



Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Engenharia Automotiva

## **Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes**

Autor: Danilo Arruda R. Pereira  
Orientador: Dr. André Murilo de A. Pinto

Brasília, DF  
2015



Danillo Arruda R. Pereira

**Projeto de um sistema de automação industrial para uma  
indústria de produtos saneantes**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Automotivada Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Dr. André Murilo de A. Pinto

Brasília, DF

2015

---

Danillo Arruda R. Pereira

Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes/ Danillo Arruda R. Pereira. – Brasília, DF, 2015-  
85 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr. André Murilo de A. Pinto

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA , 2015.

1. Automação. 2. Indústria Saneantes. I. Dr. André Murilo de A. Pinto. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes

CDU 02:141:005.6

---

Danillo Arruda R. Pereira

## **Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Automotivada Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

---

**Dr. André Murilo de A. Pinto**  
Orientador

---

**Dr. Evandro Leonardo S. Teixeira**  
Convidado 1

---

**Dr. Mario de Oliveira Andrade**  
Convidado 2

Brasília, DF  
2015

*Dedico esse trabalho aos meus pais que sempre lutaram e me apoiaram para que eu realizasse o sonho de ser Engenheiro.*

# Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado além da oportunidade de cursar uma das melhores universidades do Brasil, ter me dado força e a persistência para continuar no curso onde por tantas vezes o final do caminho já não parecia tão possível.

Agradeço aos meus pais Anésia e Vicente por sempre me incentivarem e estarem tão presentes em minha vida, sempre me levantando e acreditando no meu potencial. Agradeço minha namorada Ludimila por ser tão compreensiva e incentivadora nessa etapa final dessa caminhada, além de todo seu carinho e amor entregues a mim.

Agradeço ao meu orientador professor André Murilo, por ao meu lado, aceitar o desafio de um trabalho de conclusão de curso e sempre está solícito para meu maior entendimento sobre o assunto.

Agradeço também a todos os meus colegas de faculdade que estiveram ao meu lado, sempre ajudaram nas minhas horas de estudo, e principalmente nas horas de diversão, especialmente Filipe Godoi e Rafael Rodrigues.

*“Seja você a mudança que deseja ver no mundo.”  
(Mahatma Ghandi)*

# Resumo

O presente projeto foi idealizado a partir das experiências vividas durante período em que o autor trabalhou na indústria de saneantes Klimp. Foi observado que os trabalhos manuais realizados nos processos de fabricação de seus produtos eram um fator que aumentava o tempo de produção assim como, os custos, o que reduz a produtividade. A automação se mostra extremamente benéfica para preencher as lacunas que o trabalho manual gera. O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre todos os temas pertinentes e necessários para o maior esclarecimento sobre o que são produtos saneantes, e principalmente em quais momentos a automação pode ser aplicada, para que seus ganhos sejam reais. Sendo assim temas como, sensor de vazão, sensor de nível, sensor de pH, sensor de viscosidade, células de carga, agitadores mecânicos, válvulas solenoides, controladores lógicos programáveis, são abordados e esclarecidos suas funcionalidades dentro do projeto. Entretanto os requisitos do sistema também foram mostrados, de modo a obter uma visão do problema como um todo. A automação é benéfica em vários quesitos, e isso é uma verdade que vem sendo mostrados desde a revolução industrial, tais benéficos são aplicados em qualquer área industrial, justificando a abordagem desse tema à indústria de saneantes. Por final foi desenvolvido um sistema de supervisão e controle com o intuito de melhorar o fluxo produtivo. Este utilizou uma arquitetura CLP-SCADA de modo a cumprir todos os processo inerentes a manipulação.

**Palavras-chaves:** Automação Industrial. Indústria de Saneantes. SCADA. Viabilidade econômica.



# Abstract

This project was idealized from the author's experiences lived during his work on sanitizing industry Klimp. It was observed the manual labor performed of its products was a factor that increased the production time as well as costs, which reduces the productivity. The automation proves extremely beneficial to fill the gaps that manual labor generates. This research presents a literature review about all the relevant and necessary topics for further clarification on what are sanitizing products, and mainly in which moments the automation can be applied in order that their gains are real. Therefor topics like flow sensor, level sensor, pH sensor, viscosity sensor, load cells, stirrers, solenoid valves, programmable logic controllers were discussed as well as clarified their functionality within the project. However, the system requirements have also been shown, in order to obtain a view of the problem as a whole. The automation is beneficial on several issues, and this is a truth that has been shown since the industrial revolution, such benefits are applied in any industrial area, justifying the approach to this issue to the sanitizing industry. Lastly it developed a supervision and control system in order to improve production flow . This used a PLC- SCADA architecture in order to meet all the inherent handling process.

**Key-words:** Industrial Automation. Industry Sanitizing. SCADA. Economic viability.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Processos de Fabricação de Saneantes. . . . .	19
Figura 2 – Pirâmide hierárquica de Automação. . . . .	21
Figura 3 – Exemplo de chão de fabrica . . . . .	21
Figura 4 – Exemplo de uma hierarquia de Nível 2 . . . . .	22
Figura 5 – Controle de célula de trabalho . . . . .	22
Figura 6 – Níveis de hierarquia e seus respectivos componentes . . . . .	23
Figura 7 – Medidor de vazão do tipo vórtex . . . . .	25
Figura 8 – Sensor de Nível tipo radar . . . . .	26
Figura 9 – Células de carga . . . . .	27
Figura 10 – Balança Industrial . . . . .	27
Figura 11 – Sensor de pH . . . . .	28
Figura 12 – Sensor de viscosidade por vibração . . . . .	29
Figura 13 – Funcionamento de uma válvula Solenoide . . . . .	30
Figura 14 – Agitadores mecânicos em uso na indústria química . . . . .	31
Figura 15 – CLP Siemens Simatic S7 . . . . .	31
Figura 16 – Comparativo entre um quadro de relés e um quadro com CLP's . . . . .	32
Figura 17 – Constituição do hardware do CLP . . . . .	33
Figura 18 – Ciclo de processamento de um CLP . . . . .	35
Figura 19 – Diagrama Elétrico para acionamento de um motor . . . . .	35
Figura 20 – Diagrama em Ladder para acionamento de um motor . . . . .	36
Figura 21 – Ilustração de um sistema com dois CLP's, supervisionado por um sistema SCADA . . . . .	37
Figura 22 – Exemplos de IHM . . . . .	38
Figura 23 – Significa de cada símbolo segundo a ANSI . . . . .	40
Figura 24 – Fluxograma de Manipulação . . . . .	41
Figura 25 – Fluxograma de Envase . . . . .	44
Figura 26 – Diagrama de arquitetura Centralizada . . . . .	48
Figura 27 – Diagrama de arquitetura Descentralizada . . . . .	49
Figura 28 – Sistema SCADA aqusitando dados e transferindo para outras estações de supervisão . . . . .	50
Figura 29 – Planta de uma fabrica de saneantes(vista de corte da produção) . . . . .	51
Figura 30 – Posicionamento e comunicação dos elementos . . . . .	52
Figura 31 – Diagrama do sistema . . . . .	53
Figura 32 – Posicionamento e ligação de um tanque . . . . .	53
Figura 33 – Legenda dos Sensores/atuadores(NBR 8190) . . . . .	54
Figura 34 – Sensor de nível Ultrassônico . . . . .	55

Figura 35 – Sensor industrial de pH . . . . .	56
Figura 36 – Sensor de viscosidade por vibração torcional do pêndulo . . . . .	57
Figura 37 – Sensor de vazão rotor magnético . . . . .	57
Figura 38 – Ilustração de tanque e agitador mecânico . . . . .	58
Figura 39 – Válvula Solenoide . . . . .	58
Figura 40 – Balança de piso industrial . . . . .	59
Figura 41 – Ilustração de CLP com modulos de expansão . . . . .	60
Figura 42 – Criação das tag's no CLP . . . . .	64
Figura 43 – Bloco de inicio . . . . .	64
Figura 44 – Bloco de abertura da válvula e medição de nível . . . . .	65
Figura 45 – Bloco de pesagem . . . . .	66
Figura 46 – Bloco de acionamento do agitador mecânico . . . . .	66
Figura 47 – Bloco de simulação do pH . . . . .	67
Figura 48 – Bloco de simulação da Viscosidade . . . . .	67
Figura 49 – Configuração do IP . . . . .	69
Figura 50 – Configuração do Drive Mprot . . . . .	69
Figura 51 – Tag's de comunicação entre o CLP e o SCADA . . . . .	70
Figura 52 – Tela de Visão Geral . . . . .	71
Figura 53 – Tela Tanque . . . . .	72
Figura 54 – Funcionalidades da Tela . . . . .	72
Figura 55 – Tela Seleção de produtos e volume . . . . .	73
Figura 56 – Nivel de agua e abertura da valvula . . . . .	73
Figura 57 – Tela pesagem . . . . .	74
Figura 58 – Nivel completo e agitadores ativos . . . . .	75
Figura 59 – Analise criterios de qualidade . . . . .	75

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela com informações dos componentes do sistema . . . . .	55
Tabela 2 – Transmissor de nível ultrassônico . . . . .	55
Tabela 3 – Eletrodo pH . . . . .	56
Tabela 4 – Viscosímetro de pêndulo torcional . . . . .	56
Tabela 5 – Transmissor de vazão tipo Rotor magnético . . . . .	57
Tabela 6 – Válvulas do tipo solenoides . . . . .	58
Tabela 7 – Balança industrial comunicável . . . . .	59
Tabela 8 – Tabela Entradas/saídas CLP . . . . .	59
Tabela 9 – Especificação do CLP . . . . .	60
Tabela 10 – Custo de instrumentação . . . . .	79
Tabela 11 – Tabela VPL e TIR de 1 a 6 meses . . . . .	81
Tabela 12 – Tabela VPL e TIR de 7 a 12 meses . . . . .	81

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Descrição do problema</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Questões e objetivos do projeto</b>	<b>15</b>
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Indústria de Saneantes</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Automação Industrial</b>	<b>19</b>
2.2.1	Arquitetura da automação industrial	20
2.2.2	Automação na indústria Saneante	23
<b>2.3</b>	<b>Sensores</b>	<b>24</b>
2.3.1	Medidores de vazão	24
2.3.2	Medidor de nível	25
2.3.3	Célula de carga	26
2.3.4	Medidor de PH	27
2.3.5	Medidor de viscosidade	28
<b>2.4</b>	<b>Atuadores</b>	<b>29</b>
2.4.1	Válvulas Solenoides	29
2.4.2	Agitadores Mecânicos	30
<b>2.5</b>	<b>Controladores Lógicos Promavéis</b>	<b>31</b>
2.5.1	Constituição de um CLP	32
2.5.1.1	Entradas e Saídas	33
2.5.1.2	CPU	33
2.5.1.3	Memórias	33
2.5.1.4	Fonte de Alimentação	34
2.5.1.5	Ciclo de processamento	34
2.5.1.6	Linguagens de Programação	35
<b>2.6</b>	<b>Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)</b>	<b>36</b>
<b>2.7</b>	<b>Interface Homem Maquina (IHM)</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>PLANEJAMENTO DO SISTEMA</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Requisitos do Sistema</b>	<b>39</b>
3.1.1	Requisitos do sistema de Manipulação	39
3.1.2	Requisitos do sistema de Envase	40

<b>3.2</b>	<b>Fluxogramas</b> . . . . .	<b>40</b>
3.2.1	Descrição das etapas do fluxograma de manipulação . . . . .	42
3.2.2	Descrição das etapas do fluxograma de envase . . . . .	45
<b>3.3</b>	<b>Solução Proposta</b> . . . . .	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>ARQUITETURA DO SISTEMA</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Tipos de arquitetura</b> . . . . .	<b>48</b>
4.1.1	Arquitetura centralizada . . . . .	48
4.1.2	Arquitetura descentralizada . . . . .	49
<b>4.2</b>	<b>Sistema Cliente/Servidor</b> . . . . .	<b>49</b>
<b>4.3</b>	<b>Arquitetura dos sistema de automação para uma fabrica de saneantes</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Especificação da instrumentação</b> . . . . .	<b>54</b>
4.4.1	Especificação de instrumentos para uma fabrica de saneantes . . . . .	54
<b>5</b>	<b>DENSENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> . . . . .	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>Desenvolvimento do sistema</b> . . . . .	<b>62</b>
5.1.1	Programação do CLP . . . . .	62
5.1.1.1	Criando as Tag's . . . . .	62
5.1.1.2	Blocos de programação . . . . .	64
5.1.2	Programa SCADA . . . . .	67
5.1.2.1	Comunicação CLP-SCADA . . . . .	68
5.1.2.2	Tag's de comunicação . . . . .	69
5.1.2.3	Programação SCADA . . . . .	70
<b>5.2</b>	<b>Viabilidade Econômica</b> . . . . .	<b>77</b>
5.2.1	Caracterização da empresa . . . . .	78
5.2.2	Viabilidade do projeto . . . . .	79
5.2.2.1	Custo dos equipamentos . . . . .	79
5.2.2.2	Custo/Produtividade . . . . .	79
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>83</b>
	<b>Referências</b> . . . . .	<b>84</b>

# 1 Introdução

A automação pode ser definida como a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana. É realizada utilizando-se um programa de instruções combinado a um sistema de controle que executa as instruções. Para automatizar um processo, é preciso energia não só para conduzir o processo como para operar o programa e o sistema de controle (GROOVER, 2010). Em vista disso, é considerada uma importante aliada da otimização do desempenho dos colaboradores, pois por meio da tecnologia são concebidos indicadores que auxiliam a gestão, acelera processos e remove movimentos manuais dispensáveis garantindo a redução de tarefas que não sejam ergonomicamente aceitáveis, e que não geram valor aos produtos. Sendo assim, automatizar processos descentraliza tarefas, proporciona a autonomia do colaborador contribuindo para a obtenção da eficácia na gestão.

Observando esse conceito de automação, ela se mostra um fator imprescindível para qualquer tipo de indústria que tem em vista o seu crescimento tanto na visão econômica quanto na visão produtiva.

O presente trabalho foi idealizado após um período de trabalho na empresa KLIMP Indústria e comércio, que produz e comercializa produtos saneantes, ao observar a sua produção totalmente manual e arcaica, mostra-se evidente o potencial para um projeto de automação em suas etapas de produção.

Segundo a Lei 6360/76 saneantes são: Substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, em ambientes coletivos e/ou públicos, em lugares de uso comum e no tratamento da água. Saneantes são todos os produtos usados na limpeza, desinfecção, desinfestação e conservação de ambientes, utilizados diariamente em nossas residências, escritórios, estabelecimentos comerciais, hospitais, entre outros.

Na indústria de saneantes a automação se mostra necessária por trazer os benefícios já citados, além de uma maior qualidade de produção e certificação do padrão de qualidade dos mesmos. Almeja-se que esse plano de automação alcance tais objetivos, como minimizar o tempo de produção, aumentar o controle da qualidade dos produtos, diminuir os desperdícios de insumos e, agregando todos esses objetivos, tem-se o objetivo maior de gerar uma contribuição financeira para a empresa.

## 1.1 Descrição do problema

O processo de fabricação de saneantes utilizado pela fabrica KLIMP, é dividido em nove etapas, que são: Recebimento de matéria prima; Armazenagem; Pesagem e separação de matérias primas; Produção; Analises; Envase; Embalagem; Armazenamento; Expedição;

Dentre essas nove etapas, os processos de manipulação (Pesagem, Produção e Analise) e o processo de envase, são os que ditam o ritmo de produção e por consequência a produtividade. Porem a situação atual, essas duas etapas são puramente manuais, o que torna o processo de fabricação lento e com pouco controle. Partindo disso, o presente projeto tem seu foco nessas duas atividades, de modo a obter uma otimização de produção utilizando-se da automação.

Como já mencionado, essas etapas são efetuadas manualmente sem qualquer forma de controle. Serão necessários sensores, atuadores e controladores para realizar as operações automaticamente.

## 1.2 Questões e objetivos do projeto

- Problema proposto: Quais os benefícios da introdução da automação industrial para uma fábrica de produtos saneantes?
- Hipótese Base: Redução dos custos operacionais, redução do tempo de produção, redução do tempo ocioso na linha de produção, aumento da qualidade do produto em fabricação gerando um menor nível de retrabalho, maior controle sobre os gastos de insumos e redução do desperdício de materias primas como de produtos acabados.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é projetar um sistema de automação e controle para uma indústria de saneantes, especificamente nas áreas de manipulação e envase, por serem os gargalos da produção, bem como, realizar a análise do custo de implementação do sistema e sua viabilidade econômica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral deste projeto, procura-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar as vantagens de se utilizar a automação na produção de saneantes, ao invés do trabalho manual;



- Verificar a viabilidade econômica do projeto;
- Analisar soluções para o processo de envase;
- Analisar melhores formas para um aumento da produtividade;
- Projetar um sistema de supervisão e controle para a manipulação.
- Especificar a instrumentação necessária para o projeto.
- Implementar a interface de comunicação entre CLP e SCADA.
- Simular os dados advindos dos sensores.
- Conceber os blocos de programação do CLP

### 1.3 Estrutura do trabalho

O presente projeto foi dividido em cinco etapas:

**Etapa 1: Definição do escopo do projeto e objetivos** Esta etapa consiste na definição e delimitação clara do escopo do trabalho e dos objetivos específicos que devem ser alcançados no projeto.

**Etapa 2: Revisão bibliográfica** Esta etapa consiste na revisão da literatura sobre os diversos elementos que constituem um sistema de automação industrial tais como instrumentação, controladores lógico programáveis, redes de comunicação, sistemas de supervisão e controle entre outros.

**Etapa 3: Definição dos requisitos e elaboração da especificação funcional** Depois de realizada a revisão bibliográfica, deve-se elaborar a especificação funcional do sistema, indicando os requisitos funcionais, como ele deve funcionar em todas as etapas do processo produtivo, respeitando as definições do escopo.

**Etapa 4: Desenvolvimento do projeto de automação industrial** De posse da especificação funcional, o próximo passo consiste na elaboração do sistema de automação industrial através do projeto da arquitetura do sistema, especificação de equipamentos, programação de dispositivos, levantamento dos custos e viabilidade do projeto.

**Etapa 5: Elaboração do Relatório Final** Esta etapa consiste na elaboração do relatório final da disciplina

## 2 Revisão bibliográfica

### 2.1 Indústria de Saneantes

Tem-se por produtos Saneantes, segundo a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão federal responsável pelo registro, notificação, elaboração de normas e padrões relacionados aos saneantes, sendo como: “Substancia ou preparação destinadas à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes, com finalidade de limpeza e afins, desinfecção, desinfestação, sanitização, desodorizarão e odorização, além de desinfecção de água para o consumo humano, hortifrutículas e piscinas” (BRASIL, 2010)

Além dessa definição os produtos saneantes são divididos em duas categorias conforme seu risco ao usuário:

**Risco I:** Produtos de risco mínimo, com pH entre 2 e 11,5 e que não tenham ação antimicrobiana. Para a sua comercialização, precisam apenas de notificação, o que pode ser realizado apenas pelo site da ANVISA.

**Risco II:** Produtos que tenham ação antimicrobiana, como os desinfetantes, os produtos cáusticos (com valor de pH igual ou menor que 2 ou maior que do que 11,5), os desinfetantes(inseticidas e raticidas) e os produtos biológicos a base de microrganismos, cuja comercialização necessita de registro no Ministério da Saúde, por apresentarem maior Toxidade (BRASIL, 2013).

Por se tratar de uma indústria que utiliza insumos químicos sua produção é muito parecida com a indústria química, onde se utiliza de mistura de dois ou mais insumos em um tanque de modo a obter ao final do tempo de agitação um produto dentro das qualidades físico-químicas especificadas.

Para que esses padrões de qualidades sejam atingidos, os processos de fabricação são determinados e organizados, de acordo com o Guia técnico Ambiental da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (CETESB/ABIHPEC, 2000) da seguinte maneira:

**a)Recebimento de matérias-primas:**

Verificação do material recebido por amostragem e análises. Eventuais desconformidades identificadas podem levar à devolução dos compostos aos respectivos fornecedores.

**b) Armazenagem:**

Estoque de matérias-primas, embalagens para os produtos acabados e demais insumos normalmente recebidos em recipientes retornáveis. Pode haver segregação de produtos, por razões de compatibilidade, bem como necessidade de condições especiais de conservação, como, por exemplo, refrigeração.

**c) Pesagem e separação de matérias-primas para produção do lote:**

Para cada produto a ser obtido, as matérias-primas são previamente separadas e pesadas de acordo com as quantidades necessárias, e encaminhadas à produção. Os insumos recebidos a granel e estocados em tanques ou silos podem ser conduzidos ao setor produtivo por linhas de distribuição, dependendo do nível tecnológico da empresa.

**d) Produção:**

Em função da diversidade de produtos e das peculiaridades verificadas em seus processos produtivos, para essa etapa foram desenvolvidos processos específicos por tipo ou grupo de produtos que envolvam operações similares.

**e) Análises:**

Uma vez finalizado, o lote produzido é amostrado e submetido a análises físico-químicas e microbiológicas (quando aplicável), e, após atestada sua adequação, este é encaminhado para envase/embalagem. Nos casos em que o produto acabado não está de acordo com os padrões estabelecidos, o lote poderá ser reprocessado a fim de atender às exigências/padrão de qualidade e reaproveitado na fabricação de outros produtos ou descartado.

**f) Envase/Embalagem:**

Confirmada a adequação do produto, o mesmo é acondicionado em recipientes apropriados e identificados. Esta etapa engloba o acondicionamento de produtos em frascos (plásticos ou de vidro), sacos, bisnagas ou o empacotamento, no caso de sabonetes, por exemplo. Uma vez embalado, o produto é identificado por rótulo ou impressão.

**g) Armazenamento de produtos acabados:**

O produto, já acondicionado em embalagem para comercialização, é encaminhado para a área de armazenamento, onde permanece até que seja enviado ao cliente.

**g) Expedição:**

Ponto de saída dos produtos acabados para o comércio.

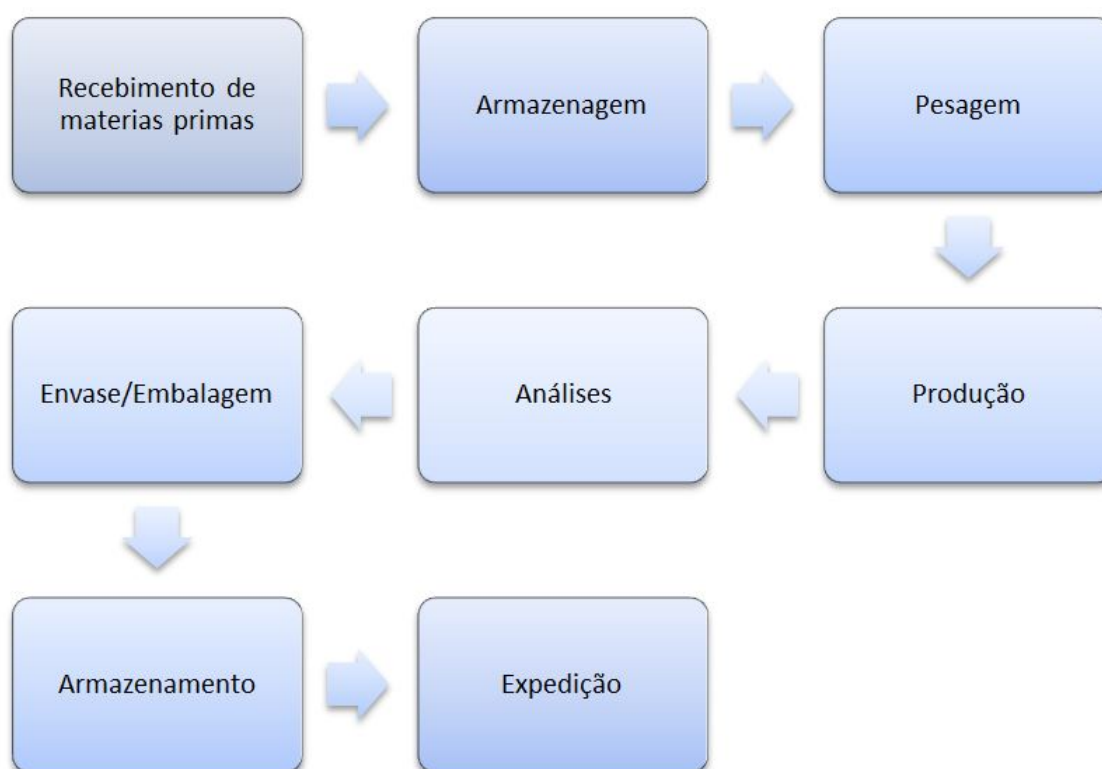


Figura 1 – Processos de Fabricação de Saneantes.

## 2.2 Automação Industrial

Segundo Muraro (1969) desde os primórdios da humanidade, o ser humano possui uma vontade inata de se desenvolver, gerando uma busca infinita por facilidades que tornem a sua vida mais simples e segura. Como prova dessa busca infinita nota-se que viveríamos, como nômades ainda, se o progresso econômico fosse nossa única justificativa para o desenvolvimento.

A partir dessa necessidade humana, é possível observar que a revolução industrial foi um fator natural do desenvolvimento humano. Esta foi a transição para novos processos de manufatura. Esta transformação incluiu a transição de métodos de produção artesanais para a produção por máquinas, motivados pela expansão dos mercados que se tornaram globais e não mais locais. Com o advento da primeira revolução industrial, marco na evolução mundial, surge à possibilidade de expandir a produção e, assim, confeccionar objetos de maior qualidade a preços reduzidos. Para que tais escalas de produção fossem atingidas o uso somente de força braçal não se fazia suficiente, nascia assim, um processo denominado mecanização das etapas de produção, com o objetivo de um aumento significativo na produtividade da indústria. Assim, a mecanização é uma técnica que permite a extensão das funções humanas – que não a cerebral – através de um processo de fragmentação e tem como principal característica a possibilidade de repetição infinita

de determinados movimentos (MURARO, 1969).

Porém ao se observar a mecanização, nota-se que é um processo dependente do homem, pois na mecanização as máquinas são alimentadas e operadas totalmente por um operador e não de forma automática. O que torna a mecanização perigosa, pois os movimentos do operador serão monótonos e repetitivos, os quais podem gerar falhas (SANTOS, 1979).

Segundo Tonial (2010), as lacunas existentes com o advento da mecanização, só seriam totalmente preenchidas na segunda revolução industrial. Lacunas estas, que exigiam novas tecnologias para serem descartadas do processo fabril. Somente com a evolução de tecnologias como a eletrônica, a física e a robótica que se tornou possível cumprir tais falhas, nascia assim então a automação.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho, automação é definida pela seguinte frase “A utilização de máquinas que precisam de pouco ou nenhuma intervenção humana, com intuito de, geralmente, substituir trabalhadores”. Para Muraro (1969), a tecnologia utilizada para realizar a automação utiliza um conjunto de elementos básicos semelhantes aos computadores estas são: uma unidade de entrada (*input*), uma unidade de armazenamento (*storage*), uma unidade central de processamento (*Central Processor*) e por último uma unidade de saída (*output*). Porém tem-se também a definição de Martins (2012) que diz “Um sistema de automação possui os seguintes componentes básicos: Sensoriamento; Comparação e controle; Atuação”. Nota-se que uma visão não se distingue da outra, pois, um *input* será a obtenção de dados através do sensoriamento, o armazenamento e processamento tem-se por comparação e controle, e por final os *outputs* tem-se por a atuação do sistema.

### 2.2.1 Arquitetura da automação industrial

Como o crescimento e o desenvolvimento de novas tecnologias, as novas formas de automação foram sendo divididas em diversos níveis de atuação, onde cada nível é responsável por uma função dentro de um sistema complexo de automação. Criou-se então a pirâmide de hierarquia a automação. Figura 2 ilustra a pirâmide hierárquica:

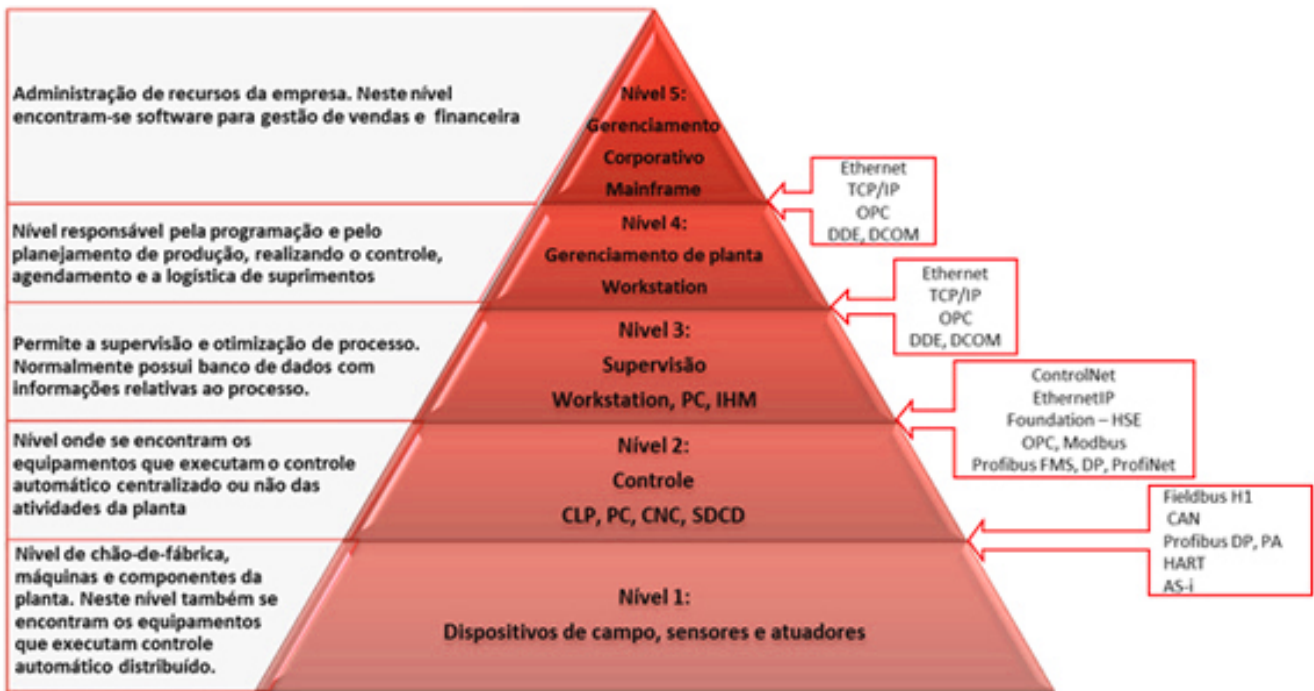


Figura 2 – Pirâmide hierárquica de Automação.

Segundo MORAES e CASTRUCCI (2007), a automação pode ser dividida em cinco níveis de hierarquia, os quais são:

**Nível 1** – Aquisição de Dados e Controle Manual: O primeiro nível é majoritariamente composto por dispositivos de campo. Atuadores, sensores, transmissores e outros componentes presentes na planta compõem este nível, que é conhecido como o chão de fabrica (figura 3).



Figura 3 – Exemplo de chão de fabrica

**Nível 2** – Controle : O segundo nível compreende equipamentos que realizam o

controle automatizado das atividades da planta (figura 4). Aqui se encontram os CLP's (Controlador Lógico Programável), SDCD's (Sistema Digital de Controle Distribuído) e relés.

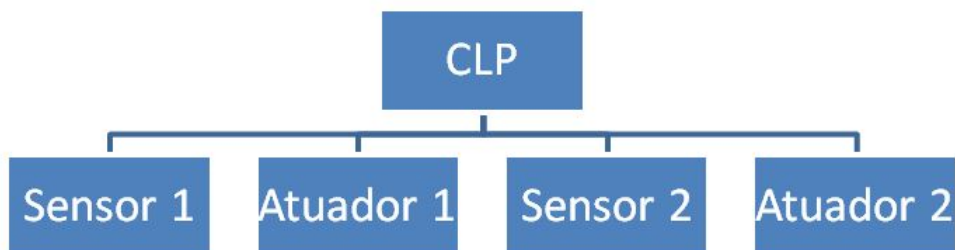


Figura 4 – Exemplo de uma hierarquia de Nível 2

**Nível 3** – Controle de Célula, Supervisão e Otimização do Processo: O terceiro nível destina-se a supervisão dos processos executados por uma determinada célula de trabalho em uma planta. Na maioria dos casos, também obtém suporte de um banco de dados com todas as informações relativas ao processo (figura 5).

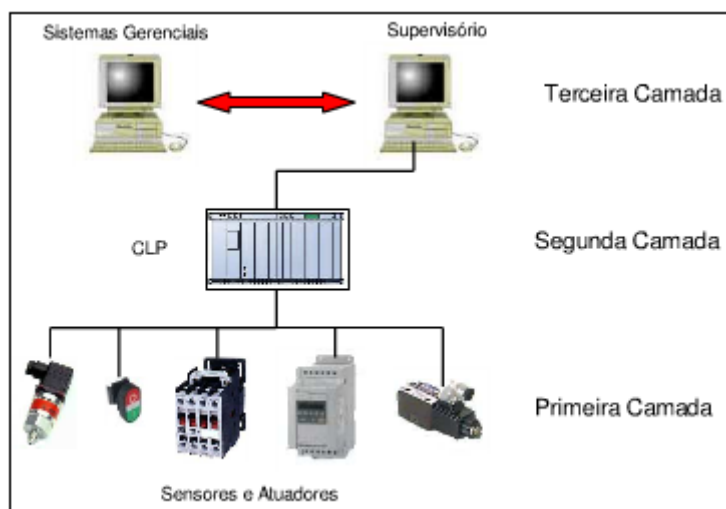


Figura 5 – Controle de célula de trabalho

**Nível 4** – Controle Fabril Total, Produção e Programação: O quarto nível é responsável pela parte de programação e também do planejamento da produção. Este auxilia tanto no controle de processos industriais, quanto também na logística de suprimentos. Pode-se encontrar o termo Gerenciamento da Planta para este nível.

**Nível 5** – Planejamento Estratégico e Gerenciamento Corporativo: O quinto e último nível da pirâmide da automação industrial se encarrega da administração dos recursos da empresa. Neste nível encontram-se softwares para gestão de venda, gestão

financeira, para ajudar na tomada de decisões que afetam a empresa como um todo. Figura 6 ilustra todos os níveis de automação e seus componentes.

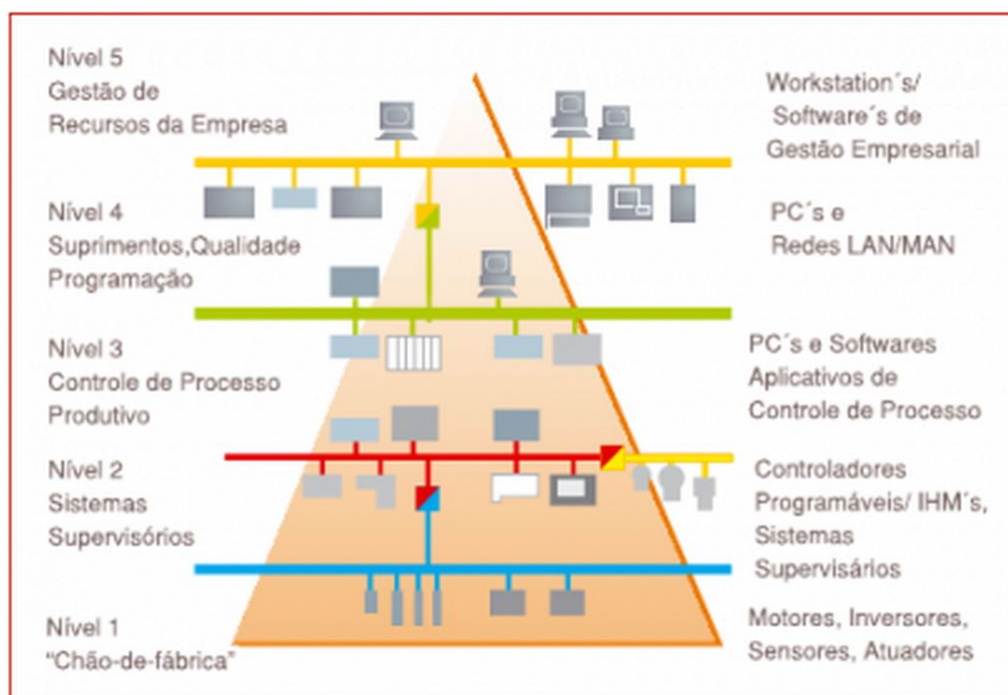


Figura 6 – Níveis de hierarquia e seus respectivos componentes

### 2.2.2 Automação na indústria Saneante

Ao analisar o conceito de automação é visível sua aplicação em qualquer área industrial pois, suas vantagens de aumento da produção, maior qualidade do produto final e seus ganhos econômicos são extremamente apreciados em qualquer seguimento de produção.

Partindo do pressuposto de que automação é aplicável em qualquer área, um projeto de automação industrial na área de saneantes se torna totalmente louvável, pois as vantagens adquiridas com as mesmas são de extrema valia para uma indústria que, possui um rigoroso mercado, o qual exige uma alta qualidade aos produtos oferecidos. O presente projeto aplica os conceitos de automação ao caso de uma fabrica de saneantes de pequeno porte. Para tanto, o foco do projeto será sobre os processos de pesagem, produção, análise e envase. estes serão trabalhados por ser a parte fundamental da fabricação de produtos saneantes.

#### a) Pesagem:

Processo pelo qual o manipulador seguindo uma Ordem de Fabricação emitida pelo químico, separa os insumos nas quantidades especificadas e os adiciona ao tanque de fabricação.



**b) Produção:**

Etapa principal para saneantes. Neste momento ocorre a reação química e produto final é finalizado.

**c) Analise:**

Este processo é de grande importância para saneantes, pois é nesta etapa, que será atestado que o produto contem as especificações de qualidade exigidas.

**d) Envase:**

Etapa final da produção, onde o produto deixa o tanque e é acondicionado nas embalagens de 5 litros.

Para que todas as lacunas do sistema atual sejam preenchidas e, assim os processos sejam otimizados, cada etapa necessitaria de sensores e atuadores específicos. Além de sistemas de controles, como os controladores lógicos programáveis e, um sistema de supervisão.

Como já mencionado anteriormente, sensores e atuadores pertencem ao nível 1 da hierarquia da automação, por serem diretamente ligados ao chão de fabrica. Porém um conjunto de controladores se faz necessário, a fim de criar um sistema automatizado. Por isso, controladores lógicos programáveis devem ser utilizados para controle, cumprindo assim, o nível 2 da hierarquia no sistema. No terceiro nível, um sistema de supervisão e controle, será implementada para controle e aquisição de dados da célula de fabricação.

Deste modo nota-se que, aplicando os níveis aos processos de produção para saneantes, as atividades de manipulação (Pesagem, Produção, Analise) e envase atingirão os níveis 1, 2 e 3. Estas são atividades de chão de fabrica rotineiras que, uma vez implementadas aos CLP's, só necessitarão do comando do manipulador para serem executadas.

## 2.3 Sensores

### 2.3.1 Medidores de vazão

Para Cassiolato e Alves (2008), vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo. A vazão é uma grandeza normalmente medida indiretamente, ou seja, outra grandeza associada à vazão é a grandeza realmente medida, e a vazão é calculada em função do valor obtido. Por isso, o medidor de vazão consiste de um elemento primário, um elemento secundário e um transmissor de vazão. O primeiro é responsável por gerar, através de algum processo físico, uma grandeza mensurável que seja proporcional à vazão que se deseja medir; o segundo é responsável por transformar essa segunda grandeza numa terceira que seja diretamente mensurável; o terceiro é responsável

não apenas por transmitir esse sinal ao dispositivo que vai utilizar a informação (um controlador programável, por exemplo), mas também de executar as conversões necessárias.

Sua unidade no sistema internacional, e dada por ( $m^3/s$ ):

$$Q = v/t$$

Onde V é volume ( $m^3$ ), t é Tempo (seg.)

Por tanto existem vários tipos de medidores de vazão que se utilizam de outras grandezas para medir a vazão propriamente dita, tais como: Geradores de pressão diferencial; Tubos de Pitot; Medidores de área variável; Medidores tipo turbina; Medidores de deslocamento positivo (ou medidores volumétricos); Medidores magnéticos; Medidores ultrassônicos; Medidores térmicos; Medidores de vórtices; Medidores por efeito Coriolis; Medidores em canais abertos; Medidores ópticos; dentre outros (CASSIOLATO; ALVES, 2008). Figura 7 ilustra um exemplo de um medidor de vazão.



Figura 7 – Medidor de vazão do tipo vórtex

### 2.3.2 Medidor de nível

Para Cassiolato e Cesar (2005) um medidor de nível do fluido em um reservatório ou canal, pode ser algo tão simples quanto uma barra graduada inserida no mesmo. No entanto, a medição industrial de nível exige que seja gerado um sinal que possa ser usado para indicação em local remoto ou acionamento de algum circuito eletrônico. Os medidores de nível são em geral classificados de acordo com seu princípio de funcionamento. Um sensor de nível mede a distancia do fluido para a superfície, a partir dessa distancia é calculado o volume, ou seja, litros ou  $m^3$ , para o SI.

Basicamente, os sensores de nível detectam o nível de substâncias contidas em um recipiente. Tais substâncias podem ser líquidas, pastosas, materiais granulares, e pó. A

substância a ser medida pode estar dentro de um recipiente ou pode ser na sua forma natural, como por exemplo, um rio ou de um lago. A medição de nível pode ser tanto de valores contínuos ou pontuais. Para valores contínuos, os sensores atuam dentro de um intervalo especificado e determinam a quantidade exata de substância em um determinado lugar, enquanto o sensor ponto a ponto apenas indica se a substância está acima ou abaixo do ponto de detecção. De acordo com o princípio de funcionamento, os medidores atualmente em uso na indústria podem ser divididos nas seguintes categorias: Flutuadores; Com eletrodos metálicos; Por pressão hidrostática; Capacitivos; Vibratórios; Ópticos; Por onda sonora (Figura:8); Radioativos; Por célula de carga; Com pás rotativas entre outros.(CASSIOLATO; CESAR, 2005)



Figura 8 – Sensor de Nível tipo radar

### 2.3.3 Célula de carga

Células de Cargas podem ser usadas como transdutores de força, podendo ser aplicadas em diversas situações graças a grande diversidade de formas. O princípio de funcionamento normalmente é baseado na variação ôhmica sofrida em um sensor denominado extensômetro elétrico de resistência ou strain gauges, quando este é submetido a deformações. a célula de carga é utilizada por ser precisa e ser versátil em relação ao tamanho das cargas aplicadas. Por exemplo, podem ser usadas tanto para medir o estresse em estruturas como pilares e cabos, como para balanças de precisão (BARBOSA, 2009).

Para um maior controle de estoque e de insumos consumidos, as células de cargas utilizadas em balanças são essências para a indústria de saneantes. Através de sinais elétricos gerados pelos extensômetros submetidos a uma deformação, pode-se quantificar em quilos a massa de determinado objeto, sendo possível repassar essa informação para um banco de dados para análises necessárias, possibilitando assim um maior controle efetivo para uma produção. Sua unidade de medida para o SI é o de massa, quilogramas (Kg). Figura 9 temos exemplos de células de carga e a figura 40 uma balança industrial.

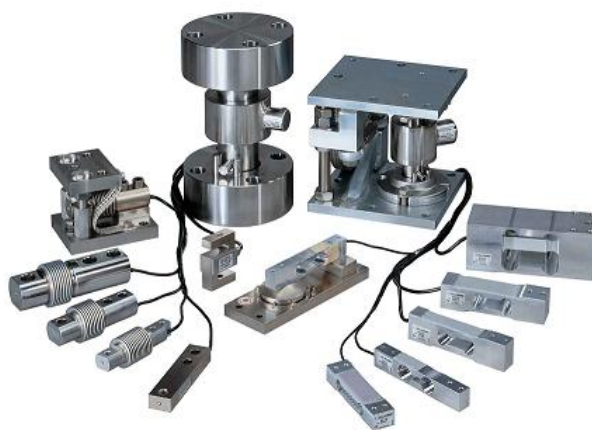


Figura 9 – Células de carga



Figura 10 – Balança Industrial

#### 2.3.4 Medidor de PH

Medidor de pH é utilizado na indústria química para realiza correções e estabilizar produtos. O pH significa "potencial Hidrogeniônico", que em uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. A escala compreende valores de 0 a 14, sendo que o 7 é considerado o valor neutro. O valor 0 (zero) representa a acidez máxima e o valor 14 a alcalinidade máxima. Valores abaixo de zero ou superiores a 14 também podem ser verificados em algumas substâncias. As substâncias são consideradas ácidas quando o valor de pH está entre 0 e 7 e alcalinas (ou básicas) entre 7 e 14 (PERUZZO; CANTO, 2006).

O pHmetro é um aparelho usado para medição de pH, que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro (aparelho medidor de diferença de potencial, figura 11). O medidor de pH é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. A leitura do aparelho é feita em função da leitura dos milivolts, que o eletrodo gera quando é submerso na amostra. Assim, esses milivolts são convertidos para uma escala de pH (SALUD, 2005)



Figura 11 – Sensor de pH

### 2.3.5 Medidor de viscosidade

A viscosidade é a propriedade dos fluidos correspondente ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular. Ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade em que o fluido se movimenta, essa propriedade é associada à resistência que o fluido oferece a deformação por cisalhamento. De outra maneira, é possível dizer que a viscosidade corresponde ao atrito interno nos fluidos devido basicamente a interações intermoleculares, sendo em geral função da temperatura. É comumente percebida como a "grossura", ou resistência ao despejamento. Viscosidade descreve a resistência interna para fluir de um fluido e deve ser pensada como a medida do atrito do fluido. Assim, a água é "fina", tendo uma baixa viscosidade, enquanto óleo vegetal é "grosso", tendo uma alta viscosidade (WASHINGTON, 2012).

A viscosidade é a relação entre a medida da resistência de um fluido sobre uma tensão  $T$  aplicada sobre ele. A relação que pode ser escrita aqui é:

$$\tau = \mu * \Delta u * \Delta m$$

Fazendo a manipulação teremos:

$$\mu = \tau / \Delta u * \Delta m$$

Uma vez que a unidade de tensão no Sistema Internacional de unidades é  $n/m^2$ , a unidade de comprimento é o metro e a de velocidade  $m/s$ , tem-se a viscosidade dada em  $(N/m^2) * (m) * (m/s) = ((N * s)/m^2)$  ou seja, Newton vezes segundo por metro ao quadrado. Mas no SI é comum usar o  $(Pa*s)$  Pascal vezes segundo, uma vez que  $1 Pa = N/m^2$ .

Para Viswanath e Ghosh (2007), em alguns sistemas indústrias, a viscosidade é um fator de qualidade para o produto, como no caso da indústria de saneantes. Pois seus produtos são geralmente líquidos e necessitam de uma determinada viscosidade para agradar o cliente, que associa tal grandeza com uma maior capacidade de limpeza do produto detém. O equipamento que tem a capacidade de quantificar a viscosidade é o viscosímetro. Para exercer sua função existem vários tipos de equipamentos que se utilizam

de formas variadas de tecnologias para medir a viscosidade, como os viscosímetros de tubo; de esfera em queda; de rotação; de vibração e de pistão oscilante entre outros. Para a aplicação industrial que se deseja, onde se faz necessário uma medida *on-line* a tecnologia que melhor se enquadra é a de viscosímetros de vibração. Seu funcionamento é através de uma barra imersa no fluido. Esta vibra com determinada frequência. Diferentes modos operacionais podem ocorrer a fim de determinar a viscosidade do fluido: Medida da amplitude de vibração da barra (figura 12), que é determinada pela viscosidade do fluido; Medida da potência necessária para manter a barra vibrando a uma amplitude constante; Medida do tempo de decaimento da oscilação quando desligada a vibração, quanto maior a viscosidade, mais rápido é o decaimento do sinal (VISWANATH; GHOSH, 2007).



Figura 12 – Sensor de viscosidade por vibração

## 2.4 Atuadores

Devido ao processo industrial para a fabricação de produtos saneantes serem basicamente a reação química de seus insumos, o conjunto de atuadores uteis para esse processo serão apenas válvulas solenoides e agitadores mecânicos. Estes possibilitarão a entrada de insumos e a reação química necessária para a elaboração do produto desejado respectivamente.

### 2.4.1 Válvulas Solenoides

Segundo Lago e Silva (2002), Solenoide é uma bobina de fio em formato espiral em torno de um pistão, normalmente feito de ferro. Assim como em todos os eletroímãs, um campo magnético é criado quando uma corrente elétrica passa pelo fio. Eles têm vantagens sobre ímãs permanentes, pois podem ser ligados ou desligados pela aplicação de uma corrente, o que os faz úteis como interruptores e válvulas e ser totalmente automatizados. Como em todos os ímãs, o campo magnético de um solenoide ativo tem um polo positivo e um negativo que atraem ou repelem materiais sensíveis a ímãs. Assim, o campo magnético faz o pistão mover-se para trás ou para frente, desta forma o movimento é criado por uma bobina do tipo solenoide. Em uma válvula de atuação direta, a corrente elétrica ativa o

solenóide, que puxa em turnos um pistão ou um êmbolo que deveria bloquear o fluxo de fluido. Em algumas válvulas, o campo eletromagnético não age diretamente para abrir o conduto. Em válvulas operadas por um piloto, o solenóide move o êmbolo, criando uma pequena abertura, e a pressão que passa por ela é o que opera a vedação dessa válvula. Em ambos os casos, um fluxo de corrente elétrica constante é necessário por, assim que a corrente for interrompida, o campo eletromagnético se dispersa e a válvula retorna à posição de fechamento original, sendo assim uma válvula solenóide é normalmente fechada, figura13 (LAGO; SILVA, 2002).

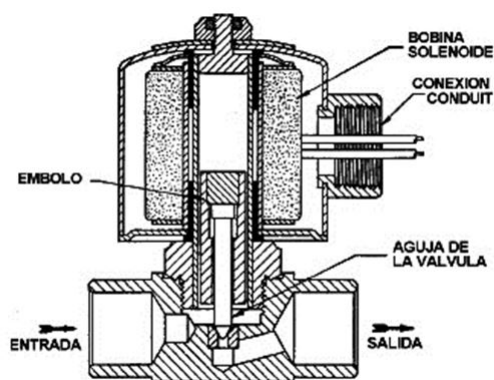


Figura 13 – Funcionamento de uma válvula Solenóide

#### 2.4.2 Agitadores Mecânicos

Agitador mecânico nada mais é do que uma hélice acoplada a um motor elétrico. Ao posicionar a hélice dentro do tanque, o agitador promove agitação em fluidos, líquidos semi-viscosos e material em suspensão, através de movimento circular de hélices. Em algumas bibliografias o agitador mecânico também é citado em conjunto com o tanque, este tem o nome de reator, pois em seu interior devido ao movimento circular realizado ocorrer às reações químicas desejadas. Os agitadores são extremamente importante para a indústria química e por consequência, a indústria saneante, sendo de fato o atuador responsável pela a essência da produção.



Figura 14 – Agitadores mecânicos em uso na indústria química

## 2.5 Controladores Lógicos Programáveis

Segundo a Nema (*National Electrical Manufacturers Association*) CLP's são aparelhos eletrônicos digitais que utiliza uma memória programável para armazenamento interno de instruções para implementações específicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Para Martins (2012), de forma geral, os controladores lógicos programáveis (CLPs) são equipamentos eletrônicos, utilizados em sistemas de automação flexível. Estes permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, podem-se utilizar inúmeros pontos de entrada de sinal para controlar pontos de saída de sinal (cargas), figura15 temos um exemplo de CLP e suas varias entradas.



Figura 15 – CLP Siemens Simatic S7

Antes do surgimento dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), as tarefas de comando e controle de máquinas e processos industriais eram feitas por relés eletromagnéticos, especialmente projetados para este fim. O controle baseado em relés exigia modi-



ficações na fiação, no caso de alterações no processo automatizado, e em muitos casos isso se tornava inviável, sendo mais barato substituir todo o painel por um novo (MARTINS, 2012).

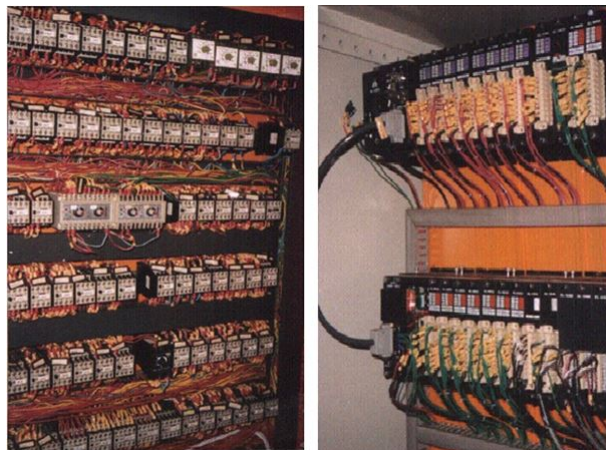


Figura 16 – Comparativo entre um quadro de relés e um quadro com CLP's

O primeiro CLP surgiu na indústria automobilística americana, que até então era um usuário em potencial dos relés eletromagnéticos. Estes eram utilizados para controlar operações sequenciadas e repetitivas numa linha de montagem. A grande vantagem dos controladores programáveis era a possibilidade de reprogramação, permitindo transferir as modificações de *hardware* em modificações de *software*. Conclui-se que desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos. Esta evolução está ligada diretamente ao desenvolvimento tecnológico da informática em suas características de *software* e de *hardware*. O que no seu surgimento era executado com componentes discretos, hoje utiliza microprocessadores e microcontroladores de última geração, usando técnicas de processamento paralelo, inteligência artificial, redes de comunicação, etc. Suas vantagens quando comparado a outros dispositivos de controle industrial são: menor espaço ocupado; menor potência elétrica requerida; reutilização; programável: maior confiabilidade; fácil manutenção; maior flexibilidade; permite interface através de rede de comunicação com outros CLP's e microcomputadores; projeto mais rápido (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

### 2.5.1 Constituição de um CLP

Segundo Fialho (2004) um CLP é constituído por: Entradas e Saídas: Onde serão recebidos e enviados os dados; Unidade Central de Processamento (CPU): onde as informações são processadas; Memória: a qual armazenara o programa e os dados; Uma fonte de alimentação; Abaixo uma figura ilustrando sua constituição (figura 17).

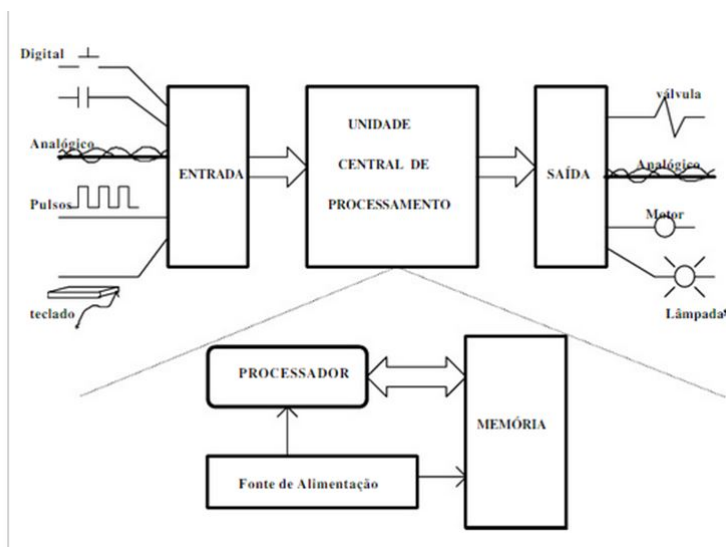


Figura 17 – Constituição do hardware do CLP

### 2.5.1.1 Entradas e Saídas

São os elementos responsáveis por receberem e transmitirem um sinal, sendo ele tanto analógico quanto digital.

As entradas contêm itens tais como, botões, chaves limites e na grande maioria sensores. Tais sensores podem emitir sinal digital, o qual possui obviamente dois estados ligado ou desligado, assim como um sinal analógico, que possui múltiplos estados (FIALHO, 2004). As saídas são dispositivos como solenoides, relés, contadores, partida de motores e etc, que estão conectados a saída do CLP. Analogamente a entrada, a saída possui dois tipos, digitais e analógicas, as quais repassaram o sinal do CLP para o atuador desejado (FIALHO, 2004).

### 2.5.1.2 CPU

É a responsável pela execução e armazenamento do programa aplicativo. Esta recebe os dados através da entrada, realiza a operação lógicas seguindo o programa implementado e atualiza as saídas. Possui um processador, memória de programa, memória de dados, relógio de tempo real, timer e uma fonte de alimentação. A CPU funciona exatamente como um computador manipulando os dígitos binários, sendo 1 para energizado e 0 para desenergizado (FIALHO, 2004).

### 2.5.1.3 Memórias

É um espaço físico destinado a armazenar os dados do sistema. A CPU energiza ou não os bits, dependendo da lógica da operação, cabe então a memória armazenar os bit,

os quais são um padrão de carga elétrica que representam um valor numérico (FIALHO, 2004).

Para Fialho (2004), CLP's possuem dois tipos de memória, RAM (*Random Access Memory*) e do tipo ROM (*Read Only Memory*).

Memórias do tipo RAM: São memórias voláteis, ou seja seus dados são perdidos assim que deixam de serem alimentadas eletricamente. Sua principal característica reside no fato de que os dados podem ser gravados e alterados rapidamente e facilmente. No CLP, acompanhada de uma bateria ou um capacitor, é utilizada para armazenar dados temporariamente.

Memórias do tipo ROM: São memórias especialmente projetadas para manter armazenadas informações, que não poderão ser alteradas. Desta forma, é uma memória somente para leitura e seus dados não se perdem caso ocorra falta de energia. Nesse elemento são armazenados os dados do programa de controle do funcionamento e os dados do programa desenvolvido pelo usuário para determinada atividade.

#### 2.5.1.4 Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação é a responsável por fornecer energia aos elementos eletrônicos internos do controlador. Esta converte a tensão de entrada, geralmente corrente alternada, em corrente contínua e ainda protege os elementos de picos de tensão. Podem possuir baterias para garantir o funcionamento mesmo se tensão de entrada (FIALHO, 2004).

#### 2.5.1.5 Ciclo de processamento

O princípio de funcionamento de um CLP segundo Martins (2012), é semelhante ao de todo sistema microprocessado, baseando-se em três passos:

- 1.) Transfere os sinais existentes na interface de entrada para a memória de dados.
- 2.) Inicia a varredura do *software* aplicativo armazenando-o na memória de dados. Dentro deste ciclo, executará todas as operações que estavam programadas no software aplicativo, como intertravamentos, habilitação de temporizadores/contadores, armazenagem de dados processados na memória de dados, etc.
- 3.) Concluída a varredura do software aplicativo, a CPU transfere os dados processados (resultados das operações lógicas) para a interface de saída. Paralelamente, novos dados provenientes da interface de entrada irão alimentar a memória de dados. A Figura 18 ilustra o ciclo de processamento de cada operação.



Figura 18 – Ciclo de processamento de um CLP

### 2.5.1.6 Linguagens de Programação

A linguagem de programação utilizada por CLP's é regida pela norma IEC 61131-3, a qual possui 5 tipos de linguagens básicas de programação, onde duas são textuais e três são gráficas: Texto Estruturado; Lista de Instruções; Diagrama de Blocos Funcionais; Diagrama Sequenciais; Diagrama Ladder (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Segundo MORAES e CASTRUCCI (2007), a linguagem *Ladder* por conter uma programação bastante intuitiva e de fácil aprendizado, é mais utilizada do que as outras linguagens, se tornando praticamente a linguagem de programação para CLP's. A sua origem advém dos diagramas elétricos em *ladder* (Escada), os quais utilizam a lógica de relês. A seguir, tem-se um diagrama elétrico para acionamento de um motor (figura19), em seguida, temos um diagrama em *Ladder* para o acionamento do motor (figura20), mostrando a origem e a simples compreensão da linguagem *Ladder*.

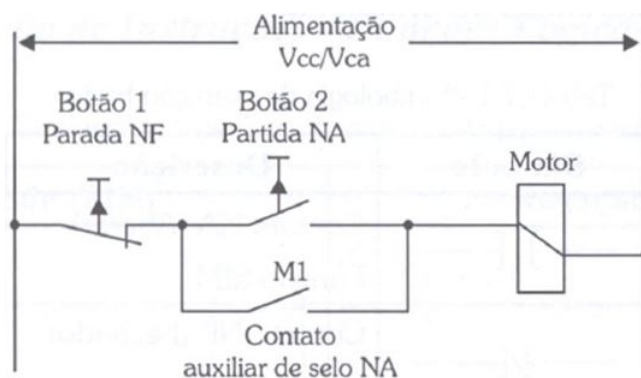


Figura 19 – Diagrama Elétrico para acionamento de um motor

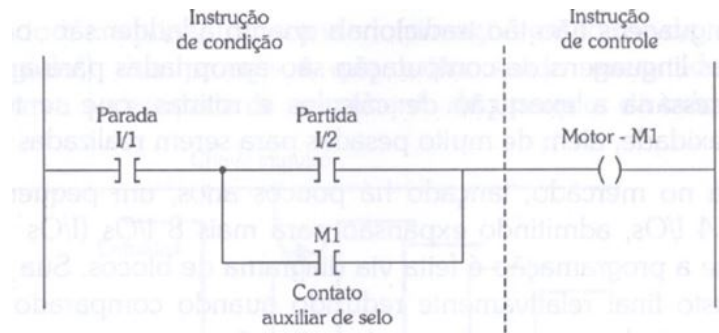


Figura 20 – Diagrama em Ladder para acionamento de um motor

## 2.6 Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

Para Cassiolato (2011), os sistemas de aquisição têm por finalidade obter dados digitais através de medições de grandezas físicas (analógicas), tais como temperatura, pressão, densidade, pH, umidade, posição etc, e vêm sendo incorporados por diversas vertentes, tanto industriais quanto científicas. Uma vez os dados das grandezas físicas acondicionados, estes são trabalhados na forma desejada, podendo serem lidos por controladores ou mesmo computadores, com placas específicas instaladas, e armazenados em diferentes formas, como arquivos de texto, Excel, banco de dados etc.

Abreviadamente SCADA (provém do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*), de forma genérica, um sistema de supervisão é uma ferramenta de software que permite monitorar e controlar partes ou todo um processo industrial. Têm dois módulos básicos: o desenvolvedor e o executável (“*run-time*”). A maioria dos passos de programação é automatizada, suprimindo a maior parte das necessidades de um projeto sem a real necessidade de conhecimento de linguagem de programação. Em casos mais complexos e específicos, onde os passos não estão automatizados, algumas ferramentas incorporam módulos de programação em VBA (*Visual Basic For Applications*) ou VBS (*Visual Basic Script*) (CASSIOLATO, 2011). Um exemplo aplicado a dois CLP’s, e sendo supervisionado e incrementado pode ser visto na figura 21.

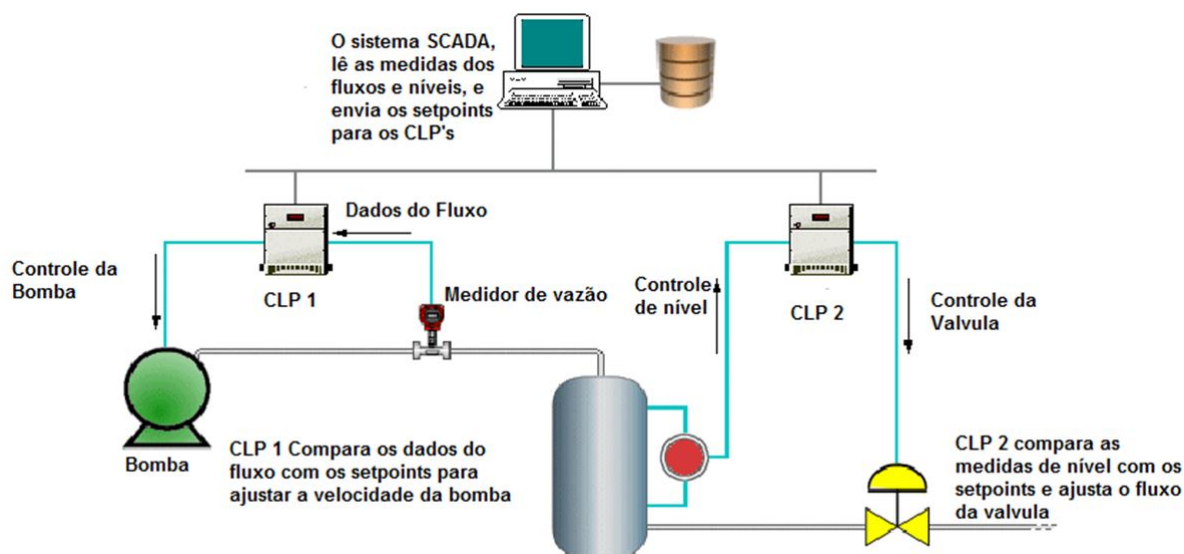


Figura 21 – Ilustração de um sistema com dois CLP's, supervisionado por um sistema SCADA

## 2.7 Interface Homem Máquina (IHM)

A Interface Homem Máquina (IHM) é basicamente todo e qualquer sistema utilizado como sinalizador de eventos ou status de uma máquina. Ainda, segundo IHMs são sistemas supervisórios que surgiram da necessidade de uma interface amigável, eficiente e ergonômica entre sistemas de automação complexos e a equipe encarregada da sua operação. Portanto, devem ser construídas tendo os operadores como usuário final e representar o processo real. Dentre as possíveis funções que uma IHM pode realizar, as mais utilizadas são: Mostrar problemas ou mau funcionamento; Permitir o operador iniciar ou interromper o ciclo; Monitorar níveis; Gerar gráficos; Monitorar tempo de execução; (MARTINS, 2012).

Para Martins (2012), IHM's estão divididas em dois tipos, passivas ou ativas. Passivas são interfaces que não interferem no processo, somente sinaliza que tal ação está ocorrendo, são exemplo dessa categoria lâmpadas e buzinas. Ativas são interfaces que têm a capacidade, de além de monitorar, interferir no processo, possibilitando ao operador iniciar ou interromper tal ação. Podemos notar a presença das duas categorias na figura 22.



Figura 22 – Exemplos de IHM

## 3 Planejamento do Sistema

Conforme abordado no capítulo 2, a automação industrial pode ser aplicável em todos os setores de uma fábrica de saneantes. Porém o presente projeto tem como objetivo criar uma solução para uma fábrica de pequeno porte, onde as principais etapas da fábrica são: pesagem; produção; análise; envase. Ressaltando que essas etapas são responsáveis por gerar os maiores ganhos, tanto econômicos quanto produtivos, ao sistema.

Desse modo, o planejamento do sistema foi criado com o propósito de aperfeiçoar a realização de cada etapa, minimizando gastos e proporcionando um maior controle sobre cada processo. O planejamento se inicia, com o levantamento de todos os requisitos funcionais que o sistema deve cumprir, sendo eles da parte de manipulação ou da parte de envase.

No âmbito da engenharia, um requisito consiste na definição documentada de uma propriedade ou comportamento que um produto ou serviço particular deve atender. Na abordagem clássica de engenharia, conjuntos de requisitos são tipicamente utilizados como informações fundamentais para a fase de projeto de um produto ou serviço, especificando as propriedades e funções necessárias (ou desejáveis) a serem consideradas no desenvolvimento do projeto em questão. (STELLMAN, 2005).

Após o levantamento de todos os requisitos do sistema, e que soluções possíveis se tornaram claras, se mostrando viáveis ou não.

### 3.1 Requisitos do Sistema

#### 3.1.1 Requisitos do sistema de Manipulação

O sistema proposto deve atender os requisitos:

- a) Sinalizar através de interface homem máquina qual produto deverá ser manipulado naquele momento;
- b) Ativar a entrada de água para o tanque especificado e medir a quantidade de água adicionada automaticamente;
- c) Sinalizar qual matéria prima e sua respectiva quantidade devem ser adicionadas pelo manipulador, seguindo a Ordem de Fabricação;
- d) Obter os dados de peso de cada matéria prima adicionada;
- e) Acionar os agitadores mecânicos;
- f) Analisar Ph e viscosidade;



- g) Permitir ou não o envase do produto, após o final dos processos;

### 3.1.2 Requisitos do sistema de Envase

O sistema proposto deve atender os seguintes requisitos:

- a) Iniciar o envase após autorização do sistema de manipulação;
- b) Envasar uma quantidade de embalagens de modo que reduza pela metade o tempo de envase;
- c) Garantir que em cada embalagem contenha 5 litros;
- d) Garantir que a embalagem termine o processo seca;

## 3.2 Fluxogramas

Após levantados os requisitos de funcionamento para cada seção da produção, uma ferramenta que torna a compreensão mais clara, é o fluxograma. Pois, o mesmo além de descrever como cada etapa interage com a anterior e a seguinte, ele demonstra também as tomadas de decisão que cada processo exige. Porém a sua principal função para o projeto é mostrar como cada requisito será cumprido.

ANSI (*American National Standards Institute*), Instituto Nacional Americano de Padronização que, desenvolveu um padrão de diagrama de fluxo vertical que permite melhor analisar as interações e detalhes de cada etapa dos processos. A figura 23 descreve o significado de cada símbolo e suas respectivas cores.

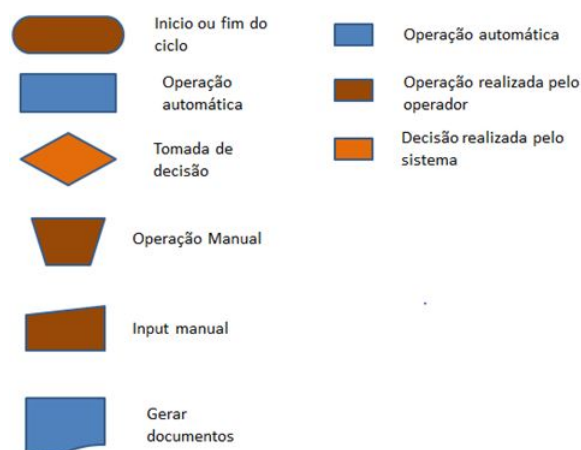


Figura 23 – Significa de cada símbolo segundo a ANSI

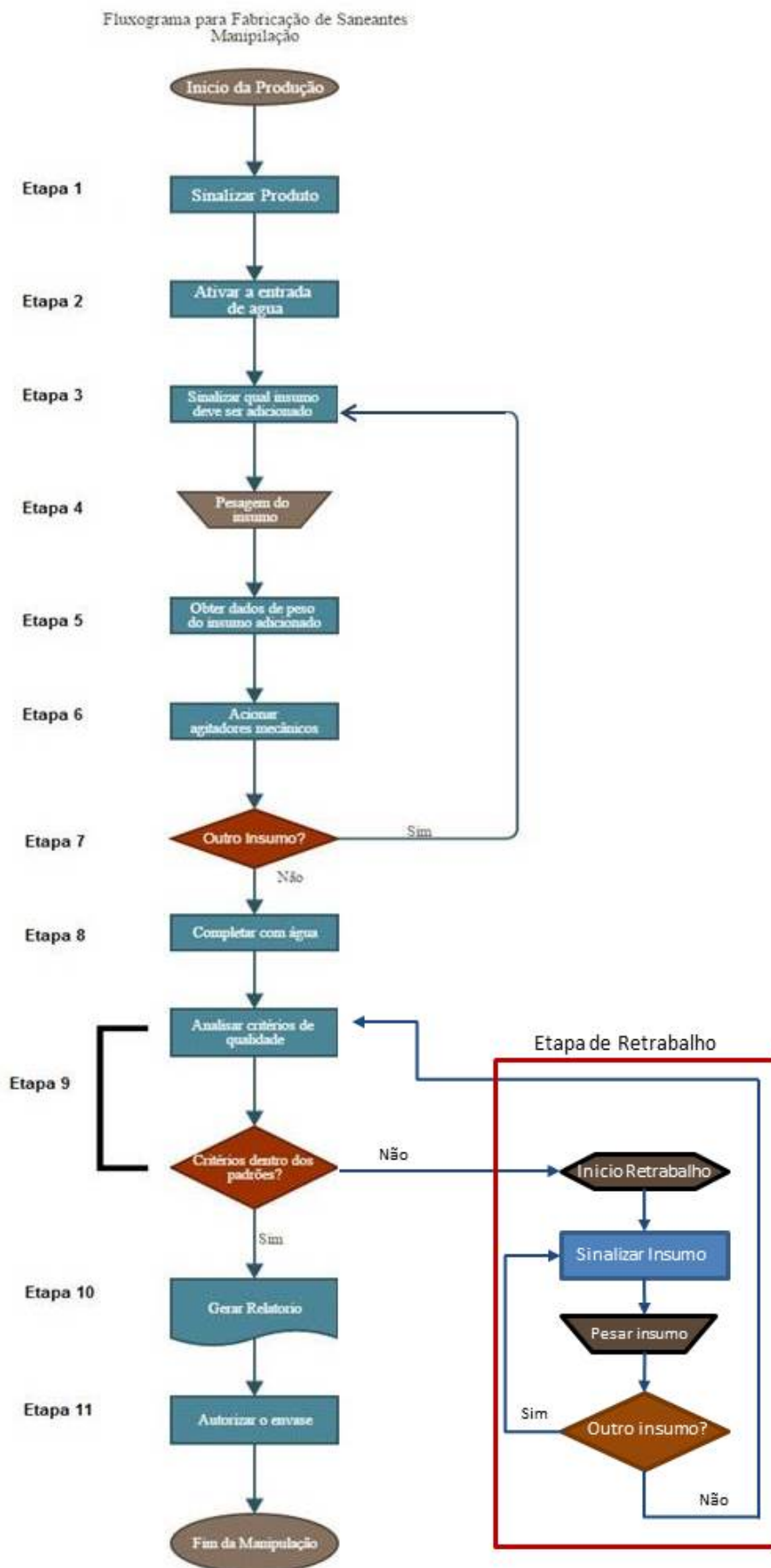


Figura 24 – Fluxograma de Manipulação

### 3.2.1 Descrição das etapas do fluxograma de manipulação

#### **Etapa 1** – Sinalizar produto

Através de uma interface homem maquina, o operador sinaliza para o sistema qual tanque será utilizado naquele momento. Em seguida, escolhe o produto que será fabricado,ressaltando que a ordem de sequencia de produção será previamente estipulada pelo coordenador de produção.

#### **Etapa 2** – Ativar a entrada de água

Após a leitura de qual produto deverá ser fabricado, o sistema ativa por meio de uma válvula solenoide a entrada de cinquenta por cento da quantidade total de água estipulada pela ordem de fabricação para o respectivo tanque de fabricação.

#### **Etapa 3** – Sinalizar qual insumo deverá ser adicionado

Após uma quantidade inicial de agua adicionada ao tanque, o sistema irá sinalizar ao operador qual insumo deve ser adicionado ao recipiente, respeitando a sequencia estipulada pela ordem de fabricação especifica de cada produto.

#### **Etapa 4** – Pesagem do insumo

Operador deverá nesse momento separar o insumo em recipientes adequados de acordo com o seu tipo(baldes milimetrados). Além de estarem em quantidades especificadas pelo sistema, e coloca-lo sobre a balança.

#### **Etapa 5** – Obter dados de peso

Nessa etapa o sistema deve ler os dados gerados pela balança e sinalizar para o operador se a quantidade pesada se encontra dentro da faixa de dez por cento de erro, ou seja, o sistema só deve aceitar medidas com dez por cento para mais ou para menos da quantidade previamente especificada.

#### **Etapa 6** – Acionar os agitadores mecânicos

Após o primeiro insumo ser pesado, o agitador mecânico do respectivo tanque deve ser acionado. Logo após a pesagem do ultimo insumo, um timer será ativado, e ao termino do tempo especificado para o timer, o agitador deve ser desligado. O tempo do timer é previamente configurado de acordo com cada produto.

#### **Etapa 7** – Outros insumos

Nessa etapa o sistema deve ler as informações na ordem de fabricação, referentes ao produto determinado pela etapa 1. E assim tomar a decisão se será necesssario a adição de um novo insumo. Se houver um novo insumo o sistema deve voltar para a etapa 3. em seguida deve realizar as etapas 4,5 e 6 para o segundo insumo. Ou se a ordem de fabricação não necessitar de outros insumos o sistema seguira para a etapa 8.

**Etapa 8 – Completar com água**

Após todos os insumos serem adicionados ao tanque, o sistema deve completar com água até o volume determinado pela ordem de fabricação. Para efetuar essa etapa o sistema deve ler o medidor de nível do tanque e realizar a operação matemática seguinte,

$$V_{\text{água}} = V_{\text{OrdemdeFabricação}} - V_{\text{Tanque}}$$

Para determinar a quantidade de água necessária, e assim completar o volume estipulado pela Ordem de fabricação.

**Etapa 9 – Analisar critérios de qualidade**

Para uma maior eficiência do processo, essa etapa deve ler os sensores de PH e Viscosidade, e comparar as informações obtidas com os critérios de qualidade estabelecidos para o determinado produto. Após essa análise o sistema deve informar se o produto encontra-se dentro da faixa de qualidade. Ao verificado que o produto não contempla os criterios estabelecidos, o processo segue para a etapa de retrabalho. Se o produto estiver dentro dos padrões tem-se inicio a proxima etapa.

**Etapa 10 – Gerar relatório**

Após todas as etapas anteriores cumpridas, o sistema deve gerar um relatório contendo: Volume final produzido de produto; Volume de cada matéria prima adicionada; Tempo de agitação; Rendimento final do produto; Critérios de qualidade medidos pelos sensores; Operador responsável pela produção; Hora e data da produção; Numero do lote produzido; Autorização do químico responsável.

**Etapa 11 – Autorizar o envase**

Nessa etapa o químico responsável pela empresa deve ler o relatório produzido na etapa anterior e, através de uma interface, autorizar por meio de senha o envase do produto acabado.

**Etapa de retrabalho**

Esta etapa tem o proposito de fazer com que os produtos se enquadrem dentro dos critérios de qualidade. Através de uma análise das leituras efetuadas pelo sistema, do critérios de qualidade, o químico responsável deve informar ao operador quais insumos devem ser adicionados ao tanque. Assim como as respectivas quantidades de insumos também devem ser especificadas pelo químico. Cumprindo assim as 4 etapas do bloco de retrabalho. Após os insumos adicionados aos tanques o sistema deve refazer a leitura dos dados, repassando uma nova informação ao químico responsável, gerando um novo processo de retrabalho ou não.

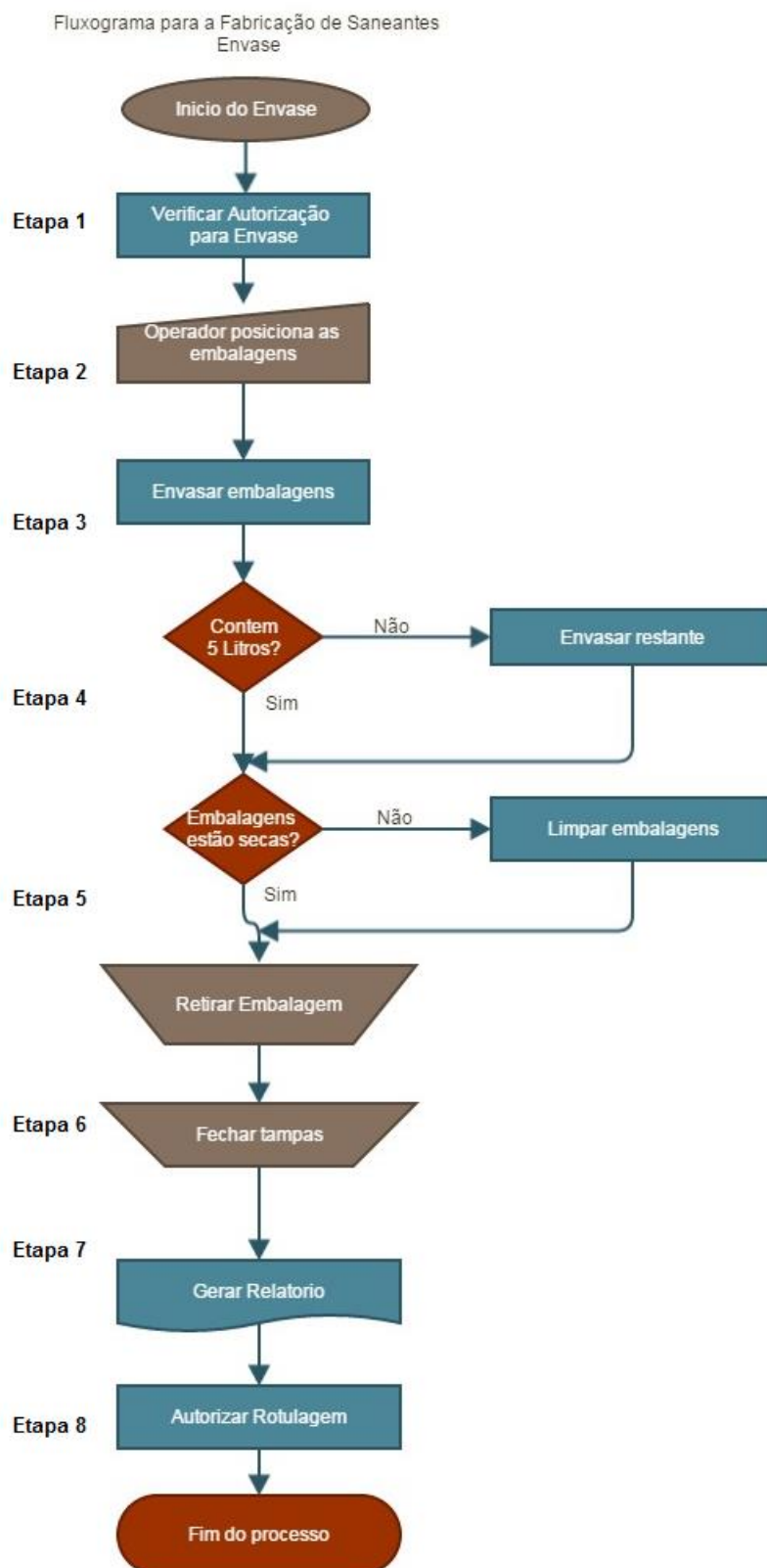


Figura 25 – Fluxograma de Envase

### 3.2.2 Descrição das etapas do fluxograma de envase

#### **Etapa 1 - Verificar autorização de envase**

Através de uma interface homem maquina o operador deverá sinalizar o inicio do envase, porem o mesmo só deverá ocorrer se o sistema realizar a etapa 11 da manipulação. Deste modo, essa etapa consiste em verificar se a autorização de envase foi realizada.

#### **Etapa 2 - Posicionamento das embalagens**

Após o sistema garantir que a autorização de envase foi efetuada deve sinalizar ao operador que as embalagens devem ser posicionadas, para inicio do envase. Através de sensores de posicionamento, o sistema indicara ao operador se as embalagens foram posicionadas corretamente, se não, o sistema irá sinalizar qual embalagem necessita de correção, somente após essa verificação a etapa seguinte poderá ser inicializada.

#### **Etapa 3 - Envasar embalagem**

O sistema deve dar inicio ao envase propriamente dito, cada embalagem devem conter a quantidade especificada do produto no caso 5 litros, através de sensores o sistema deve verificar o volume de produto despejado dentro da embalagem, podendo ser esse sensor de célula de carga ou um medidor de nível. Porém se a medição for realizada por célula de carga o sistema deverá realiza a conversão de peso para volume, obedecendo a seguinte função de densidade:

$$D_{densidade} = m_{massa}/Volume$$

$$V = m/D$$

Como o sistema deve cadastrar a densidade de cada produto a ser fabricado e a massa medida no momento do envase, estabelece assim o volume real envasado.

#### **Etapa 4 - Contém o volume previsto**

Após a etapa 3, o sistema possui as informações de volume de cada embalagem e, após uma verificação deve tomar uma decisão. Se o produto contem os 5 litros especificados, e assim seguir para a próxima etapa. Se não, o sistema deve estabelecer a quantidade que falta para completar o envase e, envasar a embalagem.

#### **Etapa 5 - Vazamento de produto na embalagem**

Após o sistema sinalizar que as etapas 3 e 4 foram concluídas, o operador deve verificar se as embalagens concluíram a etapa 3 sem que o produto transbordasse e, verificar se o maquinário respingou produto fora do bocal da embalagem. Se algum desses fatores tiver ocorrido, a embalagem deve seguir para o local destinado a limpeza de embalagens, do contrario deve prosseguir para a próxima etapa

#### **Etapa 6 - Retirar embalagem**

Após a verificação de limpeza, as embalagens devem ser retiradas do maquinário de envase, podendo essa etapa ser realizada manualmente pelo operador ou automaticamente pelo sistema, através de esteiras.

#### **Etapa 7 - Fechar tampas**

Nessa etapa, todas as embalagens, serão tampadas e lacradas, sendo essa operação sendo realizada manualmente ou automaticamente pelo sistema. Porém, se for uma operação manual o operador deve sinalizar para o sistema quando todas as embalagens forem lacradas, se for automático, o próprio sistema reconhecerá esse término.

#### **Etapa 8 - Gerar relatório**

Após o cumprimento todas as etapas, anteriores serem cumpridas o sistema deve gerar um relatório contendo: Numero total de embalagens envasadas; numero do lote do produto; tempo total de envase; quantidade em litros envasada; Hora e data; Operador responsável pela execução.

#### **Etapa 9 – Autorizar a rotulagem**

Nessa etapa o químico responsável pela empresa deve ler o relatório produzido na etapa anterior e, através de uma interface, autorizar por meio de senha, a rotulagem do produto acabado.

### **3.3 Solução Proposta**

Ao final do trabalho de conclusão de curso 1, foi mencionado que uma possível solução para a manipulação. Essa solução é a utilização de dutos, estes guiarão as matérias primas dos tanques de armazenamento para os tanques de produção, se utilizando de válvulas para realizar o controle para qual caminho o insumo deve percorrer. Além de utilizar sensores de vazão, para possibilitar a medição da quantidade de insumo, que está sendo retirada do respectivo tanque de armazenamento.

Tendo em vista de que a fábrica possui mais de cinquenta tipos diferentes de insumos, e cada insumo necessitaria de um tanque de armazenamento específico, um sensor de vazão e vários dutos de conexão com os tanques de armazenamento. Essa solução se mostra de custo elevado, pois o projeto procura a melhor solução para uma fábrica de pequeno porte.

A solução proposta é a continuidade dos insumos serem adicionados de forma manual. Entretanto o manipulador será guiado por um sistema, através de uma interface homem máquina. Onde ao se pesar cada insumo especificado pelo sistema, os dados de peso seriam gravados no banco de dados automaticamente. O que seria possível através de uma ligação entre a balança e o CLP. Para que outro requisito seja cumprido por essa mesma solução, é necessário o advento de sensores de nível nos tanques de manipulação

e válvulas solenoides. Os quais permitiria que o sistema controlasse a quantidade de água adicionada ao tanque. Completando assim o ciclo de adição de insumos.

Após esse ciclo o sistema dever ligar os agitadores mecânicos automaticamente, e por um tempo determinado para cada produto, finalizando a etapa de produção. Terminado o processo de produção, se inicializa o processo de análise. Analisando os requisitos do projeto, a viabilidade de uma solução se mostrou atraente. Esta seria possível através da realização dos teste *on-line*. Esses seriam possíveis adicionando sensores aos tanques de manipulação, para a medição dos critérios. Informando o químico continuamente, permitindo assim a possibilidade de correções durante a produção, e não ao final da mesma como ocorre atualmente.

De modo a complementar a solução proposta, um sistema SCADA deve ser desenvolvido. Utilizando de varias telas, mostrará a operação dos processos de forma *online*. Possuindo ainda alarmes de controle de tempo e de ocorrências de falhas. E por fim com o advento do sistema SCADA, o projeto informaria por meio de relatórios como os processos estão ocorrendo, facilitando a identificação de possíveis melhorias no fluxo produtivo.

Para o sistema de envase, realizou-se uma pesquisa de mercado para possíveis maquinas envasadoras que atendem os requisitos do projeto levantados, foi encontrada a maquina TEG 500 P, fornecida pela empresa Tecnoenvase.



## 4 Arquitetura do Sistema

### 4.1 Tipos de arquitetura

A arquitetura do sistema é uma ferramenta utilizada para determinar a localização das funções de processamento e aquisição de dados. Podendo ser em uma única unidade central ou em varias unidades pela fabrica, ou ainda, em unidades colocadas junto ao processo. Esta determina o grau de centralização ou descentralização física e/ou funcional do sistema digital. Dessa forma existem diferentes possibilidades de arquitetura para os sistemas digitais de proteção e controle, desde a fisicamente centralizada (sala de controle) ate aquelas com maior grau de descentralização.(FILHO, 2001) Foi caracterizado neste trabalho apenas a centralizada e a descentralizada.

#### 4.1.1 Arquitetura centralizada

Segundo Filho (2001), o processamento do sistema de supervisão e controle é física e funcionalmente centralizado, isto é, realizado numa única unidade computacional. A aquisição de dados para a supervisão e controle é feita por UAC's (Unidades de Aquisição de Dados e Controle) localizadas na sala de controle. A proteção é feita por relés digitais e também são localizados na sala de controle, os relés digitais podem fornecer ao sistema central, através de uma interface serial, informações de eventos, alarmes e atuações. Sua principal desvantagem é o fato de todos os cabos de informações dos atuadores e sensores, devem ser levados para a sala de controle, porém poupam os equipamentos de serem instalados em ambientes insalubres, ilustrados na figura 26.

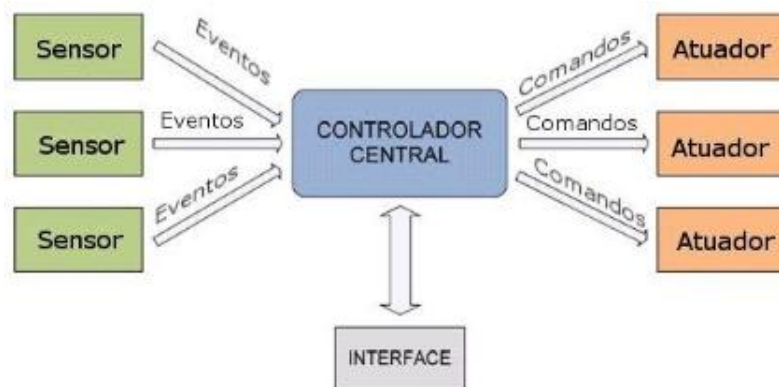


Figura 26 – Diagrama de arquitetura Centralizada

### 4.1.2 Arquitetura descentralizada

Nessa configuração, tanto as UAC's, quanto o processamento das funções de proteção, supervisão, controle e automação, estão localizados no pátio, próximo aos equipamentos. Conseqüentemente, o comprimento dos cabos que interligam os equipamentos é reduzido, não havendo mais a necessidade de levar os cabos até a sala de controle, sua grande desvantagem é que as unidades de processamento ficam expostas a ambientes insalubres para esses equipamentos, a figura (27) ilustra um diagrama de arquitetura descentralizada. (FILHO, 2001)

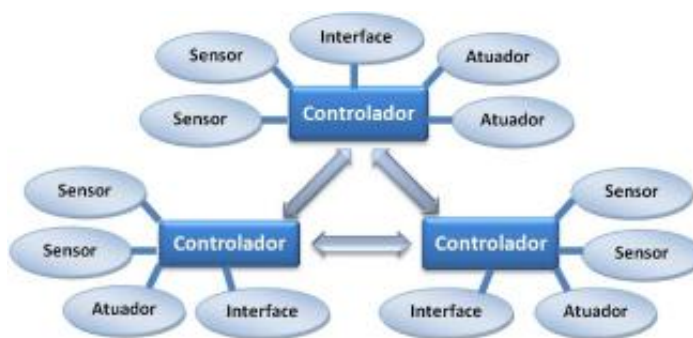


Figura 27 – Diagrama de arquitetura Descentralizada

## 4.2 Sistema Cliente/Servidor

O sistema SCADA possui várias configurações possíveis, porém ao se observar a performance da rede, a melhor configuração se encontra em um sistema SCADA adquirindo os dados dos CLPs e disponibilizando-os para os outros sistemas através de uma rede entre os computadores totalmente independente da rede dos CLPs. Esta transferência de dados entre computadores é feita à grande velocidade empregando rede Ethernet e a filosofia cliente/servidor. A máquina que adquire os dados do CLP passa a ser o servidor de dados para as demais que funcionam como clientes. Uma máquina que apenas monitora os dados e não executa comando recebe uma versão mais barata do software denominada “vista”. Em geral, em uma máquina vista é possível ter todas as funcionalidades de uma máquina SCADA exceto dar comandos (realizar escritas nos CLPs). (CARVALHO, 2003)

De forma análoga ao sistema cliente/servidor o cliente *web* visa disponibilizar os dados do processo através da rede. Porém os clientes ao invés de acessarem os dados através de um software instalado na máquina, eles acessam via browser de internet. Através de um software instalado na estação cliente, pode-se visualizar as telas do processo, gerar relatórios e até realizar comandos no processo. Tem como vantagem a não necessidade de instalação de *softwares* adicionais no micro cliente e pode-se acessar o SSC (Sistema de Supervisão e Controle) através da internet de forma fácil e segura. Permite o fácil acesso através de palms e celulares mais avançados. (CARVALHO, 2003)

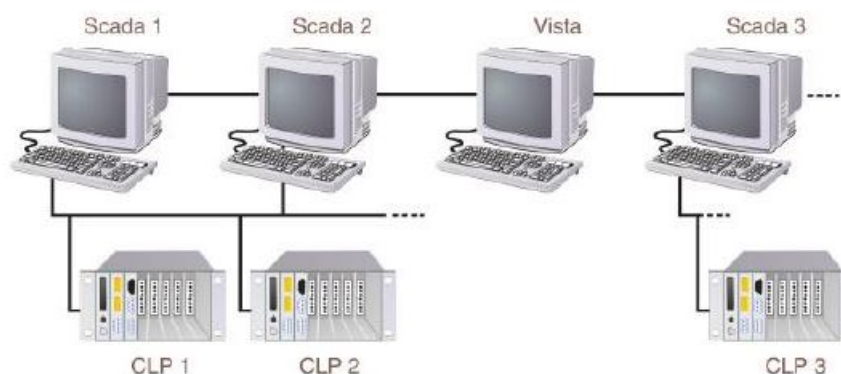


Figura 28 – Sistema SCADA aquisitando dados e transferindo para outras estações de supervisão

Como observado na figura 28, na queda do SCADA 1 o SCADA 2 poderá ativar seu driver de comunicação e começar a fazer a leitura dos dados dos CLPs. Esta arquitetura possibilita que os nós SCADA 1 e SCADA 2 trabalhem em regime de redundância a quente ou hot stand by. O “nó vista” lê os dados do nó SCADA que estiver ativo. O nó SCADA 3 está aquisitando os dados do CLP 3 e pode repassar estes dados para os demais através da rede entre computadores. Ressaltando que separando a rede dos computadores da rede dos CLPs melhora a performance da comunicação com o chão-de-fábrica.

### 4.3 Arquitetura dos sistema de automação para uma fabrica de saneantes

Devido os principais insumos utilizados em uma fabrica de saneantes serem altamente insalubres para as unidades de processamento, além de uma análise de melhor posicionamento dentro do chão de fabrica, uma mescla de arquitetura centralizada com a arquitetura descentralizada foi determinada para o sistema. Desse modo as unidades de processamento devem ser alocadas no laboratório e na sala de pesagem, que são menos insalubres do que o restante da fabrica. O que pode ser observado na figura 29 a seguir.

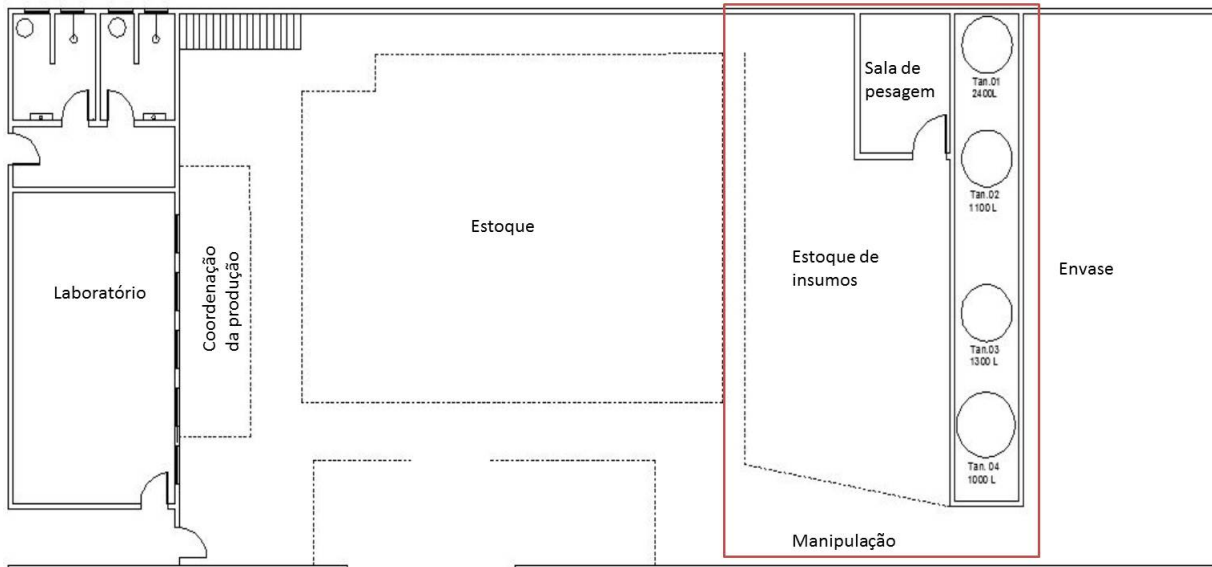


Figura 29 – Planta de uma fábrica de saneantes(vista de corte da produção)

Possibilitando assim, uma configuração da seguinte maneira:

**Uma Estação Servidora SCADA, localizada na Sala de Pesagem(1):**

Será responsável por monitorar e armazenar as informações do tipo: Volume final produzido de produto; Volume de cada matéria prima adicionada; Tempo de agitação; Rendimento final do produto; Critérios de qualidade medidos pelos sensores; Operador responsável pela produção; Hora e data da produção; Numero do lote produzido; Autorização do químico responsável; Lista de produtos produzidos. A unidade de processamento armazena os dados em seu banco de dados, possibilitando gerar relatórios.

**Duas Estações Clientes SCADA localizadas no Laboratorio(2) e na coordenação da produção (5):**

A estação Cliente somente realiza funções de leitura e monitoramento dos processos do sistema.

**Um CLP localizado na sala de pesagem(3):**

Responsável por fazer a leitura e o controle dos dados analógicos e digitais, seguindo as orientações da estação servidora.

**Um CLP localizado na envasadora(4):**

Responsavel por fazer a leitura e o controle dos dados gerados pelo envase.

**Sensores e atuadores localizados em cada tanque:**

Responsáveis por medir as grandezas inerentes ao processo e atuar nelas seguindo a orientação repassada pelo clp.

A partir das premissas acima a figura 30 foi gerada:

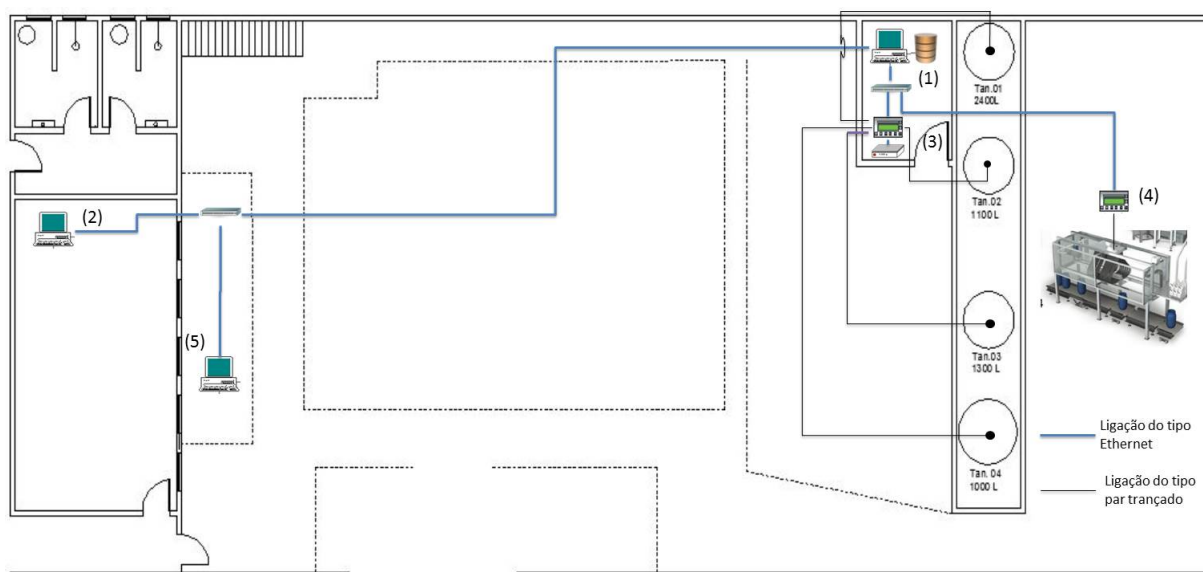


Figura 30 – Posicionamento e comunicação dos elementos

A seguir o diagrama demonstra a arquitetura da rede de automação. Todos os sensores de cada um dos quatro tanques são ligados através de cabeamento par trançado, com sinal de 4 a 20 mA, ao CLP da manipulação, que se encontra na sala de pesagem. Além dos sensores dos tanques, a balança se conecta também utilizando cabeamento de par trançado, com sinal de 4 a 20 mA, ao CLP da manipulação. Este repassa as suas informações por meio de um HUB para a estação servidora SCADA. Devido à utilização de uma máquina envasadora, a presença de um CLP apenas para o envase é necessária, que uma vez que este se conectará ao HUB localizado na sala de pesagem. Ressaltando que tanto o CLP da Manipulação quanto o CLP do Envase utilizam cabeamento do tipo Ethernet e protocolo TCP/IP.

Um segundo HUB foi posicionado na coordenação de produção. O intuito desse HUB é repassar as informações da estação servidora, para as estações clientes. Sendo essas estas estações cliente, *web* ou internas.

A fim de obter uma maior proteção para as informações geradas pelo sistema, um método de redundância de *Hot Stand By*, é proposto. *Hot Stand By* é um método, pelo qual um sistema funciona simultaneamente com o sistema primário. Acontecendo uma falha no sistema primário, o sistema hot stand by imediatamente assume o comando, substituindo o sistema primário. Entretanto, as informações do banco de dados primário são espelhadas em tempo real, ou seja, os dois sistemas possuem informações idênticas. Após a leitura das informações dos CLPs, os servidores repassam a informação para as CPUs clientes, onde apenas se observa os dados.

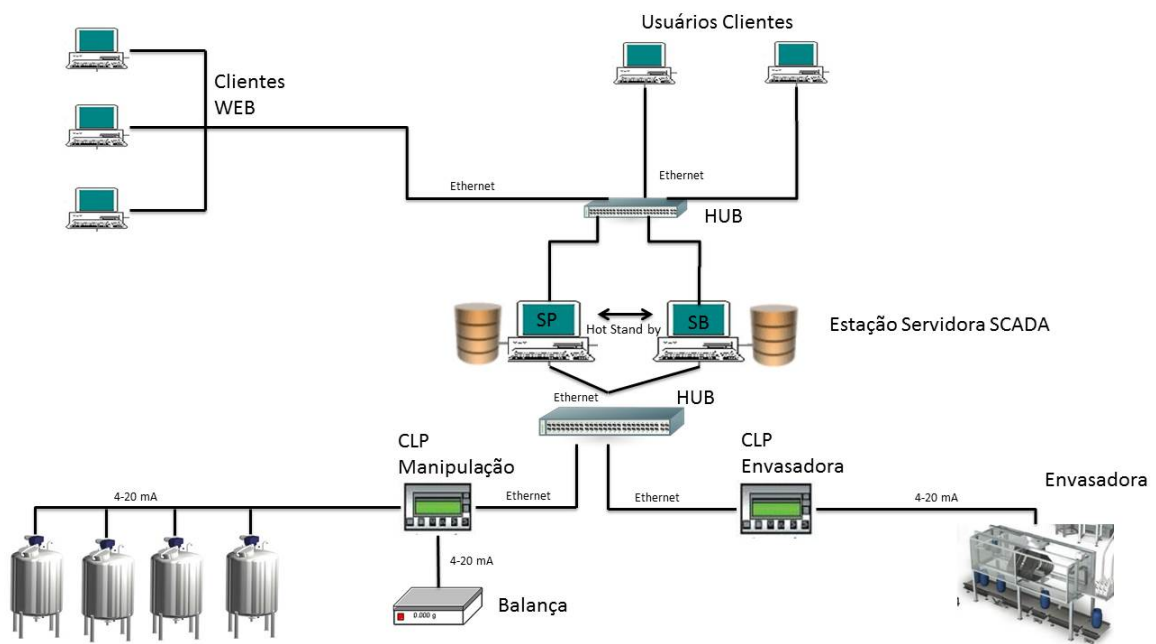


Figura 31 – Diagrama do sistema

Os sensores e atuadores se conectam ao CLP seguindo o padrão determinado pela figura 32. Esse padrão é replicado para todos os quatro tanques. Os sensores e atuadores utilizam a conexão via par trançado e um sinal de 4 a 20 mA.

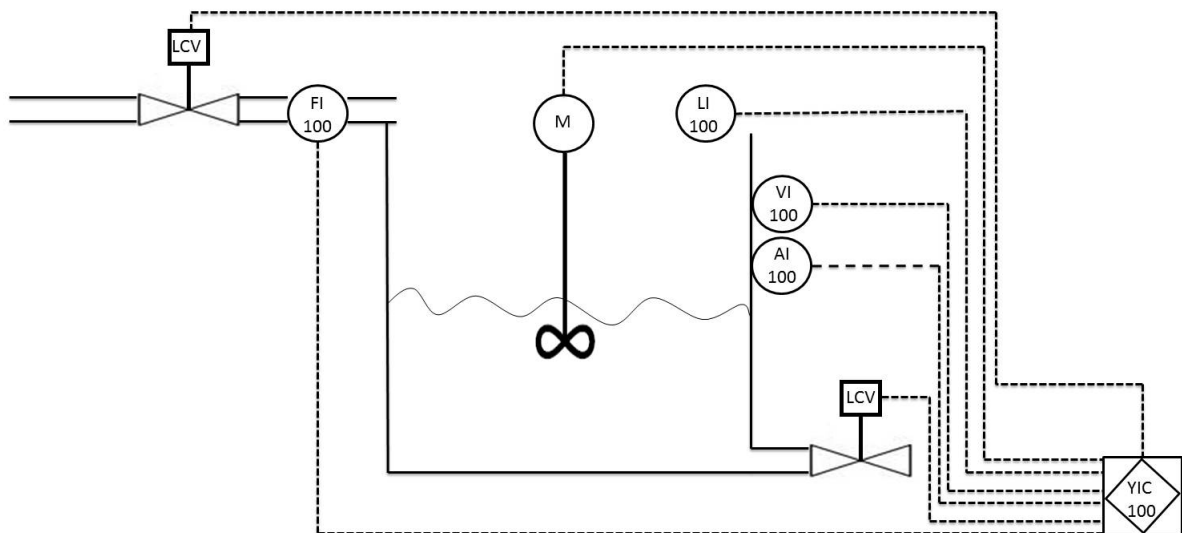


Figura 32 – Posicionamento e ligação de um tanque

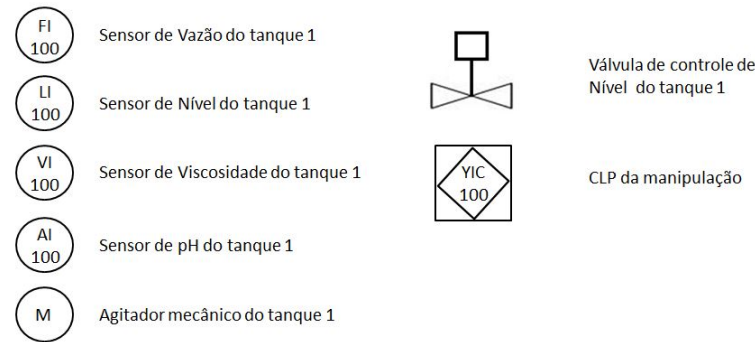


Figura 33 – Legenda dos Sensores/atuadores(NBR 8190)

## 4.4 Especificação da instrumentação

A instrumentação é um dos recursos mais importantes da automação, pois proporciona os meios para a medição das condições do processo e, para a execução de grande parte dos atuadores, além disso, promove os meios de interação com o processo que está sendo controlado e, os processos que estão sendo executados, promovendo o processamento dos sinais iniciais e finais trocados.(SOUZA, 2006)

Os processos automatizados utilizam diversos equipamentos e tecnologias, visando a homogeneidade do desempenho, a fim de garantir uma operação mais segura, um produto final de melhor qualidade e, redução do custo global. Entretanto, para se obter um processo automatizado com essas características de desempenho é necessário que a medição das variáveis controladas seja de alta qualidade. Portanto, a instrumentação tem um papel fundamental nos processos automatizados. Além do mais, é a responsável direta pela coleta de dados que serão transformados em informação e, posteriormente, em conhecimento para a tomada de decisão mais adequada, seja ela baseada na automação ou na iniciativa do operador. Por essa razão, deve ser considerada tão importante quanto o projeto de controladores ou as estratégias de controle.(SOUZA, 2006)

Partindo desses conceitos aqui desenvolvidos, a especificação da instrumentação, se mostra parte importante do plano de automação de uma fábrica de saneantes. Somente determinando uma instrumentação condizente com o projeto é, que os dados serão confiáveis. Possibilitando que o plano de automação tenha total credibilidade para a tomada de decisão e análise dos dados.

### 4.4.1 Especificação de instrumentos para uma fábrica de saneantes

Os sensores e atuadores foram especificados seguindo as necessidades do sistema. Deste modo, eles devem atender os seguintes requisitos: tipo de sinal; quantidade; e posicionamento no sistema. Todos esse requisitos devem estar de acordo com a tabela 4.4.1 abaixo.

Sensor/Atuador	Quantidade	Tipo de Sinal	Posicionamento no Sistema
Sensor de Nível	4	Analógica	Na parte superior de cada tanque
Sensor de Vazão	4	Analógica	Na entrada água de cada tanque
Sensor de pH	4	Analógica	Dentro de cada tanque
Sensor de Viscosidade	4	Analógica	Dentro de cada tanque
Valvula de Abertura	4	Digital	Na entrada de água de cada tanque
Agitadores Mecânicos	4	Digital	Na Parte superior de cada tanque
Balança	1	Analógica	na sala de pesagem

Tabela 1 – Tabela com informações dos componentes do sistema

### Sensor de Nível

Transmissor de nível ultrassônico	
Grau de proteção	IP65
Sinal de saída	4 a 20 mA
Alimentação	12 a 32 vcc
Faixa de medição	15 cm a 5,4 m
Conexão elétrica	1/2" NPT
Precisão	$\pm 0,25\%$
Resolução	$\pm 3mm$
Gama de temperatura	$-20^{\circ}a60^{\circ} C$
Pressão	2 bar (25°C)
Sonda	PVDF
Feixe	8° cônico

Tabela 2 – Transmissor de nível ultrassônico

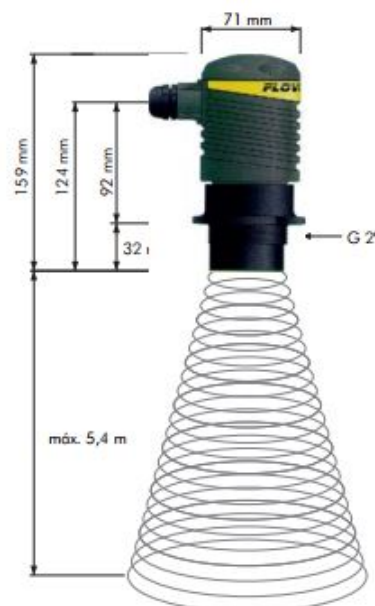


Figura 34 – Sensor de nível Ultrassônico



## Sensor de Ph

<b>Eletrodo pH</b>	
Faixa de medição	0 a 14 pH
Faixa de temperatura	0 a 80°C
Tipo de Referencia interna	<i>Ag/AgCl</i>
Eletrólito de referência Refilável	3m KCl solução
Presão máx.	8 bar(25°C)
Sinal de saída	4- 20 mA
Alimentação	12 a 32 Vcc

Tabela 3 – Eletrodo pH



Figura 35 – Sensor industrial de pH

## Sensor de Viscosidade

<b>Viscosímetro de pêndulo torcional</b>	
Faixa de medição	0 a 50 mPa*s
Precisão	± – 2%
Resolução	±0.1mPa * s
Temp. máx do fluido	170°C
Proteção	IP65
Sinal de saída	4- 20 mA
Alimentação	115 a 230 Vac

Tabela 4 – Viscosímetro de pêndulo torcional



Figura 36 – Sensor de viscosidade por vibração torcional do pêndulo

### Sensor de Vazão

Transmissor de vazão tipo Rotor magnético	
Grau de proteção	IP65
Sinal de saída	4 a 20 mA
Tubulação de entrada	2"
Alimentação	12 a 32 vcc
Faixa de medição	0,1 a 6m/s
Conexão elétrica	1/2" NPT(F)
Precisão	±0,5%
Pressão/temperatura max. De operação	12,5 bar a 20° C e 1,7 bar a 85°C

Tabela 5 – Transmissor de vazão tipo Rotor magnético



Figura 37 – Sensor de vazão rotor magnético

### Agitador mecânico

Os agitadores mecânicos já se encontram instalado nos tanques. A mudança que a automação vai gerar é na parte do controle, a qual será feita através de relés acionados pelo CLP.

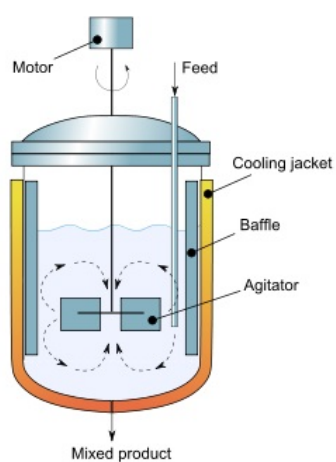


Figura 38 – Ilustração de tanque e agitador mecânico

### Válvula de abertura

Válvulas do tipo solenoides	
Conexão de entrada	2"
Temperatura máx.	50°C
Normalmente Fechada	
alimentação	24 Vca
Pressão de operação	0,4 a 10 Bar
Vazão min e máx	9000 l/h a 27000 l/h

Tabela 6 – Válvulas do tipo solenoides



Figura 39 – Válvula Solenoide

### Balança

<b>Balança industrial comunicavel</b>	
Alimentação	110 a 230 Vac
Faixa de medição	0 a 300 kg
Sinal de saída	4 a 20 mA
Resolução	5 gramas

Tabela 7 – Balança industrial comunicavel



Figura 40 – Balança de piso industrial

### CLP da manipulação

Os dados de entradas e saídas para a especificação do CLP obedecem a tabela a seguir:

<b>Sensor/Atuador</b>	<b>Tipo de Entrada/saída</b>	<b>Quantidade</b>
Sensor de Nível	Analógica	4
Sensor de Vazão	Analógica	4
Sensor de pH	Analógica	4
Sensor de Viscosidade	Analógica	4
Valvula de Abertura	Digital	4
Agitadores Mecânicos	Digital	4
Balança	Analógica	1

Tabela 8 – Tabela Entradas/saídas CLP

Desse modo temos no total, 17 entradas analógicas e 8 saídas digitais. De acordo com uma pesquisa de mercado, não foram encontrados CLP's que possuam essa quantidade de entradas analógicas, sem os módulos de expansão. O que exige uma configuração CLP+Módulo de expansão.

CLP manipulação	
Alimentação	12 a 24 Vcc
Entradas digitais	6
Entradas analógicas	2 + (módulo de extensão)
Saídas Digitais	8
Temporizadores	16
Contadores	16
Programação horária	16
Comparadores analógicos	12
Linhas de programação	400
Módulos de extensão possíveis	3
Entradas analógicas (extensão)	8
Níveis de detecção	"0": 0-4Vcc / "1": 8-26,4 Vcc
Entradas analógicas	4 a 20 mA
Comunicação	Ethernet 100 Base TX
Linguagem de programação	DL(Diagrama <i>Ladder</i> )

Tabela 9 – Especificação do CLP

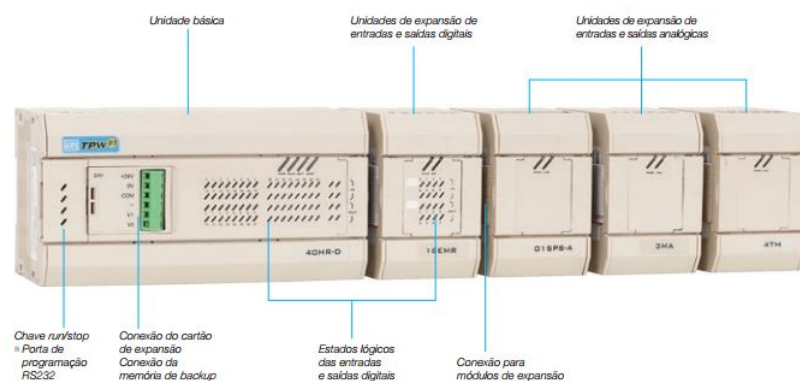


Figura 41 – Ilustração de CLP com módulos de expansão

## CPU

O sistema irá contar com três computadores, um posicionado no laboratório, que será uma estação cliente. Um posicionado na coordenação de produção, sendo esta a segunda estação cliente. E a outra posicionada na sala de pesagem, que será a estação servidora.

A estação servidora deve ter capacidade para armazenar todos os dados do sistema em um banco de dados, deve ser capaz de todo o processamento gerado pelo programa SCADA. Além de informar ao operador tudo o que está acontecendo momentaneamente em todas as estações de trabalho.

A estação servidora deve obter as informações do CLP e balançar e repassar-las para

a rede, deve mostrar as próximas operações que o operador deve efetuar assim como as quantidade cada insumo, sinalizar avisos de tempo de agitação entre outros.

### **CLP do Envase**

O CLP do envase vem acoplado à maquina TEG 500. esse CLP deve ser capaz de se comunicar com a estação servidora, transmitindo *online* as informações de quantas embalagens foram envasadas. Além da transmissão de qualquer problema na operação.

# 5 Desenvolvimento do Projeto

## 5.1 Desenvolvimento do sistema

O objetivo principal desse projeto é propor um plano de automação para uma fábrica de saneantes. Que esse plano seja o máximo possível abrangente, afim de solucionar todos os problemas resultantes das operações manuais. Operações essas que, ocorrem sem grandes controles, o que acaba limitando tanto a qualidade, quanto a produtividade da empresa.

A fim de alcançar o objetivo proposto, foi elaborado um programa de supervisão e controle utilizando o software Elipse E3. Este segue os requisitos de projeto, cumprindo cada etapa do processo de fabricação.

Para que a solução desenvolvida no projeto fosse semelhante a realidade, todos os sensores e atuadores especificados devem estar na simulação. Porém, devido ao custo financeiro para obtenção dos sensores e atuadores, utilizou-se de simulações de sinais de entrada, a fim de gerar o programa funcional do projeto. Deste modo, os dados de volume de água adicionado ao tanque, nível do tanque, volume/peso de cada matéria prima, tempo de agitação, valor de pH e valor de viscosidade foram todos simulados dentro de uma programação no CLP Siemens S7-1200. A utilização desse modelo de CLP é devido à disponibilidade do mesmo no laboratório de sistemas hidráulicos e pneumáticos, da Universidade de Brasília-campus Gama. Este possui 16 entradas digitais, 16 saídas digitais, 2 entradas analógicas e 1 saída analógica, com a possibilidade de instalação para módulos de expansão de entradas e saídas analógicas.

### 5.1.1 Programação do CLP

Para a programação do CLP foi utilizado o Software TIA Portal V12 com o módulo S7 da Siemens.

#### 5.1.1.1 Criando as TAG's

Tags são todas as variáveis (numéricas ou alfanuméricas) envolvidas num aplicativo. De forma prática são nomes dados aos endereços das variáveis físicas e de memória do sistema. Utilizando de algumas nomenclaturas para especificar qual tipo de variável a tag está relacionada. A seguir, temos a nomenclatura utilizada pela Siemens.

**I:** Variável de entrada digital

**Q:** Variável de saída digital

**M:** Variável de memória de valor Boleano

**MW:** Memória de valor inteiro

**MD:** Memória de valor real

**AI:** Variável de entrada analógica

**AQ:** Variável de saída analógica

**C:** Contador

**T:** Timer

Dependendo do valor do dado, as tag's possuem uma especificação, podendo ser de vários tipos como: *Booleana; Byte; Word; Int; Real; String e Time*. O trabalho faz uso de duas nomenclaturas de tag. Tag's do CLP, estas utilizadas para designar endereço das variáveis no controlador e, Tag's de comunicação, utilizadas para designar o endereçamento da comunicação.

Em seguida temos o endereçamento das tag's. Seguindo o critério do tipo "endereço.numerodobit", conforme o exemplo a seguir: M12.5. Cada endereço possui 8 bit para alocação de memória. As tag's podem ser físicas ou de memória. Quando físicas, estas correspondem a variáveis fisicamente ligadas ao CLP, podendo ser de entrada ou saída. Um exemplo de uma Tag física é o agitador mecânico que possui sua tag endereçado do tipo Q0.1. Assim, o CLP faz a conexão fisicamente com a tag. As do tipo memórias são variáveis criadas dentro do CLP para simular um botão, ou qualquer tipo de variável desejada que não necessite de conexões físicas. Um exemplo desta é o "selo\_ligar", com o endereçamento do tipo M12.4, serve para energizar todos os blocos do sistema, tirando a necessidade de uma conexão física para realizar o mesmo.

Como não foi possível à implementação dos sensores e atuadores no sistema, uma simulação é gerada para corresponder ao sinal analógico que este geraria.

Desse modo, foram geradas as tag's do sistema, conforme a figura (42).



PLC tags				
	Name	Tag table	Data type	Address
1	Botao_ligar	Default tag table	Bool	%M12.2
2	Botao_desligar	Default tag table	Bool	%M12.3
3	Selo_ligar	Default tag table	Bool	%M12.4
4	LCV_1	Default tag table	Bool	%Q0.0
5	ON_BALANCA	Default tag table	Bool	%M12.7
6	Reset_BALANCA	Default tag table	Bool	%M13.0
7	ON_Agua	Default tag table	Bool	%M13.1
8	M	Default tag table	Bool	%Q0.1
9	Reset_agua	Default tag table	Bool	%M13.2
10	PH	Default tag table	Int	%MW20
11	VISCO	Default tag table	Int	%MW22
12	ON_PH	Default tag table	Bool	%M12.0
13	ON_VISCO	Default tag table	Bool	%M12.1
14	Reset_PH	Default tag table	Bool	%M13.7
15	Volume(1)	Default tag table	Int	%MW15
16	P_insumo	Default tag table	Int	%MW18
17	On_motor	Default tag table	Bool	%M12.5
18	Reset_visco	Default tag table	Bool	%M12.6

Figura 42 – Criação das tag's no CLP

- Tag's do tipo M12.2, são tags de memória, do tipo booleanas, utilizadas para o controle do sistema.
- Tag's do tipo MW15, são tag's de memória, do tipo inteiro, utilizadas para simular os valores dos sensores.
- Tag's do tipo Q0.0, são tag's de sinal digital de saída, do tipo booleano, utilizadas para simular as saídas digitais do CLP.

Além das tag's, algumas variáveis podem ser utilizadas para efeitos de cálculos dentro da programação. Estas utilizam o símbolo de # para sua nomenclatura.

#### 5.1.1.2 Blocos de programação

A linguagem *Ladder*, como mencionado no capítulo 2, utiliza blocos de programação, para realizar cada etapa do processo. Deste modo, foram criados os blocos para cada etapa necessária para o controle do sistema.

##### Bloco de inicio

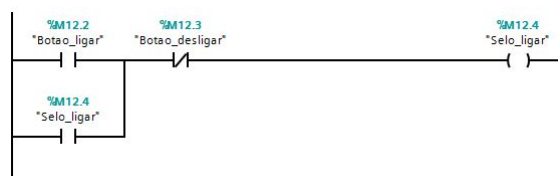


Figura 43 – Bloco de inicio

Esse bloco utiliza uma chave de inicio, "Botão ligar", uma chave de termino "Botão-desligar". Tanto a chave de inicio, quanto a chave de termino do sistema ativam ou desativam o selo responsável por iniciar o sistema.

### Bloco de abertura da válvula e medição de nível

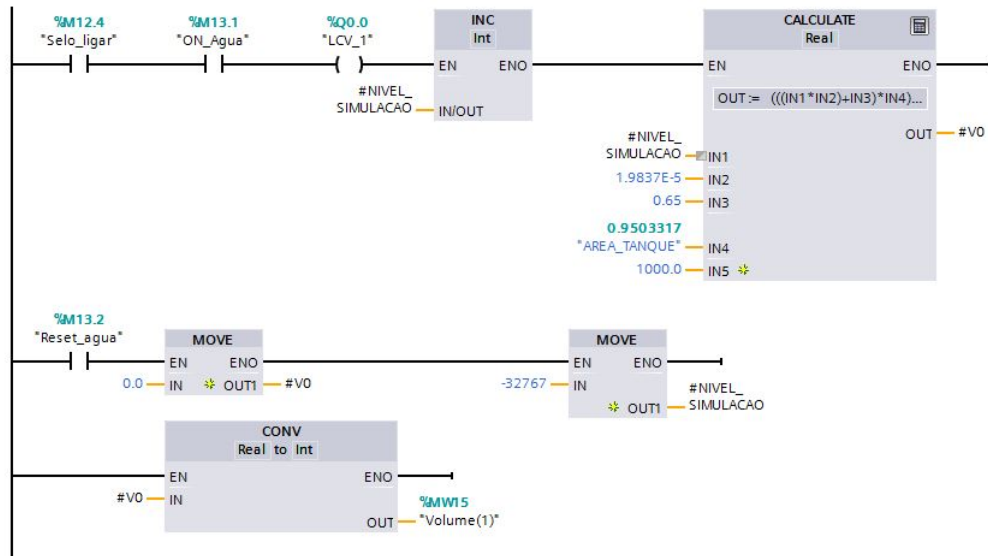


Figura 44 – Bloco de abertura da válvula e medição de nível

Esse bloco tem uma chave de inicio "On\_agua". Que ativa a abertura da válvula solenoide "LCV\_1". Em seguida, inicia a simulação da leitura do sinal do sensor de nível.

Para simular os sinais de entradas analógicas dos sensores, foram utilizados blocos do tipo "Inc". A função desses blocos é criar um incremento, adicionando 1 ao valor anterior a cada 10 mS, partindo de -32767 até 32768. Valores estes que são o range de operação do CLP Siemens. Deste modo, criando um sinal do tipo rampa.

Em seguida, o bloco do tipo "Calculate" realiza a operação matemática para transformar o valor do incremento em uma escala, de acordo com a escala de cada sensor. Neste caso, a simulação é para o sensor de nível, o bloco "Calculate" transforma o sinal do incremento em um sinal de 0 até 1000, ou seja o volume do tanque 1.

A próxima linha utiliza a chave "Reset\_agua", para quando necessário, reiniciar os valores das variáveis do incremento e do valor de saída do bloco "Calculate". Utilizando assim do bloco "move", o qual move um valor pré-determinado para a variável escolhida.

A ultima linha de comando, utiliza o bloco do tipo "Conv" para converter o valor da variável real "#VO" gerada pelo bloco "Calculate", para a tag "Volume" do tipo "int", possibilitando assim o sistema SCADA fazer uma leitura correta dos dados. Isso ocorre devido ao *software* Elipse E3 somente ler dados do tipo inteiro.

### Bloco de pesagem

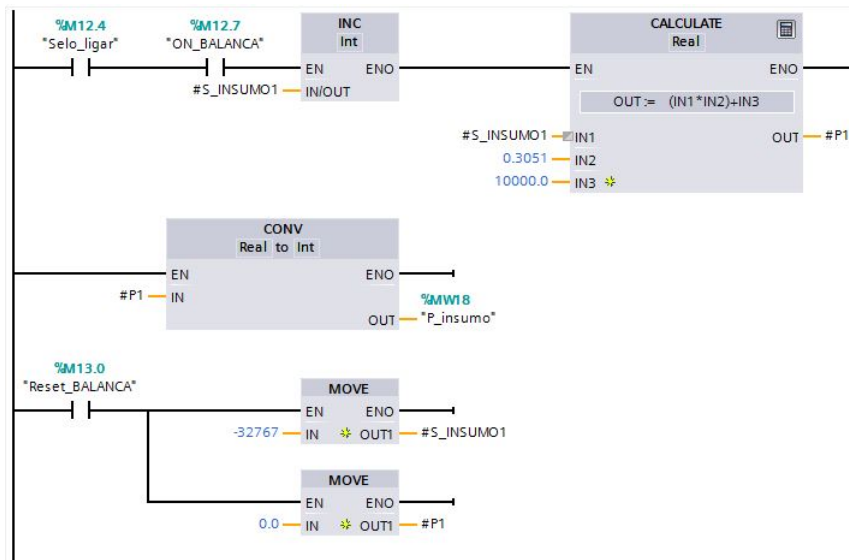


Figura 45 – Bloco de pesagem

Utilizando das mesmas funcionalidades dos blocos de programação *ladder*, que foram empregados para a simulação de nível, o bloco da pesagem simula um valor para os dados da balança.

### Bloco do agitador mecânico



Figura 46 – Bloco de acionamento do agitador mecânico

O agitador mecânico, quando acionado a chave "On\_motor" é ligado através da saída digital "M". Esta chave, tem seu acionamento relacionado ao sistema de supervisão e controle.

Os agitadores mecânicos devem funcionar por um determinado tempo especificado na ordem de fabricação. A função timer poderia ser utilizada porém, a escolha de projeto foi realizar essa ação no sistema de supervisão.

### Bloco de simulação do pH e Viscosidade

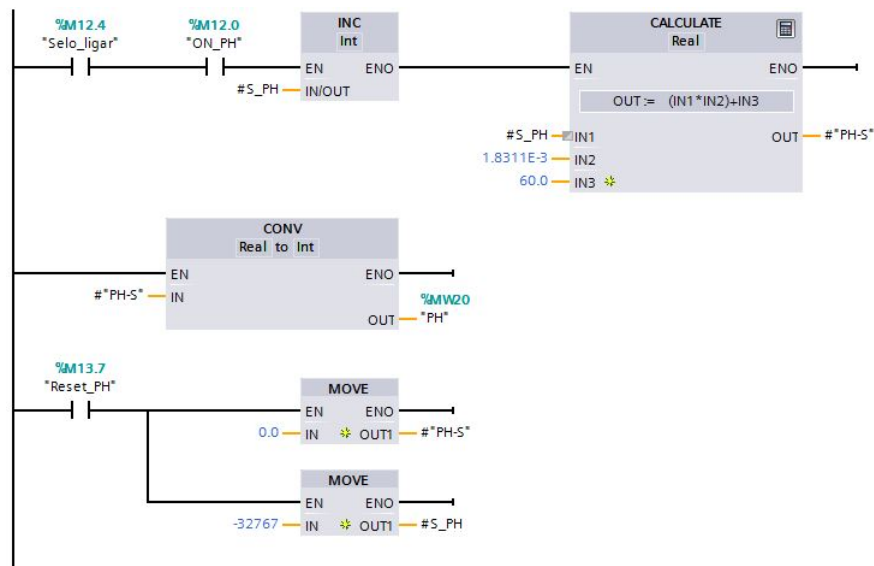


Figura 47 – Bloco de simulação do pH

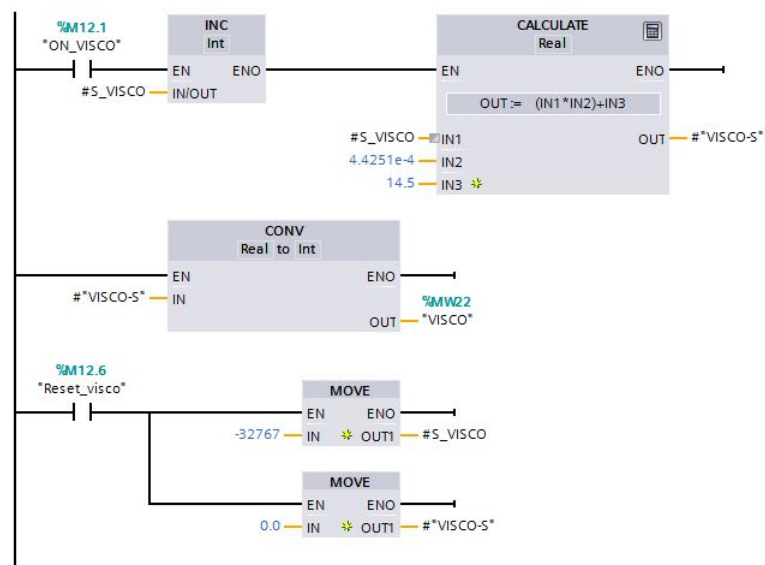


Figura 48 – Bloco de simulação da Viscosidade

Utilizando das mesmas funcionalidades dos blocos de programação ladder, que foram empregados para a simulação de nível, os blocos de pH e Viscosidade simulam um valor para os dados dos sensores.

#### 5.1.2 Programa SCADA

Genéricamente, um sistema de supervisão é uma ferramenta de software que permite monitorar e controlar partes ou todo um processo industrial. Todo sistema de su-

pervisão e controle deve possuir os quatro componentes principais: Sinóticos; Alarmes; Relatórios e Gráficos.

**Sinóticos:** Telas gráficas utilizadas para o monitoramento e controle dos processos em execução.

**Alarmes:** Alarmes são utilizados para avisar o operador de que, as variáveis monitoradas estão fora dos limites previstos ou se alguma falha está ocorrendo no sistema.

**Relatórios:** Utilizados para controle estáticos, podendo ser relatório referente a alarmes, variáveis, acessos.

**Gráficos de tendencia:** Estes são utilizados para informa os valores das variáveis no tempo graficamente.

O programa utilizado para criar o sistema de supervisão e controle, foi o *software* Eclipse E3. A escolha desse programa está relacionada ao *software* ser de origem nacional, o que possibilita uma facilidade de acesso ao mesmo. Além do mais, possui uma ótima documentação encontrada facilmente na internet e, dispõe de um suporte via internet, aplicável em sistema de pequeno e médio porte, tal como a indústria de produtos saneantes. A empresa Eclipse disponibiliza um software demo gratuitamente, possibilitando assim a execução do sistema.

O único empecilho encontrado ao utilizar a versão demo, é que somente 20 tags de comunicação podem ser utilizadas. Impossibilitando assim a programação para os quatro tanques, uma vez que para a simulação cada tanque utiliza 12 tags, o que se observa na figura 49. Porém em nível de simulação apenas a programação de um tanque se faz necessária. Deste modo, para implantação do sistema, a programação do tanque 1 seria replicada para os demais tanques com as devidas alterações. A programação completa de todos os processos para o tanque 1, foi realizada no então projeto.

#### 5.1.2.1 Comunicação CLP-SCADA

O Software elipse E3 disponibiliza em seu *site* o drive de comunicação entre o CLP Siemens S7-1200 e o software elipse. O drive Mprot utiliza o protocolo Ethernet TCP/IP para realizar a comunicação com o CLP, como observado na figura( 49).

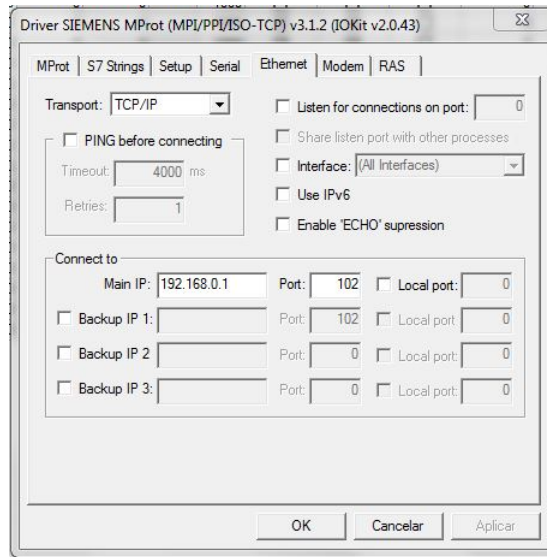


Figura 49 – Configuração do IP

A configuração do drive de comunicação seguiu dos parâmetros estipulado pelo fabricante Elipse, como mostrado na figura(50).

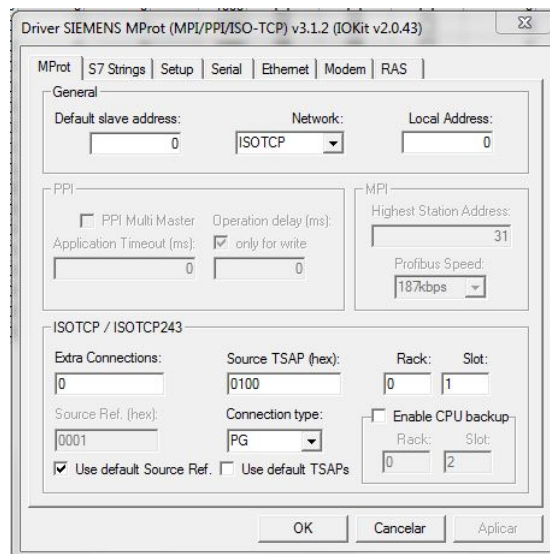


Figura 50 – Configuração do Drive Mprot

#### 5.1.2.2 Tag's de comunicação

O drive de comunicação Mprot utiliza a seguinte maneira de endereçamento. "0:M12.5"

Onde:

0- representa o numero do CLP que está se comunicando.

M12.5 – representa o endereçamento da tag realizado no CLP.

Deste modo, foram cadastradas as tag de comunicação entre o CLP e o Elipse. O que se observa na figura(51) Abaixo:

Nome	Dispo...	Item	P1/N1...	P2/N2...	P3/N3...	P4/N4...	Ta...	Var...	Leitura?	Escrita?	Escala?	Min. UE	Máx. UE	UE	Mín. E/S	Máx. E/S
Driver			0	0	0	0										
• Botao_ligar		0:M12.2	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Botao_Deslig		0:M12.3	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• LCV_1		0:Q0.0	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• On_Agua		0:M13.1	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Reset_agua		0:M13.2	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• M		0:Q0.1	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• On_Balança		0:M12.7	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Reset_balanc		0:M13.0	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Volume		0:MW15	0	0	0	0		100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• P_insumo		0:MW18	0	0	0	0		100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	200	Kg	0	20000
• On_motor		0:M12.5	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• On_pH		0:M12.0	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• pH		0:MW20	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	12	ph	0	120
• Reset_pH		0:M13.7	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• On_visco		0:M12.1	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Visco		0:MW22	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000
• Reset_visco		0:M12.6	0	0	0	0		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000		0	1000

Figura 51 – Tag’s de comunicação entre o CLP e o SCADA

O Driver de comunicação possibilita o escalonamento da variável, o que facilita a programação do software. Podemos observar esse escalonamento na figura(51) na tag “P\_insumo”. O escalonamento quando ativado na coluna “Escala?”, utiliza como parâmetros o valor mínimo do sinal (coluna “Mín. E/S”), o valor máximo do sinal (coluna “Máx. E/S”), A unidade de engenharia da escala (coluna “UE”), o valor mínimo da escala (coluna “Mín.UE”) e o valor máximo da escala (coluna “Máx.UE”).

A coluna “Var...” (figura 51) está relacionada ao tempo de varredura da variável, sendo seu valor dado em milissegundos. As tag do tipo Inteiros(MW) estão com um tempo de varredura menor do que as demais. Esse tempo de varredura menor foi aplicado, para uma atualização mais frequente.

### 5.1.2.3 Programação SCADA

A programação do sistema de supervisão e controle foi toda baseada nos requisitos do projeto, seguindo as especificações funcionais do processo, mostradas no fluxograma de manipulação (figura 24 da seção 3.2.1).

#### a) Tela de Visão Geral

A primeira tela gerada pelo sistema de controle (figura 52), mostra uma visão geral da fabrica. Nela é possível observar: quais tanques estão em uso, qual o volume de cada tanque, se seus respectivos agitadores estão em funcionamento, se a válvula está aberta ou fechada e ao clicar sobre o tanque desejado a tela do respectivo tanque se abre.

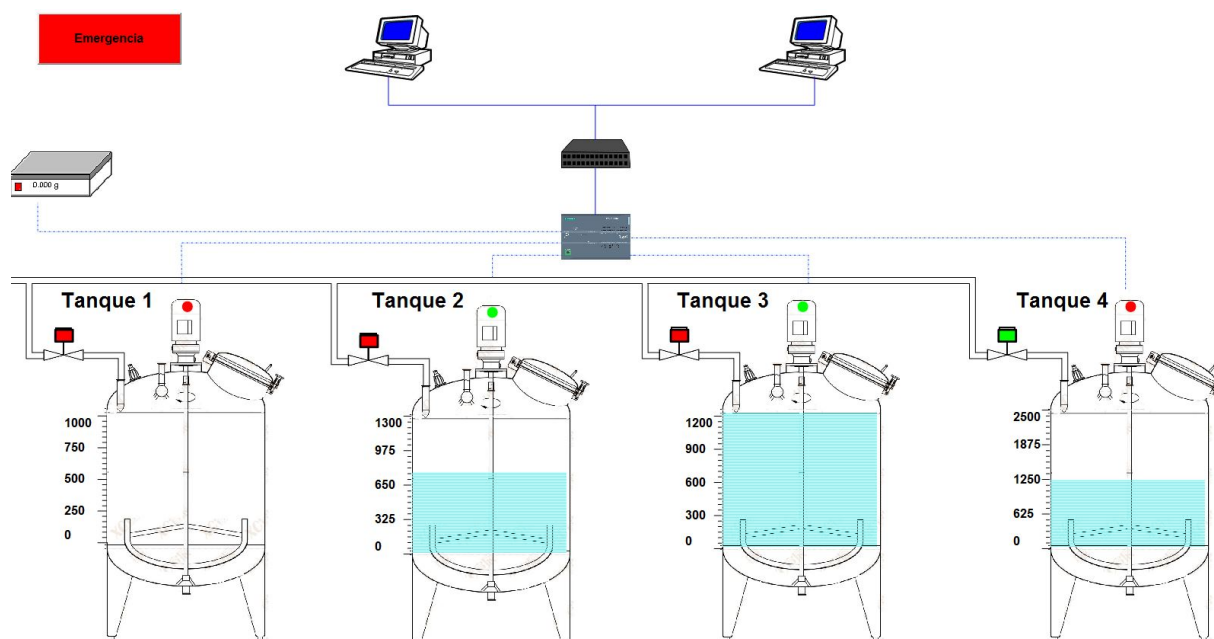


Figura 52 – Tela de Visão Geral

De acordo com a etapa 1 da seção 3.2.1, o operador sinaliza qual tanque irá utilizar para fabricar naquele momento. Esta é cumprida na tela inicial, assim que o operador entrar na tela do respectivo tanque.

### b) Tela tanque

Ao iniciar a tela de tanque, o operador possui todas as leituras dos sensores relacionados ao tanque, conforme a figura 53.



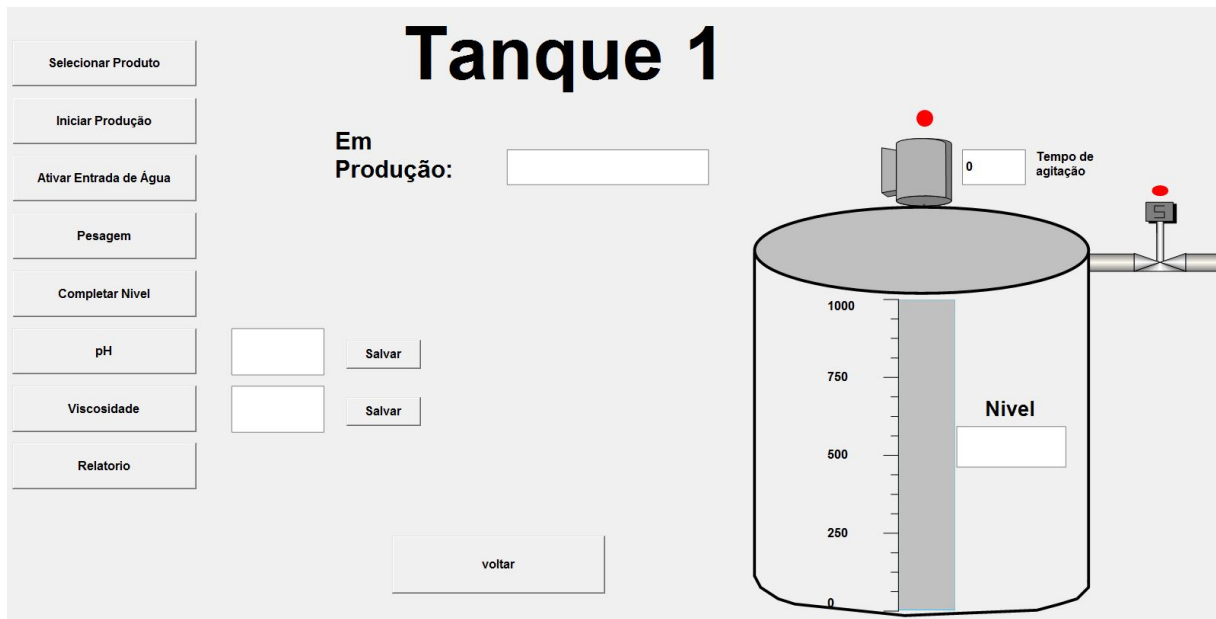


Figura 53 – Tela Tanque

A seguir a figura 54 mostra todas as funcionalidades da tela.

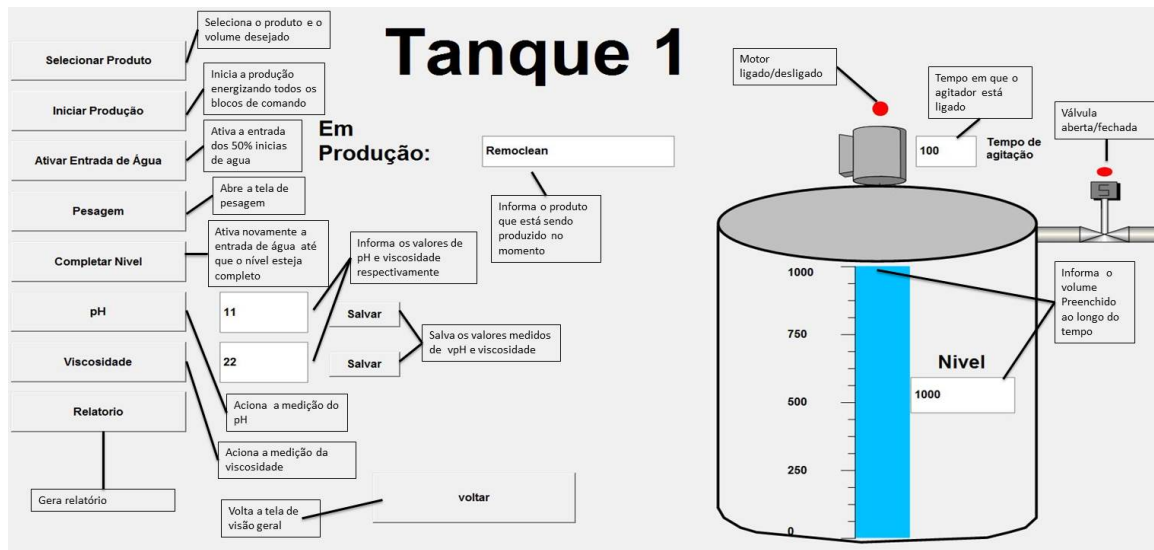


Figura 54 – Funcionalidades da Tela

Seguindo as etapas de produção, ao clicar no botão “Selecionar produto”, as opções de produto e volume, são abertas (figura 55).

The screenshot shows a web interface for product and volume selection. At the top, the title is "Selecione o Produto desejado". Below it is a text input field containing "Remoclean". Underneath is a list of product buttons: "Remoclean-10", "Klimpol", "Diluplus", and "KlimpGel". Below this list is another title, "Selecione o Volume desejado". Underneath is a label "Volume:" followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing a list of volume options: "1000 L", "500 L", "750 L", "1200 L", "1500 L", "2000 L", and "2500 L".

Figura 55 – Tela Seleção de produtos e volume

O operador neste momento escolhe qual produto deve ser fabricado, assim como o volume total desse produto.

Após selecionar o produto desejado e o volume desejado, o operador ativa o início da produção através do botão “Iniciar produção”. O qual ativa a tag ”Botão\_ligar”.

A etapa seguinte de produção é a adição de 50% do volume total de água necessária para a fabricação. Ao clicar no botão ”Ativar entrada de água”, o sistema ativa a tag “On\_agua”, que em seguida ativa a abertura da válvula solenoide, gerando a simulação de um sinal de nível.

O sistema desativa a tag “On\_agua” assim que o nível for igual a 50% do volume total de água especificado pela fórmula. O que pode ser observado na figura 56.

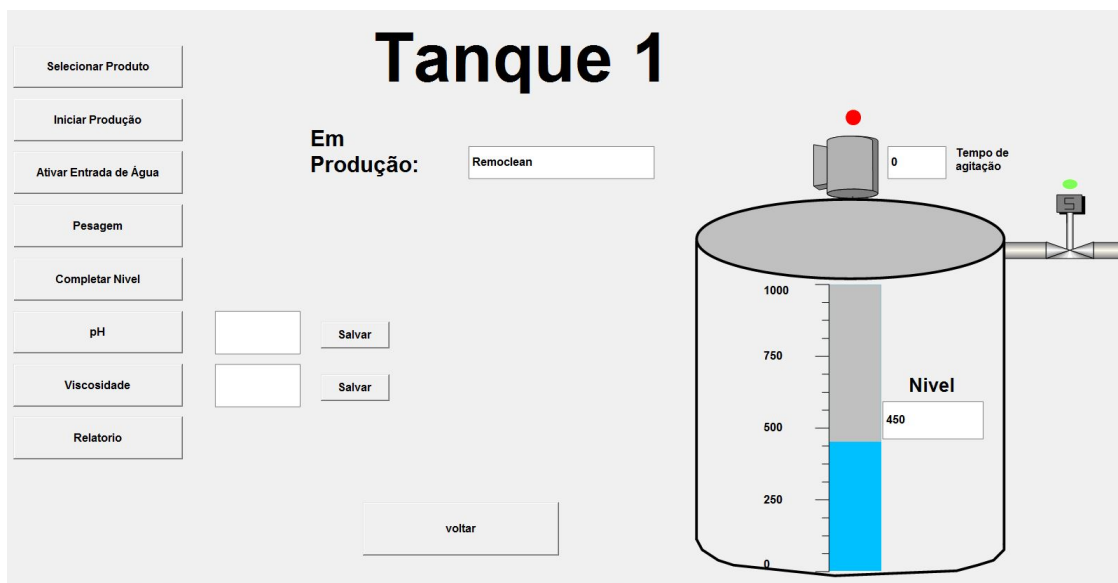


Figura 56 – Nível de água e abertura da válvula

Em seguida, o operador dá início a pesagem dos insumos clicando no botão “Pesagem”.

Na tela de pesagem (figura 57), o operador deve pesar cada insumo, de acordo com o peso especificado pela fórmula do produto mostrado pela primeira coluna, em seguida salvar o valor medido.

Ao clicar o botão “Pesar” ao lado do peso medido de cada insumo, o sistema ativa a tag “On\_balanca”, a qual irá simular um sinal dentro da faixa de  $\pm 10\%$  do peso do insumo da fórmula. Ao operador clicar no botão “salvar”, o sinal gerado pela balança é salvo como o peso do respectivo insumo.

Insumo	Valor Especificado	Valor Medido	Ação
Acusol	2	0	Pesar / Salvar
Butil	48	0	Pesar / Salvar
Monoeta	25	0	Pesar / Salvar
Lauril	12,5	0	Pesar / Salvar
Soda	8,4	0	Pesar / Salvar
.	0	0	Pesar / Salvar
.	0	0	Pesar / Salvar
.	0	0	Pesar / Salvar
.	0	0	Pesar / Salvar

Figura 57 – Tela pesagem

Voltando a tela do tanque o operador deve selecionar o botão “Completar nível”, para que o sistema ative a tag “on\_agua” e complete o volume total do tanque.

Os agitadores mecânicos serão iniciados assim que o peso do insumo 1 for salvo no sistema, através da ativação da tag “on\_motor”. Após o nível do tanque está completo, um timer será ativado. E será somente desativado quando o tempo de agitação especificado pela fórmula terminar. Ao desativar o timer, a tag “On\_motor” também deve ser desativada. Na figura 58, observamos o agitador mecânico, seu tempo em funcionamento, a válvula ativa para completar o nível e o nível sendo completado.

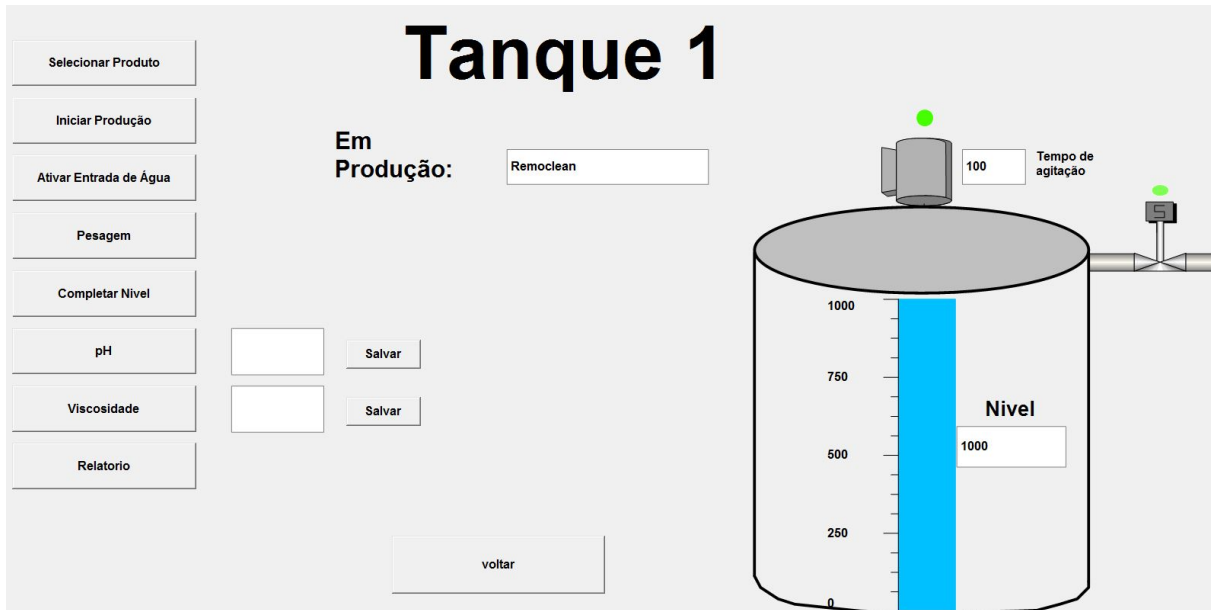


Figura 58 – Nivel completo e agitadores ativos

A etapa seguinte de fabricação está relacionada a análise dos critérios da qualidade. Nessa parte, o operador ao clicar no botão pH, a tag “On\_pH” é ativada gerando um sinal de simulação para o pH. Assim que o valor estiver dentro da faixa de medição do critérios de qualidade, o operador deve clicar no botão “Salvar” e, salvar as informações no sistema. O mesmo ocorre para o viscosidade, com suas respectivas tags. Conforme observado na figura 59

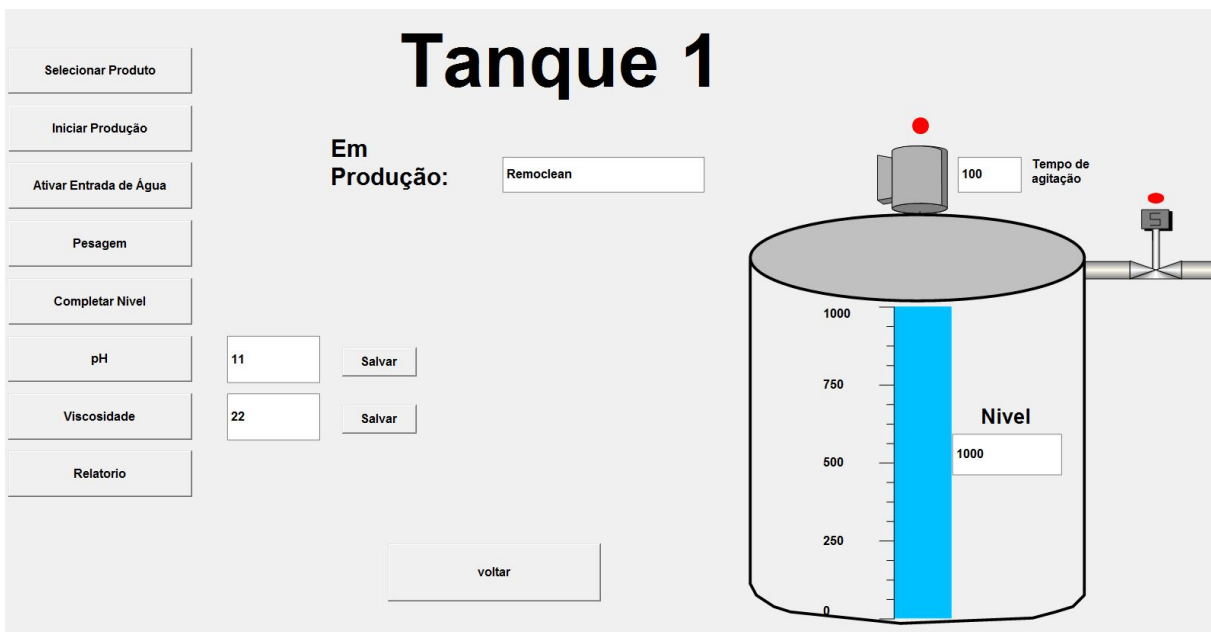


Figura 59 – Analise criterios de qualidade

A última etapa de fabricação é gerar relatório, onde o operador ao clicar no botão “relatório”, poderá imprimir o relatório de fabricação. Este deve conter todas as informações da etapa 10 da seção 3.2.1. Ao final da produção uma mensagem de autorizar o envase deve aparecer, requisitando a senha do químico responsável pela produção.

## 5.2 Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica consiste em um estudo ou característica de um empreendimento ou atividade, que busca traduzir o fato de que os custos e esforços gastos em sua implantação e funcionamento são compensados vantajosamente tanto pelas receitas e quantos benefícios auferidos no decorrer de um prazo conveniente aos seus promotores. (MORAIS et al., 2013)

Para a elaboração do projeto de automação foram utilizadas três ferramentas:

### a) Método do valor presente líquido (VPL):

Segundo Moraes et al. (2013), o método do Valor Presente Líquido reflete a riqueza do investimento no momento inicial em valores monetários através de um fluxo de caixa. Esta é considerada, uma ferramenta bastante eficaz e sofisticada, uma vez que, leva em conta o valor do dinheiro no tempo trazendo a valor presente os fluxos de caixa futuros.

Um projeto é considerado atraente quando o VPL calculado é maior ou igual a zero, é recomendado analisar também o custo de oportunidade em relação a atividades semelhantes, para que o investidor possa optar pela aceitação ou rejeição do projeto. Quando se trata de vários projetos em que apenas um deve ser escolhido, deve-se selecionar aquele que apresentar maior VPL. (MORAIS et al., 2013)

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n FC_t / (1 + k)^t$$

onde:

I = Investimento Inicial

$FC_t$  = Fluxo de caixa no tempo, consiste no fluxo financeiro que o caixa da empresa possui em um determinado tempo.

K = Taxa mínima de atratividade, é a taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar, em um determinado tempo, quando faz um investimento.

### b) Taxa interna de retorno (TIR):

Ao lado do VPL, a Taxa Interna de Retorno é considerada um dos critérios de análise mais empregados, conforme Moraes et al. (2013). Esta taxa representa a rentabilidade relativa (percentual) de um projeto de investimento em termos de uma taxa de juros equivalente para o período (geralmente anual). Para se calcular a TIR, utiliza-se a mesma fórmula do VPL, porém igualando o VPL a Zero.

### c) Payback (PB)

O Payback indica o momento no qual o projeto já gerou a mesma quantidade de caixa que gastou no início do projeto. Em outras palavras, é o período (mês ou ano) que

o fluxo de caixa livre acumulado deixou de ser negativo e passar ser positivo. Deste modo o resultado te informa, quantos meses serão necessário para que o investimento passe a gerar lucro. (MORAIS et al., 2013)

$$PB = T \implies (\sum_{t=0}^t FC_t) = I_0$$

onde :

$I_0$  = Investimento inicial

$FC_t$  = Fluxo de caixa total no instante t

Porém para casos mais simplificados **payback** pode ser calculado da seguinte maneira:

$$PB = I/L$$

Onde:

I = Investimento inicial necessário

L = Lucro proveniente deste investimento

### 5.2.1 Caracterização da empresa

A empresa atua no ramo de Saneantes há 16 anos no segmento de profissional, tendo seus produtos destinados a empresas limpadoras da região. Possui atualmente em seu portfólio mais de oitenta tipo diferentes de produtos, sendo todos envasados em embalagens de 5 litros, e acondicionados em caixas com quatro unidades.

O corpo de colaboradores conta, hodiernamente, com equipe de 15 funcionários, estando 5 destes ligados diretamente ao processo de fabricação do produto estudado. A produção mensal registra oscilações compreendidas no intervalo entre 10 mil a 14 mil bombonas de 5 litros, sendo operacionalizada em único turno de oito horas.

O processo de fabricação tem maior tempo alocado em atividades manuais, que são integrantes da parte final do processo produtivo. Motivo pelo qual foi feita a escolha da empresa. Pois possibilita um cotejo entre o cenário no qual se encontra a empresa, e o de implementação de um projeto que proporcione, um nível maior de automação.

De acordo com essas informações os dados que serão utilizados para calculos serão os dados da produção, devido ao impacto da automação ser maior nessa área.

A empresa possui hoje uma capacidade produtiva média de 12000 bb/mês utilizando 5 funcionários, que geram um custo mensal de R\$ 7500,00 devido a salários e encargos. Já o seu faturamento médio mensal nos últimos 15 meses foi de R\$ 235.000,00.

## 5.2.2 Viabilidade do projeto

A análise econômico-financeira proposta no trabalho consiste na avaliação da viabilidade por meio do método do VPL, *payback* e da TIR. Este projeto que sugere a automação das etapas de produção e a substituição do envase manual para um envase automatizado. Deve-se considerar que, além do ponto de vista do retorno do investimento, a redução de custos e a melhoria da qualidade dos produtos com a utilização das máquinas podem ser tratadas como diferencial para empresa.

### 5.2.2.1 Custo dos equipamentos

A tabela abaixo especifica o custo dos equipamentos necessário para o projeto de automação:

Item	Fabricante	Quantidade	Preço (Unid.)	Total
Cabo ethernet		75 m	R\$ 0,56	R\$ 43,00
Cabo Par Trançado		234 m	R\$ 0,52	R\$ 121,68
Licença de software SCADA	Elipse	1	R\$ 8.800,00	R\$ 8.800,00
Cpu	Lenovo	3	R\$ 1.300,00	R\$ 3.900,00
Sensor de Nível	Easytrek	4	R\$ 1.610,00	R\$ 6.440,00
Sensor de Vazão	Sea	4	R\$ 1.980,00	R\$ 7.920,00
Sensor de pH	Prolab	4	R\$ 1.200,00	R\$ 4.800,00
Sensor de Viscosidade	Sofraser	4	R\$ 4.000,00	R\$ 8.000,00
Valvula de Abertura	Ascoval	4	R\$ 385,00	R\$ 1.540,00
Balança	Toledo	1	R\$ 2400,00	R\$ 2.400,00
CLP(+modulo de expansão)	WEG	1	R\$ 3.250,00	R\$ 3.250,00
Envasadora	Tecnoenvase	1	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00
<b>Custo Total em equipamento</b>				<b>R\$ 97.214,68</b>

Tabela 10 – Custo de instrumentação

Além dos custos com equipamentos, deve se levar em consideração a despesas geradas pelo mão de obra necessária para implementação e treinamento do sistema. Normalmente na industria, a pratica de contratação de terceiro é comum para instalação de sistemas como esse. O valor cobrado por terceiro para esse serviço gira em média de 50 % do valor dos equipamentos, ou seja R\$ 48.607,00. Finalizando em um total de R\$ 145.822,00, um custo relativamente baixo se comparado ao faturamento anual da empresa, representando apenas 5 % de seu faturamento.

### 5.2.2.2 Custo/Produtividade

O fator inicial para este projeto foi à necessidade de automação do envase, visto que a capacidade produtiva da fabrica, está limitada pela capacidade de envase. O que



ocorre devido ao elevado tempo para que cada embalagem preencha os 5 Litros de cada bombona. Se tornando assim o gargalo da produção

Porém após o início do projeto, uma solução mais completa de automação, se mostrou possível e viável. Contudo os ganhos relacionados ao projeto de automação da área de manipulação, são ganhos notáveis ao longo prazo, pois são melhorias que acrescentam qualidade a produção, e um maior controle.

Melhorias essas que percorrem o campo do desperdício. A fábrica hoje não possui um controle da quantidade real de matéria prima adicionada a cada lote de produto. Bem como muito do produto é perdido devido ao envase manual e sem controle. Outro fato importante seria a redução de possíveis retrabalhos que o produto sofre atualmente. A cada retrabalho mais insumos são adicionados ao lote de produto, a fim de obter os critérios de qualidade. A automação da manipulação tem como objetivo, sanar todos esses problemas, gerando um ganho financeiro observável ao longo do tempo.

Desse modo a fim de demonstrar os reais ganhos que o projeto agregará a fábrica. Para o cálculo da viabilidade econômica, serão utilizados como parâmetros as melhorias geradas pela envasadora, a qual aumentará a produtividade e por consequência o fim do limitador da capacidade produtiva existente.

A envasadora TEG 500 da tecnoenvase possui uma configuração de 4 bicos de envase, com capacidade para produzir 2000 bombonas/dia (dependendo da densidade e viscosidade do produto envasado). Enquanto pela forma manual, a capacidade produtiva é de 700 bb/dia. Logo temos que o projeto de automação trará um ganho de 185 % em capacidade de produção, uma vez que demonstrado em faturamento é aproximadamente de R\$ 200.000,00/ mes.

Em se tratando de empresa pequena, um aumento da capacidade produtiva não resultara diretamente em um aumento de faturamento. Deste modo, o real ganho será na redução de custo de produção. Tendo em vista que o custo de mão de obra para produção é, o total produzido dividido pelo custo pessoal, sendo assim:

**Custo atual :**

$$7500/12000 = 0,62 \text{ R\$/bombona}$$

**Custo com automação:**

$$7500/22200 = 0,33 \text{ R\$/bombona}$$

O que representa uma economia de **53%** por cento no custo de produção.

**VPL**

A empresa possui um faturamento médio de R\$ 250.000,00, porém 70 % do faturamento é relativo a custos da empresa como um todo e, somente 25% do custo são de

responsabilidades da produção.

**Custo total:**

$$R\$ 250.000,00 \times 70 \% = R\$ 175.000,00$$

**Custo reais a produção:**

$$R\$ 175.000,00 \times 25\% = R\$43.750,00$$

**Real ganho com a automação:**

$$R\$ 43.750 \times 53\% = R\$23.187,50$$

O que gera um aumento de 9,27% diretamente no lucro da empresa.

Para o cálculo do VPL utilizaremos o fluxo de caixa dos meses seguintes à automação, representando assim o investimento inicialmente e os lucros subsequentes.

Mês	1	2	3	4	5	6
FC	R\$-97.214,68	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50
VPL	R\$ -88.376,98	R\$ -69.213,76	R\$ -51.792,65	R\$ -32.955,27	R\$ -21.557,66	R\$ -8.468,92
TIR	0%	-76%	-38%	-15%	-2%	6%

Tabela 11 – Tabela VPL e TIR de 1 a 6 meses

Mês	7	8	9	10	11	12
FC	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50	R\$23.187,50
VPL	R\$ 3.429,93	R\$ 14.247,07	R\$ 24.080,84	R\$33.020,62	R\$ 41.147,70	R\$ 48.535,95
TIR	11%	15%	17%	19%	20%	21%

Tabela 12 – Tabela VPL e TIR de 7 a 12 meses

É possível observar através do cálculo do VPL que a partir do 7º mês o projeto se torna viável, atingindo o valor de retorno de R\$ 48.876,00 ao final de um ano.

**TIR**

Utilizada para medir a taxa de retorno de determinado investimento, muito útil para comparar investimentos e saber qual deve retornar uma melhor taxa em determinado período.

Através do cálculo da TIR, na tabela 11, nota-se q a taxa de retorno começa a ser atrativa a partir do 6º mês, chegando a um retorno de 21% ao final de um ano.

**Payback**

O *payback* retorna o tempo necessário para que o investimento comece a dar lucro.

$$payback = \frac{R\$97.214,00}{R\$23.187,50} = 4,19meses$$

O valor de *payback* mostra que o investimento é de retorno imediato, necessitando de, apenas 5 meses para ser completamente pago.

## 6 Conclusão

Automação industrial é um tema de grande abrangência, com potencial de aplicação em qualquer área industrial. Analisando uma indústria de saneantes de pequeno porte onde suas operações ainda são puramente manuais, a automação mostrou-se extremamente útil, pois além dos benefícios produtivos, se nota ainda benéficos econômicos.

Os benefícios produtivos são notados a partir da leitura do tópico, desenvolvimento do projeto. O fato de um sistema de supervisão e controle, ser desenvolvido para comandar a etapa de manipulação, acrescenta várias vantagens ao processo como um todo. Tais vantagens podem ser notadas como: um menor desperdício de matéria prima, um maior controle sobre os processos de fabricação, monitoramento de possíveis falhas *onlines*, análise estatística da produção, maior capacidade produtiva, entre outros. A automação do envase além de gerar ganhos econômicos, observados nas seções anteriores, traz um ganho produtivo imprescindível, com o aumento da capacidade de produção, gerando um alto benefício econômico.

Porém, somente a automação do envase não traria todos os benefícios observados no projeto. Uma vez que, a automação do envase acrescenta poucas vantagens referentes ao controle, sendo necessário o sistema de supervisão para suprir a demanda de controle total da produção.

Os benefícios do sistema comum um todo podem ser observados tanto ao curto prazo como ao longo prazo. Quanto ao curto prazo o sistema trará uma redução no custo de produção em 53%, gerando um acréscimo ao lucro da empresa de R\$ 23.187,00 /mês. Ao médio e longo prazo, além dos ganhos financeiros, referentes ao aumento da produtividade.

O maior ganho associado ao sistema será a possibilidade de otimização de produção. Valendo-se das informações estatísticas do processo, será possível analisar o historio do fluxo produtivo e estabelecer novas metas ou mudanças nos processos. Esse tipo de ganho é momentaneamente intangível, porém ao longo do tempo essas alterações se tornam bastantes interessantes.

## Referências

- BARBOSA, F. *Modelagem Numerica e analise experimental, aplicadas ao projeto de uma celula de carga*. [S.l.], 2009. Citado na página 26.
- BRASIL. *Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, RDC nº 59. Dispões sobre os procedimentos e requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos saneantes e dá outras providencias*. Diário oficial da união- secção 1 nº 244. [S.l.], 2010. Citado na página 17.
- BRASIL. *Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, RDC nº 47. Aprova o regulamento técnico de boas praticas de fabricação para produtos saneantes, e dá outras providencias*. Diário oficial da união- secção 1 nº 209. [S.l.], 2013. Citado na página 17.
- CARVALHO, P. C. de. *Arquiteturas de sistemas de automação industrial utilizando clps - parte 2. Mecatrônica Atual*, 2003. Citado na página 49.
- CASSIOLATO, C. *Sistemas de supervisão e aquisição de dados. Eletrônica Industrial*, 2011. Citado na página 36.
- CASSIOLATO, C.; ALVES, E. *Medição de vazão. Revista Controle & Instrumentação*, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- CASSIOLATO, C.; CESAR. *Medição de nível & nível de interface. Revista Controle & Instrumentação*, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- CETESB/ABIHPEC. *Guia técnico Ambiental da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos*. São paulo. [S.l.], 2000. Citado na página 17.
- FIALHO, B. A. *Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Analise de Circuitos*. [S.l.]: Editora Erica, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 32, 33 e 34.
- FILHO, C. S. *Arquiteturas*. [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 49.
- GROOVER, M. P. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. [S.l.]: Editora Pearson, 2010. Citado na página 14.
- LAGO, C.; SILVA, J. A. *Modulo eletrônico de controle para válvulas solenoides. Química Nova.*, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- MARTINS, M. G. *Princípios de Automação Industrial*. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 20, 31, 32, 34 e 37.
- MORAES; CASTRUCCI. *Engenharia de Automação Industrial*. [S.l.]: Editora LTC, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 21, 32 e 35.
- MORAIS, J. M. O. et al. *Análise da viabilidade econômica de atomação em um processo de envase através do método do valor presente líquido e taxa interna de retorno. Enegep*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 77 e 78.

- MURARO, R. M. *A automação e o futuro do homem*. [S.l.]: Editora Vozes, 1969. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. *Química na abordagem do cotidiano*. [S.l.]: Editora Moderna, 2006. Citado na página 27.
- SALUD, O. pan-americana de la. *Manual de manutenção para equipamentos de laboratório*. Washington d.c. [S.l.], 2005. Citado na página 27.
- SANTOS, J. J. H. *Automação industrial: uma introdução*. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos, 1979. Citado na página 20.
- SOUZA, M. de. *Proposta de um Sistema de Gestão Empregando Instrumentação Inteligente e Redes de Campo na Automação do Processo de Tratamento de Água*. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Citado na página 54.
- TONIAL, C. A. M. As relações de trabalho e a automação industrial: reflexões sobre os aspectos históricos, econômicos, conceituais e sociais. *Justiça do Direito*, 2010. Citado na página 20.
- VISWANATH, D. S.; GHOSH, T. *Viscosity of Liquids- Theory, Estimation, Experiment, and Data*. [S.l.]: Editora Springer, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.
- WASHINGTON, B. *Fenômenos de Transporte para Engenharia*. [S.l.]: Editora LTC, 2012. Citado na página 28.