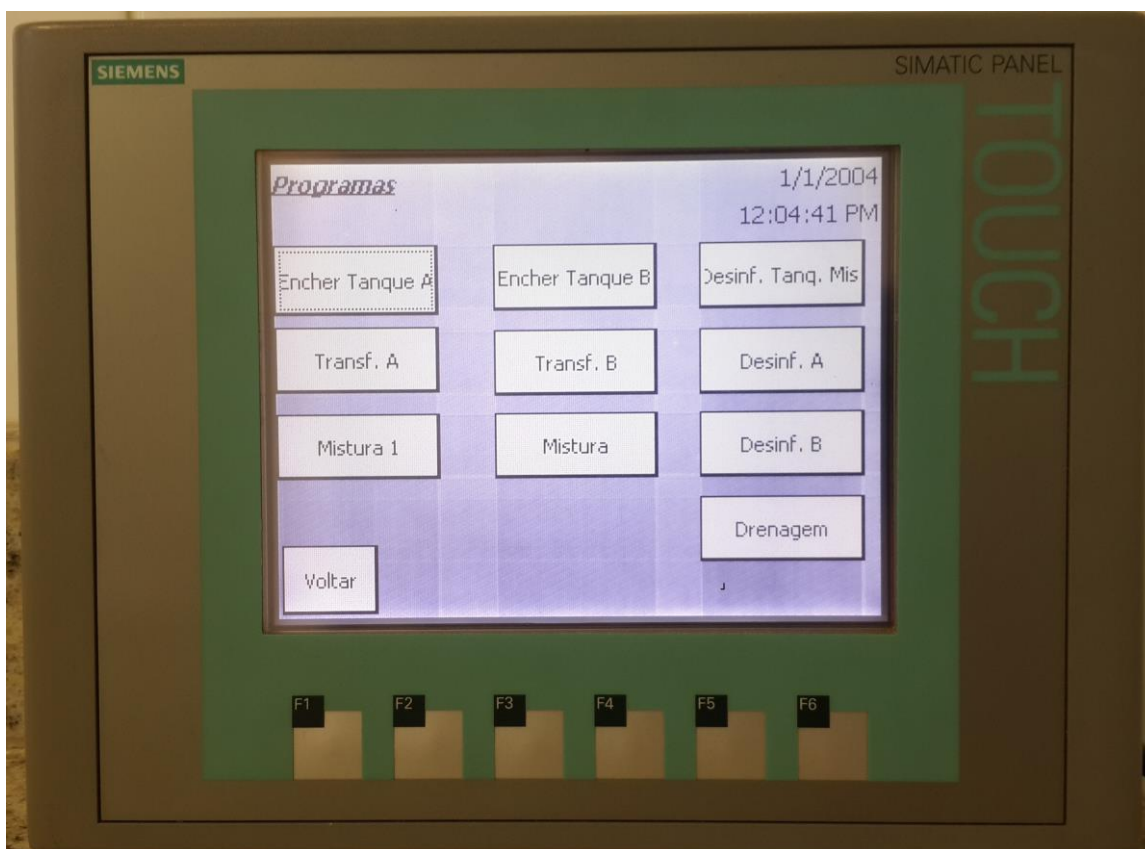


Figura 15 – Menus disponíveis na tela IHM  
Fonte: autoria própria (2014)

## 4.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

### 4.7.1 Hardware

O *hardware* utilizado para o controle da planta foi o modelo S7-1200 da fabricante Siemens por atender as quantidades de entradas e saídas das variáveis que o processo exige.

### 4.7.2 Software

O *software* utilizado para a programação do CLP foi o TIA PORTAL da fabricante Siemens e a linguagem de programação utilizada foi o Ladder. Toda a lógica de programação foi desenvolvida a partir do fluxograma, apresentado na Figura 16.

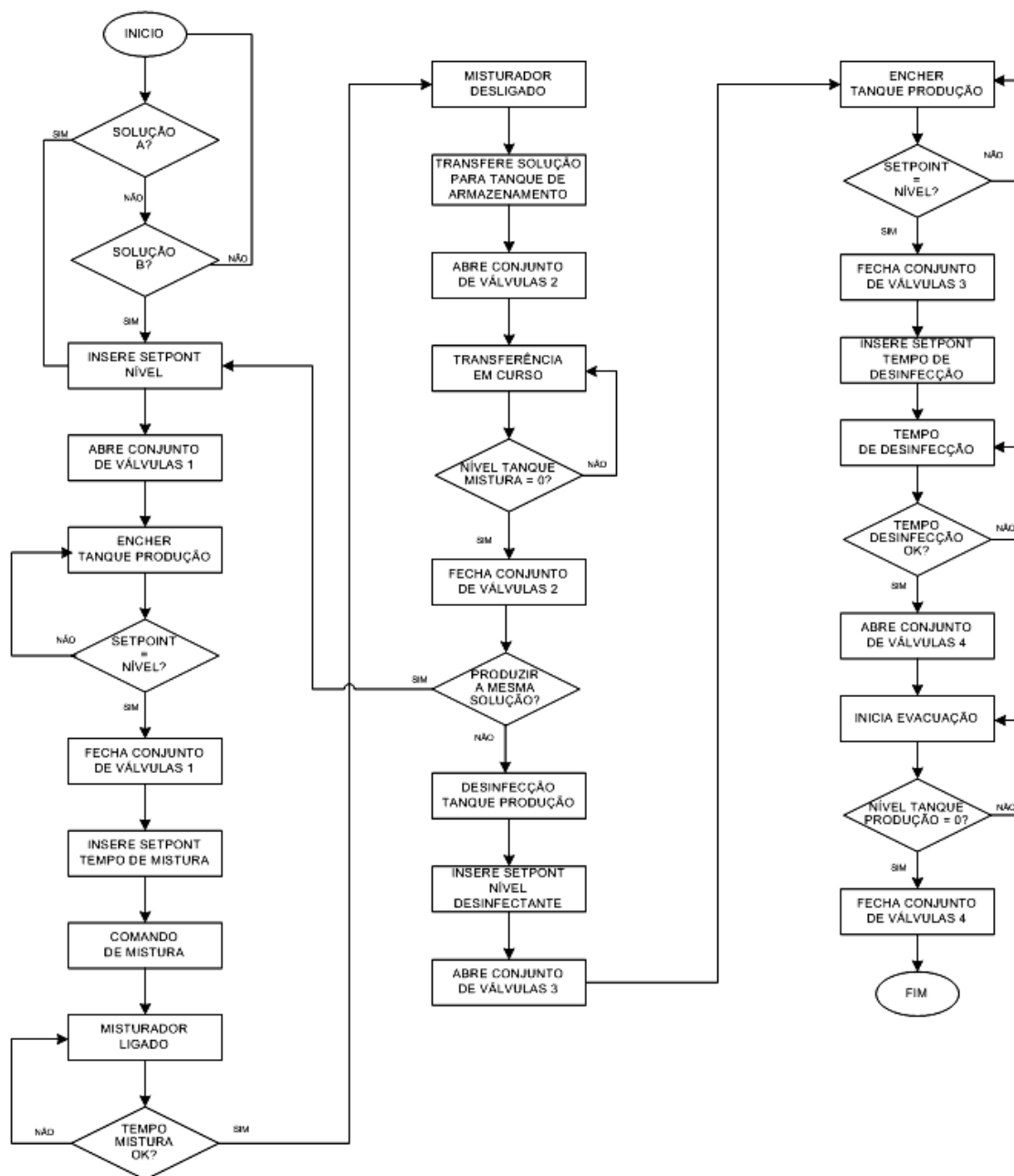


Figura 16 – Fluxograma de operação do processador  
 Fonte: autoria própria (2014)

#### 4.8 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO AUTOMATIZADO

Inicialmente, o programa espera que o operador indique qual a solução que se deseja produzir. Após a escolha do produto, o próximo passo é inserir a quantidade (em litros) do produto e o tempo (em minutos) desejado de fabricação da solução para o tanque de produção. Com o *setpoint* de nível inserido, um conjunto de válvulas referente ao enchimento da solução escolhida é aberto até que o tanque

de produção atinja a quantidade de litros parametrizada e então o conjunto é fechado. O tanque de fabricação fica em processo de mistura até o tempo determinado pelo operador.

Após o tempo de decorrido, o misturador é desligado e a solução é transferida do tanque de produção para o tanque de armazenamento ficando disponível para o consumo da clínica. Para a transferência, um segundo conjunto de válvulas é aberto até a transferência total do tanque de produção para o tanque de armazenamento.

Caso o operador queira produzir a mesma solução, o operador refaz todo o processo de inserção de *setpoint* de nível e tempo de mistura, fazendo com que retome o ciclo de produção. Caso contrário, o sistema deve ser desinfecionado, pois é necessário eliminar todos os resquícios da solução anterior.

Para a desinfecção do tanque de produção, deve-se dar o comando de “Desinfecção” pela IHM e inserir a quantidade de desinfetante (em litros) e o tempo necessário para realizar a limpeza total do tanque. Nessa etapa, um terceiro grupo de válvulas é aberto até o nível desejado e então fecha e o processo fica em estado de mistura, pelo tempo parametrizado.

Assim que o tempo de desinfecção é atingido, o misturador desliga e começa o processo de “EVACUAÇÃO”. Este processo simplesmente abre um quarto conjunto de válvulas até o esvaziamento total de desinfetante do tanque de produção e então fecha. O desinfetante é jogado diretamente para sistema de tratamento de efluentes da clínica.

Com o tanque de produção higienizado, o processo é finalizado e dá condições para um novo ciclo de produção.

## 5 ENSAIOS

Após os ensaios do processo no protótipo, o *software* implementado foi submetido a ensaios na escala real para comparação de resultados.

### 5.1 ENSAIOS DE PRODUTIVIDADE

A produção foi acompanhada durante um mês dividido em duas etapas: quinze dias com a produção em manual e quinze dias com a produção automatizada. Os resultados foram os seguintes:

#### 5.1.1 Processo manual

A Tabela 1 informa a quantidade e o tempo necessário para a produção no sistema em manual para aquele dia de demanda na clínica para os produtos A e B.

Tabela 1 – Produção manual de A e B.

Dia	Produção A (L)	Tempo (hora)	Dia	Produção B (L)	Tempo (hora)
1	600,0	4,0	1	600,0	4,5
2	750,0	5,0	2	750,0	5,5
3	600,0	5,5	3	600,0	5,5
4	800,0	6,0	4	800,0	6,5
5	650,0	6,5	5	650,0	7,0
6	650,0	6,0	6	650,0	5,5
7	700,0	5,0	7	700,0	6,0
8	700,0	5,5	8	700,0	6,0
9	700,0	4,7	9	600,0	4,5
10	550,0	5,0	10	750,0	5,5
11	650,0	5,5	11	600,0	5,5
12	800,0	6,0	12	800,0	6,5
13	700,0	6,5	13	650,0	7,0
14	750,0	6,0	14	650,0	5,5
15	650,0	5,0	15	700,0	6,0

Fonte: autoria própria (2014)

### 5.1.2 Processo automático

A Tabela 2, informa a quantidade e o tempo necessário para a produção no sistema em automático para aquele dia de demanda na clínica para os produtos A e B.

Tabela 2 – Produção automática de A e B

Dia	Produção A (L)	Tempo (hora)	Dia	Produção B (L)	Tempo (hora)
1	600,0	3,0	1	600,0	3,0
2	750,0	3,7	2	750,0	3,7
3	600,0	3,0	3	600,0	3,0
4	800,0	4,0	4	800,0	4,0
5	650,0	3,2	5	650,0	3,2
6	650,0	3,2	6	650,0	3,2
7	700,0	3,7	7	700,0	3,7
8	700,0	3,7	8	700,0	3,7
9	700,0	3,7	9	600,0	3,0
10	550,0	2,5	10	750,0	3,7
11	650,0	3,2	11	600,0	3,2
12	800,0	4,0	12	800,0	4,0
13	700,0	3,2	13	650,0	3,2
14	750,0	3,7	14	650,0	3,2
15	650,0	3,0	15	700,0	3,7

Fonte: Autoria própria (2014)

## 5.2 RESULTADOS

Durante os dias de acompanhamento da produção em processo manual de fabricação da solução A e B, percebeu-se uma produção muito irregular em relação à média de produção diária. Não se podia ter um parâmetro de tempo gasto na produção total, pois dependia da intervenção do operador durante todo o processo.

Tomemos por exemplo o caso da necessidade do operador realizar outra atividade em paralelo com a produção, isso afetaria o tempo do processo já que, em vários momentos o sistema dependeria de uma ação do operador.

Além disso, para cada etapa em produção manual, as válvulas deveriam ser abertas ou fechadas manualmente em uma determinada sequência para cada



processo e caso o operador realizasse um procedimento errado comprometeria a produção, impactando diretamente na produção diária da clínica.

Durante os 15 primeiros dias de acompanhamento em produção automatizada, foram observadas melhorias no processo. Com a automação do sistema, a produção teve um aumento de produtividade e percebeu-se uma faixa média de produção diária, algo que não existia desde então.

Com o sistema automatizado, o processo depende apenas dos comandos pela IHM. Todo o trabalho de monitoramento do tempo de processo, abertura e fechamento de válvulas, acionamento do motor em manual deixou de existir. Isso deixou o processo mais confiável e a possibilidade do operador realizar outros trabalhos em paralelo com a produção das soluções. É possível visualizar os gráficos da produção na Figura 17 e Figura 18.

### Solução A

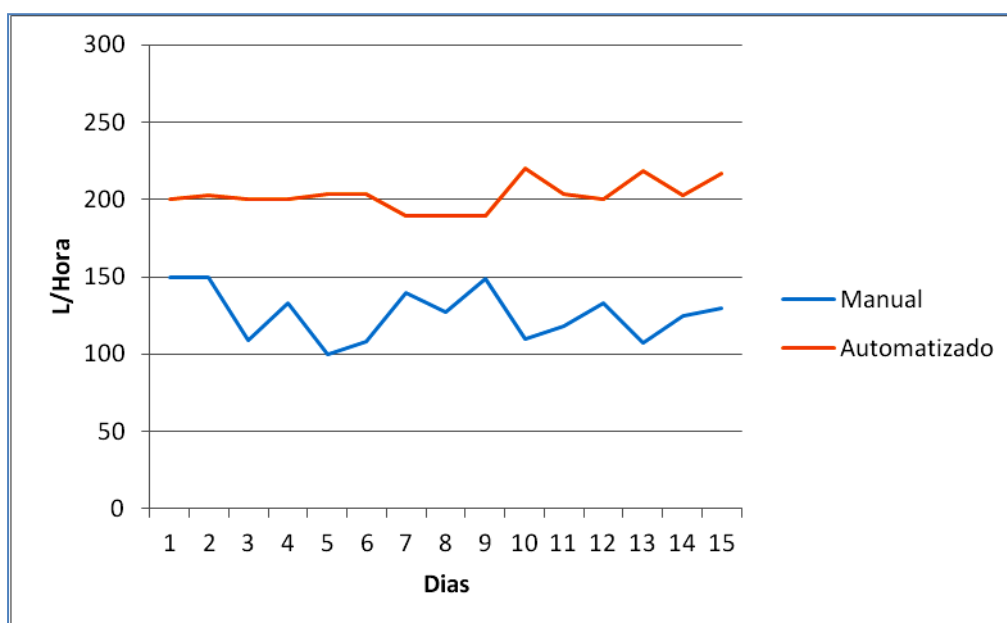


Figura 17 – Comparação da produção manual e automática do produto A  
Fonte: autoria própria (2014)

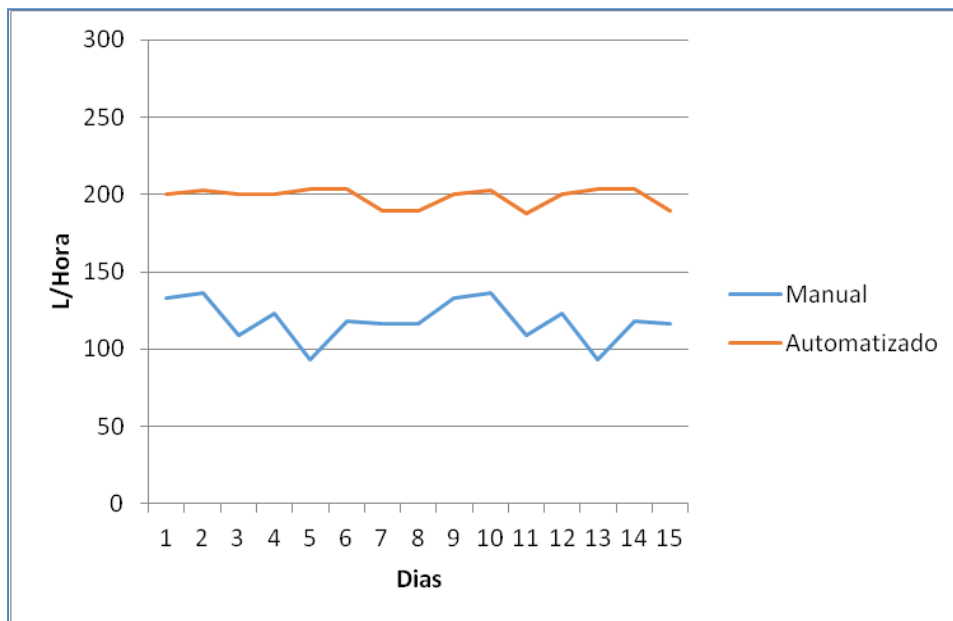
**Solução B**

Figura 18 – Comparação da produção manual e automática do produto B  
Fonte: autoria própria (2014)

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com os gráficos apresentados, o projeto está apto a produzir as soluções para o tratamento de hemodiálise.

Após a automatização do sistema, houve uma melhoria no tempo de produção, minimizando as falhas operacionais e esforços repetitivos dos operadores. Conseqüentemente, ocorreu um aumento de produtividade e de qualidade no processo, atendendo às expectativas por parte da gerência da clínica.

No decorrer do projeto foram abrangidas inúmeras áreas estudadas durante o curso. Instrumentação, utilizando fontes de tensão, comparadores entre outros. Elétrica, na utilização de toda a parte elétrica do protótipo e para realizar o acionamento das cargas, tal como a bomba d'água. Controladores Lógicos Programáveis e Sistema Supervisório também foram indispensáveis, para desenvolver uma unidade controladora, através de códigos em linguagem Ladder, que concentre toda parte de processamento e interface do projeto. Teoria de Controle e Controle de Processos, foram de grande importância para projetar e simular os controles de níveis e vazão.

Um dos pontos mais importantes foi a experiência de desenvolver desde o princípio um projeto importante, buscando soluções para os empecilhos que surgiram durante o desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

BEGA, Edígio Alberto. **Instrumentação industrial**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2007.

DURVASULA, R. V.; HIMMELFARB, J. **Insuficiência renal crônica e diálise** in: MEDICINANET. Disponível em: <[http://www.medicinanet.com.br/m/conteudos/acp-medicine/5400/insuficiencia\\_renal\\_cronica\\_e\\_dialise\\_%E2%80%93\\_raghu\\_v\\_durvasula\\_%E2%80%93\\_jonathan\\_himmelfarb.htm](http://www.medicinanet.com.br/m/conteudos/acp-medicine/5400/insuficiencia_renal_cronica_e_dialise_%E2%80%93_raghu_v_durvasula_%E2%80%93_jonathan_himmelfarb.htm)>. Acesso em: 17 mar. 2013.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 5ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

\_\_\_\_\_. **Instrumentação Industrial**. 5ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2007.

GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada**. 8ª Ed. São Paulo: Editora, 2007.

JEFFERSON - Engenharia de processos industriais. **Válvula Solenoide**. Disponível em: <<http://www.jefferson.ind.br/produto/valvula-solenoide.html>>. Acesso em: 17 mar. 2013.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1997.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação industrial**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. 9ª Ed. São Paulo: Editora Érica 2007.

REGAZZI, Rogério Dias; PEREIRA, Paulo Sérgio e SILVA JR, Manoel Feliciano. **Soluções práticas de instrumentação e automação**. Rio de Janeiro, 2005.

ROSARIO, João Maurício. **Princípios de mecatrônica**. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2005.

SIEMENS. **SIMATIC S7-1200**. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/s7-1200/pages/default.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SILVA, Rafael R. **Unidade Central de Processamento de um CLP**. Disponível em: <<http://profrafaelrs.wordpress.com/2012/11/27/unidade-central-de-processamento-de-um-clp>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e Controle Discreto**. 8ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2007.

STURM, Wilerson. **Sensores Industriais: Conceitos Teóricos e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro, 2004.

THOMAZINI, Daniel & ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais**. 4ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2007.