



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO, CONTROLE E ROBÓTICA

CARLA VIEIRA ROSÁRIO COSTA

UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO E
CONTROLE DE PROCESSOS UTILIZANDO COMO ESTUDO DE CASO UMA
SEÇÃO DE FILTRAÇÃO COM FILTRO DE LÂMINAS

Salvador

2015

CARLA VIEIRA ROSÁRIO COSTA

UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO E
CONTROLE DE PROCESSOS UTILIZANDO COMO ESTUDO DE CASO UMA
SEÇÃO DE FILTRAÇÃO COM FILTRO DE LÂMINAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como
requisito final para a obtenção do título de Especialista em
Automação, Controle e Robótica.

Orientador: Prof. Msc. Oberdan Pinheiro

Salvador

2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

C837u Costa, Carla Vieira Rosário

Utilização das ferramentas de automação para otimização e controle de processos utilizando como estudo de caso uma seção de filtração com filtro de lâminas / Carla Vieira Rosário Costa. – Salvador, 2015.

40 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Oberdan Rocha Pinheiro.

Monografia (Especialização em Controle, Automação e Robótica) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. Automação industrial. 2. Otimização de processos. 3. Filtração com filtro de lâminas – Ferramentas de automação. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Pinheiro, Oberdan Rocha. III. Título.

CDD 629.8

CARLA VIEIRA ROSÁRIO COSTA

**UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO E
CONTROLE DE PROCESSOS UTILIZANDO COMO ESTUDO DE CASO UMA
SEÇÃO DE FILTRAÇÃO COM FILTRO DE LÂMINAS**

Projeto Final de Curso aprovado com nota 8,2 (oito e dois) como requisito de Especialista em Automação, Controle e Robótica, tendo sido julgado pela Banca Examinadora formada pelos Professores:

Msc. Oberdan Rocha Pinheiro – Orientador
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Msc. . Milton Bastos de Souza – Professor
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Salvador, 11 de setembro de 2015

RESUMO

A automação tem se mostrado cada vez mais imprescindível para aumentar a eficiência da produção de uma área industrial. Ela apresenta diversas vantagens em todos os âmbitos do ambiente industrial, pois objetiva maximar produção, reduzir custos, melhorar condições de segurança, condições de trabalho e o controle do processo, entre outros. Este trabalho visa avaliar os ganhos da utilização das ferramentas de automação para otimização e controle de processos utilizando como estudo uma seção de filtração com filtro de lâminas. Para isso, foram configuradas as ferramentas de automação e o sistema foi testado depois da implementação das mesmas. Os resultados já obtidos foram bastante satisfatórios e espera-se ao final do projeto mais ganhos em relação a melhoria da produtividade da seção, garantia de melhor condições para a operação, análise da seção através de gráficos dos dados coletados e armazenados no sistema, entre outros.

Palavras-chave: Automação. Otimização. Filtração com filtro de lâminas.

ABSTRACT

Automation has proved itself to be increasingly necessary to expand the production efficiency of an industrial area. It has many advantages in all extent of the industrial environment because it intends to raise the production, reduce costs, improve safety, working conditions and process control, among others. This study aims to evaluate the gains from the use of automation tools for optimization and process control utilizing as study a filtering section with a leaf filter. For this purpose, the automation tools were configured and the system was tested after their implementation. The results obtained were very satisfactory and is expected by the end of the project more gains in relation to the improvement of the section productivity, better security conditions for the operation, process analysis through graphs of data collected and stored in the system, etc.

Keywords: Automation. Optimization. Filtration with leaf filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura básica de um CLP	11
Figura 2: Ilustração de comunicação entre CLP e IHM	13
Figura 3: Modelo de referência de SDCD	15
Figura 4: Filtração	17
Figura 5: Filtro de lâminas horizontal	18
Figura 6: Arquitetura do sistema	20
Figura 7: Exemplo de lógica <i>ladder</i>	22
Figura 8: Exemplo de lógica com blocos de função	23
Figura 9: Criação de algoritmo dentro de um bloco.....	23
Figura 10: Estratégia de controle de nível.....	25
Figura 11: Tela das bacias no SDCD da seção de filtração I	25
Figura 12: Tela das bacias no SDCD da seção de filtração II	26
Figura 13: Detalhe da bacia de lavagem no SDCD.....	26
Figura 14: Nível e detalhes da bacia de lavagem no SDCD	27
Figura 15: Tela disponível no monitor	28
Figura 16: Tela de Menu Geral.....	29
Figura 17: Tela de Menu da seção de Filtração	30
Figura 18: Tela da bacia da etapa de filtração	31
Figura 19: Seleção do conjunto de placas	31
Figura 20: Tela da bacia da etapa de lavagem em modo manual.....	32
Figura 21: Botões para fechar válvula pela IHM e para selecionar modo automático	33
Figura 22: Botão para colocar operação da válvula em manual.....	33
Figura 23: Indicação de falha de acionamento da válvula.....	33
Figura 24: Tela da bacia da etapa de lavagem em modo automático.....	34
Figura 25: Indicação de baixa performance da lavagem.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de endereços de entradas e saídas	21
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufactures Association</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PIMS	<i>Process Information Management System</i>
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	10
2.2	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	11
2.3	INTERFACE HOMEM-MÁQUINA.....	12
2.4	SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO	13
2.5	PROCESS INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM.....	15
2.6	REDES INDUSTRIAIS.....	16
2.7	FILTRAÇÃO COM FILTRO DE LÂMINAS	17
3	METODOLOGIA	19
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.2	COLETA DE DADOS DA SEÇÃO	19
3.3	ARQUITETURA DO SISTEMA	19
3.4	CONFIGURAÇÃO DA LÓGICA NO CLP E SDCD	20
3.5	CONFIGURAÇÃO DO PIMS.....	27
3.6	CONFIGURAÇÃO DA IHM	28
4	RESULTADOS	35
5	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A palavra automação vem do latim *automatus*, que significa "mover-se por si". Conforme MEIRA (2008), a automação existe desde a pré-história, com a invenção da roda para transportar materiais com a finalidade de otimizar o esforço realizado pelo humano.

Com o tempo, observou-se pelo homem a necessidade otimizar a produção, com foco em alta produtividade, qualidade, flexibilidade e confiabilidade. A busca de novas técnicas e melhores alternativas para suprir essa necessidade incentivou o desenvolvimento de equipamentos e ferramentas de automação capazes de executar tarefas de forma mais precisa e rápida, mantendo em paralelo o controle do processo para evitar perdas em relação à qualidade do produto gerado.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o ganho de uma planta industrial com a utilização de algumas ferramentas de automação disponíveis no mercado para otimização e controle de processos utilizando como estudo de caso uma seção de filtração com filtro de lâminas. Para tanto, foi necessário o acompanhamento da seção e de suas variáveis de processo, adição de ferramentas de automação e configuração das mesmas e treinamento da operação da seção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial é a aplicação de técnicas e equipamentos/*softwares* com o objetivo de transformar em automáticas a realização de tarefas antes feitas de forma manual, ou seja, ela substitui o esforço físico de um humano por elementos eletromecânicos. A automação possibilita a produção em larga escala a curto prazo e ainda permite que o homem tenha mais tempo disponível para direcionar seu conhecimento para o desenvolvimento de novas tecnologias, análises de processo, estudos de melhorias/ inovações e tomada de decisões.

Conforme SILVEIRA e LIMA (2003), o início da automação industrial pode ser considerado no século XVIII, na Revolução Industrial, a partir da criação inglesa da máquina a vapor, que ocasionou o aumento da produção de artigos manufaturados na época. Ainda segundo estes autores, Henry Ford já no século XX com a implantação das linhas de montagem, instituiu novos conceitos na indústria como a produção em massa, os pontos de montagem, os estoques intermediários, entre outros. A aparição destas técnicas industriais é considerada uma boa marca de início pré-existencial da Automação Industrial.

O surgimento e o desenvolvimento das técnicas de automação industrial trouxeram problemas como a complexidade da programação das máquinas e o aumento da necessidade de fontes de energia. Apesar disto, os ganhos foram inúmeros, dentre os quais podemos citar:

- Realizar atividades repetitivas de forma rápida e padronizada;
- Aumentar a eficiência de uma atividade específica;
- Maximizar a produção;
- Reduzir o consumo de energia;
- Reduzir o consumo de matérias-primas;
- Melhorar as condições de segurança;
- Diminuir a interferência humana na operação do processo;
- Melhorar condições de trabalho em relação à saúde do trabalhador;
- Reduzir a emissão de resíduos de qualquer espécie;
- Reduzir perdas no processo;

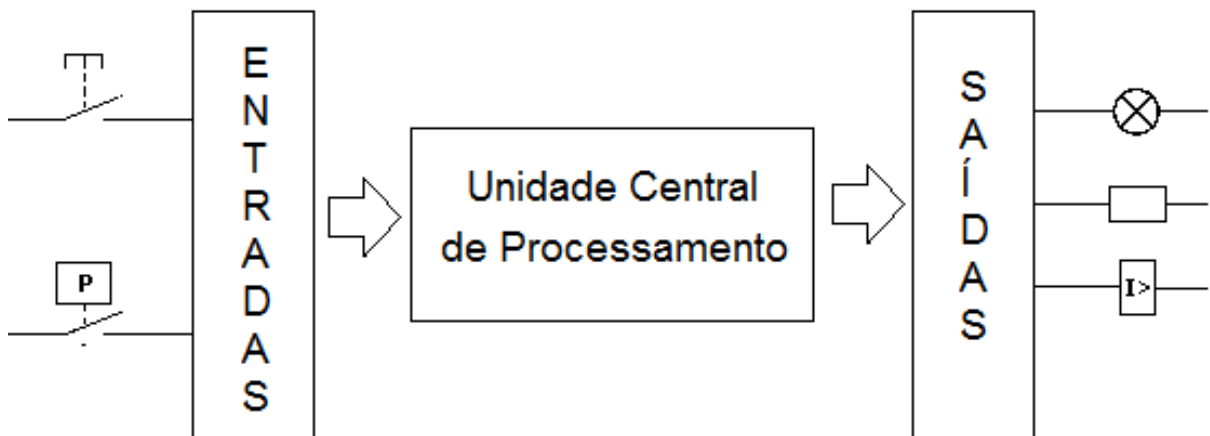
- Melhorar a qualidade do processo e do produto.

2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Conforme FILHO, MOREIRA e SOUZA (2002), citando a NEMA (*National Electrical Manufactures Association*), o Controlador Lógico Programável, também conhecido como CLP, é um aparelho eletrônico digital que faz uso de memória programável para armazenar internamente instruções para implementações específicas, como temporização, lógica, sequenciamento, aritmética, entre outros, para controlar por meio de módulos de entradas e saídas os diversos tipos de processos e equipamentos. O CLP, de forma resumida, é um computador robusto de pequeno porte que controla os processos no ambiente industrial.

O CLP surgiu em 1968 e foi desenvolvido para funcionar como substituto de relés, devido à necessidade da divisão de hidramática da General Motors de modificar a lógica de controles baseados em relés na sua linha de montagem de carros. Essas mudanças tinham custos altos de tempo e dinheiro. Percebeu-se então a premência de um sistema com flexibilidade de um computador, capaz de ser programado e mantido por engenheiros e técnicos na própria fábrica, e pudesse ser submetido às condições de um ambiente industrial, tais como ar poluído, vibração, ruídos elétricos e extremos de umidade e temperatura. A figura 1 abaixo ilustra a estrutura básica de um CLP.

Figura 1: Estrutura básica de um CLP



Fonte: Autoria própria

De acordo com PAREDE, GOMES e HORTA (2011), as vantagens no uso dos CLPs para as aplicações em ambiente industrial são diversas. Podem ser citadas como exemplo as listadas abaixo:

- Maior produtividade;
- Otimização de espaço;
- Melhoria na qualidade do produto final;
- Alto MTBF (*Mean Time Between Failures* ou tempo médio entre falhas);
- Baixo MTTR (*Mean Time To Repair* ou tempo de máquina parada);
- Maior segurança para os operadores;
- Menor consumo de energia;
- Reutilização do cabeamento;
- Capacidade de diagnóstico;
- Fácil manutenção;
- Maior flexibilidade, satisfazendo maior número de aplicações;
- Capacidade de auto diagnosticar falhas;
- Interface com outros CLPs através de rede de comunicação.

2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

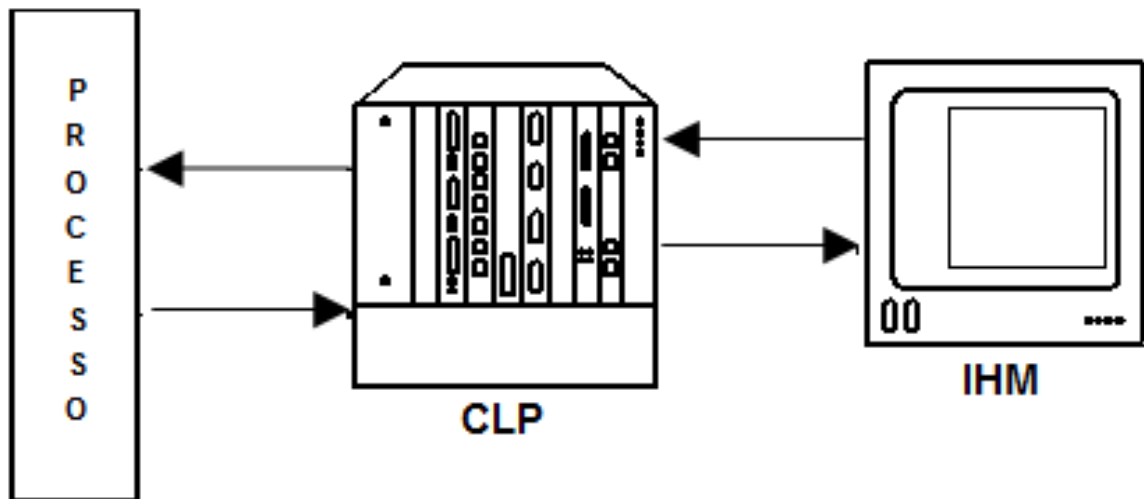
A interface homem-máquina, ou IHM, é uma interface amigável, cujo objetivo é permitir a visualização, supervisão e muitas vezes o comando de determinados pontos de uma planta automatizada, ou até de toda uma planta industrial.

A IHM se comunica com o CLP (ver figura 2), recebendo e enviando sinais para que o mesmo atue nos equipamentos da planta. É através destes sinais que a IHM mostra em tempo real dados do processo lidos nos instrumentos do campo para o operador através de gráficos e animações e que a mesma permite que o operador possa intervir e interagir com o sistema controlado.

Comumente a IHM é utilizada para indicar falhas através de alarmes e mostrar status das máquinas e processos, permitir intervenção do operador no processo de produção e monitorar as variáveis de processo, como temperatura, pressão, níveis, tempos de fabricação, etc.

Os principais componentes de uma IHM são o visor, botões e teclas para navegação e/ou inserção de dados, portas de comunicação, *software* e barramentos para placas de expansão.

Figura 2: Ilustração de comunicação entre CLP e IHM



Fonte: Autoria própria

Os tipos de IHMs disponíveis no mercado variam em tamanho, quantidade e funções das teclas, tipo e tamanho do visor, grau de proteção, memória, entre outros, dependendo basicamente da aplicação da mesma.

2.4 SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO

O Sistema Digital de Controle Distribuído, ou SDCD, tem como principal objetivo o controle de processos no ambiente industrial. Conforme PEREIRA (2009), esse sistema foi implementado na indústria para possibilitar um aprimoramento da sua produtividade, visando a diminuição dos custos de produção, melhoria na qualidade dos produtos, exatidão das operações e segurança operacional. O mesmo também surgiu com a finalidade de substituir os controladores analógicos dedicados ao controle de processos industriais e possibilitar a operação uma melhor visualização do processo operacional.

O SDCD é composto de processadores e redes redundantes (via de dados) e provê uma descentralização do processamento de dados, do monitoramento e

controle, fazendo uso de unidades remotas na área industrial, todas ligadas por um circuito que se comunica com uma estação central. O sistema também oferece uma IHM e permite a interface da mesma com CLPs, controladores PID, equipamentos de comunicação digital e sistemas em rede.

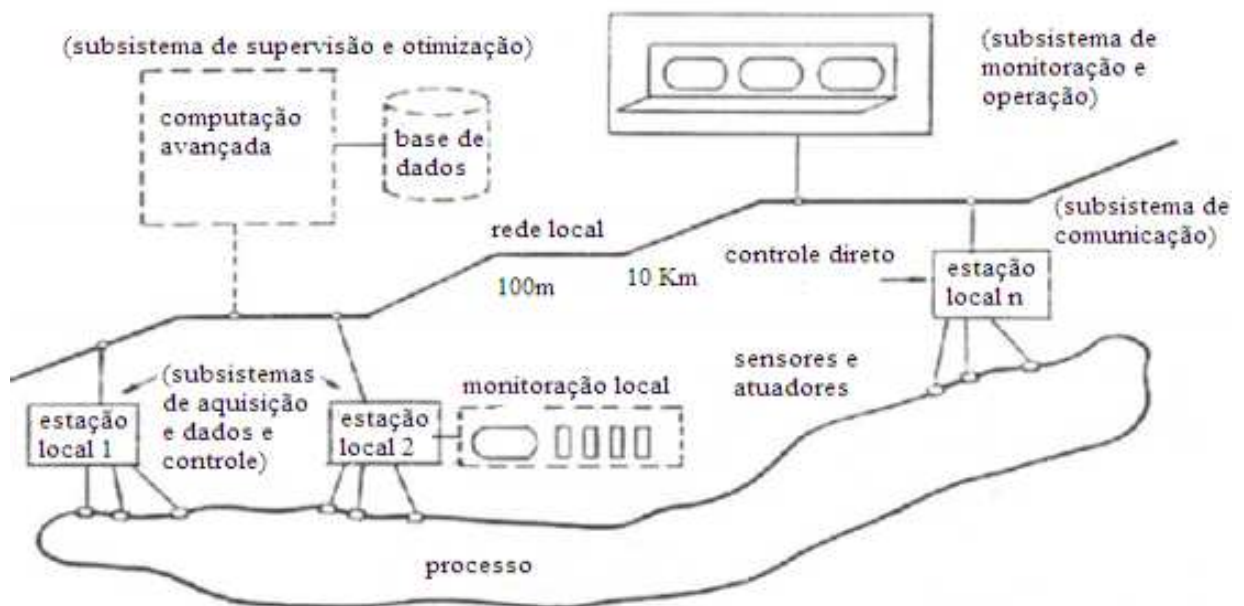
O SDCD surgiu na década de 70 com um estudo da HONEYWELL, fabricante de sistemas automatizados e o mesmo reúne as funções tanto de *software* quanto de *hardware*, sendo capaz de suportar mais informações e realizar mais processos, tais como supervisionar grandes malhas complexas de controle.

Conforme SOUZA, 1999, o sistema pode ser dividido em subsistemas de acordo com suas características funcionais:

- Subsistema de aquisição de dados: realiza as funções de controle, executadas pelas estações remotas locais. Este subsistema está diretamente ligado ao processo operacional e apresenta uma variedade de funções, como controle multivariável, controle lógico, intertravamento, alarmes de nível, desvio e velocidade, etc. Também compõem esse subsistema os cartões de interface de entrada e saída com o processo, tais como as entradas e saídas analógicas e digitais, multiplexadores, entre outros.
- Subsistema de monitoração e operação: concentra a maior parte das funções de IHM. As informações são apresentadas sob forma de telas gráficas, sendo ainda divididas em telas de visão geral, de seções, de malhas individuais, de registros/históricos e de alarmes.
- Subsistema de supervisão e otimização: executa as funções de supervisão do sistema como um todo, otimização do processo e geração de relatórios, possibilitando elaborar estratégias para aumentar a eficiência do controle e melhorar o gerenciamento do processo.
- Subsistema de comunicação: conecta os computadores de obtenção de dados aos computadores que realizam as operações, além de conectar os processos entre si. É imprescindível para o funcionamento do sistema e por isso normalmente é redundante.

A figura 3 mostra um modelo de referência de SDCD.

Figura 3: Modelo de referência de SDCD



Fonte: SOUZA, 1999

2.5 PROCESS INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM

O PIMS (*Process Information Management System*) é uma ferramenta com a finalidade de armazenar dados de diversas fontes (CLPs, SDCDs, etc.) em um banco de dados e torná-los disponíveis a partir de uma estação na qual pode ser visualizada tanto os dados em tempo real como os dados históricos da planta.

O PIMS visa acumular conhecimento de processo através dos dados armazenados, de forma a propiciar melhores decisões operacionais, de projeto e de manutenção. É uma ferramenta bastante útil para o engenheiro de processo, pois permite realizar análises, comparar dados atuais e arquivados e tirar conclusões sobre o comportamento atual e passado de um determinado processo.

Conforme SEIXAS FILHO, 2007, seus principais componentes são:

- Historiador: responsável pela coleta dos dados e armazenamento em um banco de dados temporal;
- Interface Gráfica: recuperação de visualização dos dados armazenados;
- Aplicações Clientes: aquisição de dados de processo; manuseio de dados de análises laboratoriais; gestão e monitoração de bateladas; controle estatístico

de processo; disponibilização de dados para a *web*; aderência à plataforma *Microsoft®*.

2.6 REDES INDUSTRIAIS

Dentro de uma planta industrial, algumas aplicações podem ser isoladas, mas na maioria dos casos é necessária a integração entre elas. As redes industriais surgiram com o objetivo de permitir a comunicação e troca de dados entre todas as aplicações e ferramentas de automação, incluindo IHMs, CLPs, SDCDs, etc.

Segundo MORAES e CASTRUCCI (2007), deve-se levar em consideração para garantir que a rede de comunicação atenda as necessidades do ambiente industrial os seguintes aspectos: taxa de transmissão, topologia física da rede, meio físico de transmissão, tecnologia de comunicação e algoritmo de acesso ao barramento. Além disso, conforme NOGUEIRA, 2009, deve-se também levar em conta fatores como: compatibilidade da rede com o ambiente, custo e facilidade de instalação, configuração e expansão do sistema, manutenção, quantidade de dispositivos, disponibilidade de produtos, entre outros.

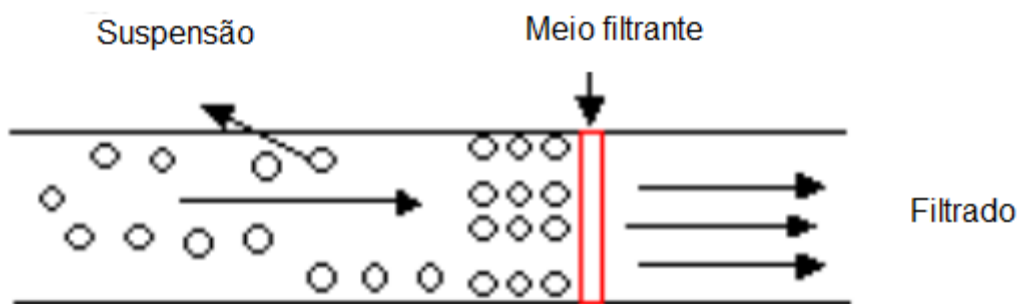
Antigamente, durante a expansão de um sistema de automação existente, o usuário se sentia forçado a considerar em um novo projeto ferramentas do mesmo fornecedor, com o objetivo de facilitar a comunicação entre eles e garantir a troca de dados entre o sistema antigo e o novo, mesmo que a ferramenta de outro fornecedor apresentasse soluções que atendessem melhor a sua necessidade.

A partir dessa necessidade, o modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) foi criado e definido para uniformizar o modo de conexão de redes de dados, tornando possível a interconexão dos sistemas. O padrão OSI é utilizado para construir assim os protocolos de comunicação. Eles são os elementos de maior relevância para a rede industrial, sem os mesmos a rede não funciona. O protocolo é um padrão que especifica o formato dos dados, sendo composto por conjunto de regras que ditam como se dará a comunicação entre os sistemas. Alguns dos protocolos mais conhecidos e utilizados são: Modbus, Profibus, Ethernet, Fieldbus Foundation, etc.

2.7 FILTRAÇÃO COM FILTRO DE LÂMINAS

A filtração consiste em uma etapa puramente física que tem como finalidade separar partículas sólidas de uma suspensão líquida. Segundo TANNOUS e ROCHA (2015), os sólidos contidos na suspensão líquida ficam retidos sobre o meio filtrante, formando uma torta, que aumenta sua espessura durante o processo de filtração (ver figura 4).

Figura 4: Filtração



Fonte: TANNOUS e ROCHA, 2015

Existem diversos tipos de filtros e cada um deles é adequado para algum tipo de aplicação. Para determinação do tipo de filtro é necessário considerar inúmeros fatores associados às características da torta (compressibilidade, uniformidade, propriedades físico-químicas, etc.) e a da suspensão líquida (vazão, temperatura, granulometria, heterogeneidade, etc.). Além disso, deve-se definir:

- Regime de operação (contínuo ou batelada);
- Força motriz (gravidade, pressão, vácuo, vácuo-pressão ou força centrífuga);
- Material do meio filtrante (areia, tecido, papel, etc.);
- Função (clarificadores, espessadores, etc.);
- Detalhes construtivos (filtros de areia, lâminas ou rotativos, etc.)

A partir de todas essas análises, são classificados os tipos de filtros. Os principais tipos utilizados na indústria são: filtros de leito poroso granular, filtros prensa, filtros de lâminas e filtros contínuos rotativos.

Conforme MESSANO, 2015, o filtro de lâminas, também conhecido como filtro de folhas, é formado por um conjunto de placas, que são armações de metal ocas

revestidas por um tecido filtrante, responsável pela separação das partículas sólidas (torta) e a suspensão líquida. O conjunto de placas é mergulhado em uma bacia (tanque fechado) e a suspensão que se deseja filtrar é introduzida na bacia, passando pelo tecido a baixa pressão (vácuo). A torta é depositada no exterior da placa (sobre o tecido filtrante) e o filtrado flui para dentro da placa, sendo enviado para um tanque de filtrado. Após a filtração, ocorre uma etapa de lavagem, que consiste na limpeza da torta formada na etapa de filtração. O conjunto de placas é retirado da bacia de filtração e mergulhado em uma bacia para lavagem. O líquido de lavagem segue o mesmo caminho que a suspensão.

A figura 5 é um exemplo de filtros de lâminas do tipo horizontal.

Figura 5: Filtro de lâminas horizontal



Fonte: Mining Technology, 2015

3 METODOLOGIA

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as ferramentas de automação e suas aplicações para avaliar qual seria a melhor ferramenta a se utilizar na seção de filtração com filtro de lâminas da organização na qual seria implementado o sistema. O processo de filtração com filtro de lâminas foi estudado e o funcionamento da seção foi acompanhado com o intuito de compreender as necessidades e oportunidades de melhoria dessa seção.

3.2 COLETA DE DADOS DA SEÇÃO

Para o desenvolvimento das lógicas de programação e do controle da seção da filtração com filtro de lâminas foram coletados dados reais no campo durante a operação normal do processo, como tempos do conjunto de placas nas bacias de filtração e lavagem, níveis das bacias com ou sem o conjunto de placas, parâmetros de qualidade do produto, funcionamento do sistema de vácuo, entre outros.

3.3 ARQUITETURA DO SISTEMA

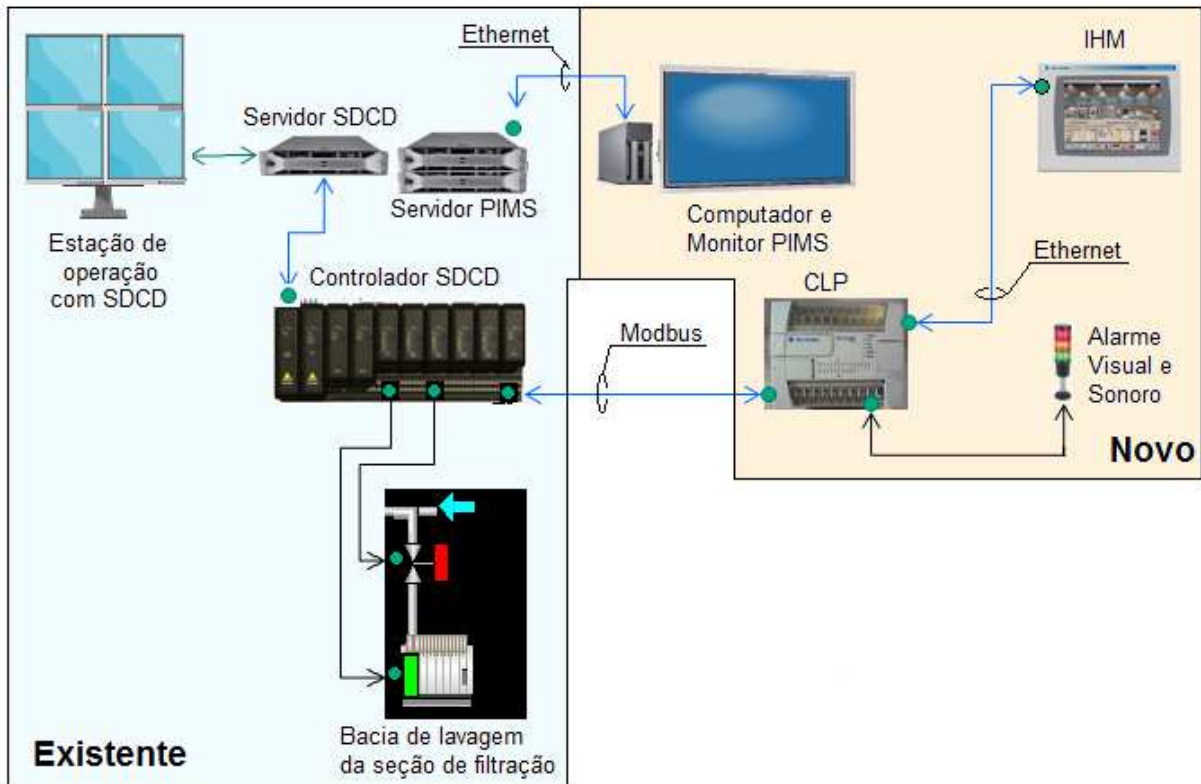
Foi necessário adicionar na arquitetura do sistema existente um computador com a ferramenta PIMS, um CLP, uma IHM e disponibilizar entradas e saídas analógicas e digitais no SDCD existente para proporcionar a comunicação entre eles, conforme é visto na figura 6.

O computador com a ferramenta PIMS foi colocado no campo e um monitor foi disponibilizado na seção para permitir a visualização de forma rápida e ampla de todo o sistema de filtração com filtro de lâminas. O CLP foi utilizado para a criação da maior parte da lógica de automação e controle das bacias da seção. Foi colocada uma IHM no campo próxima a seção para permitir a entrada dos dados necessários para o funcionamento das lógicas de automação pelo operador e também para acompanhamento das filtrações da seção de forma mais detalhada. O SDCD existente foi utilizado para a criação de parte da lógica de automação e para o armazenamento/centralização de todos os dados do sistema. Um alarme visual e

sonoro também foi disponibilizado no campo para alertar o operador o momento em que o mesmo deve tomar ações para continuação do processo de filtração.

A interligação entre SDCD e CLP foi feita através do protocolo de comunicação Modbus, visto que este atendia a aplicação do projeto e existia um cartão Modbus disponível no SDCD. As demais conexões foram feitas via Ethernet, pois durante a fase de estudo da arquitetura do projeto a mesma foi considerada a melhor opção devido a sua taxa de velocidade de dados e facilidade de configuração e manutenção.

Figura 6: Arquitetura do sistema



Fonte: Autoria própria

3.4 CONFIGURAÇÃO DA LÓGICA NO CLP E SDCD

Para que haja a etapa completa da filtração é necessário o seguimento de uma série de manobras operacionais, ou seja, a realização das etapas são ações sequenciais para cada uma das filtrações.

Para a construção da lógica de programação das filtrações, foi necessário o entendimento de todos os passos e o que deve ser feito em cada um deles, quer

seja através de uma ação automática do CLP/SDCD ou de uma solicitação de intervenção do operador. A lógica de programação também contemplou a manipulação das entradas/saídas analógicas e digitais vindas do campo, os comandos e acionamento dos equipamentos, totalizações, etc.

Além disso, a lógica seguiu a definição de intertravamentos desejados no processo. Os intertravamentos são proteções na lógica para garantir a segurança do processo quando este estiver em operação (exemplo: uma válvula de alimentação de uma bacia ser fechada em um determinado momento em que a bacia esteja sendo alimentada, a fim de que a substância contida nela não transborde).

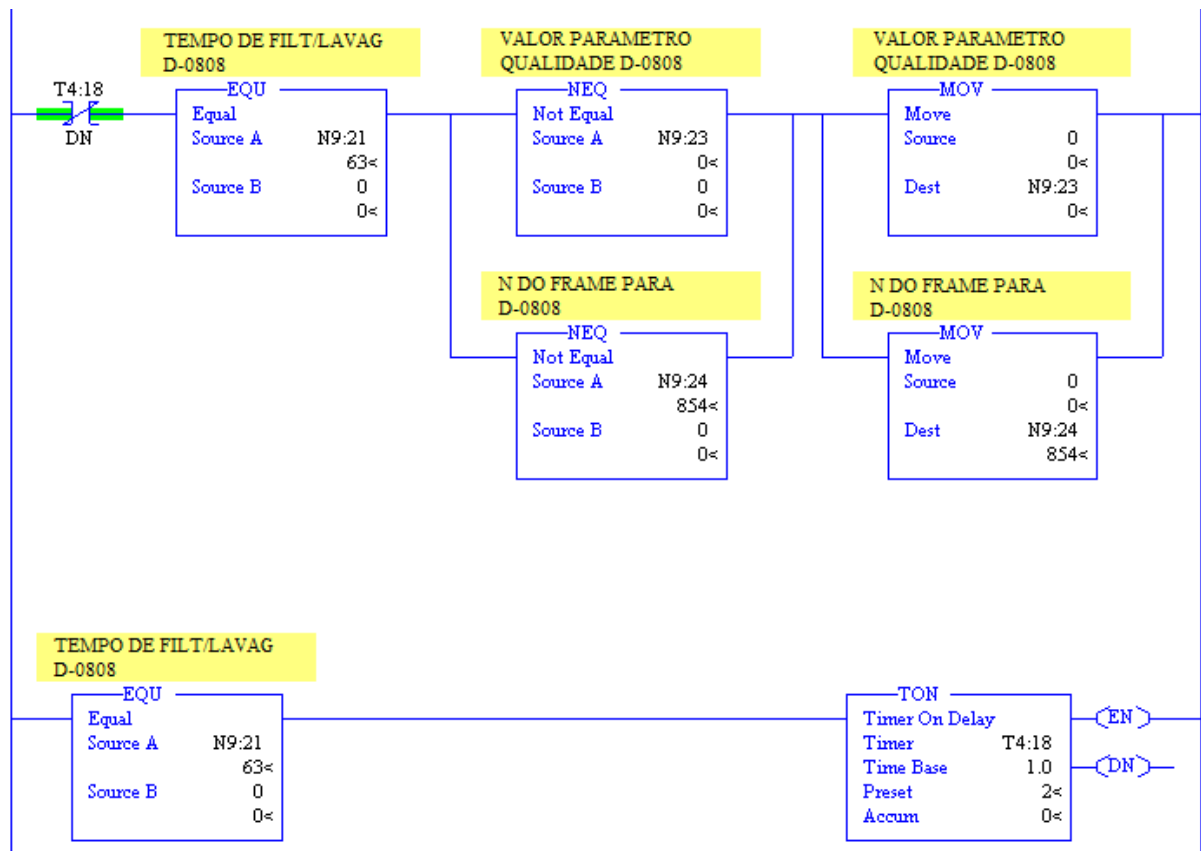
Foi criada uma planilha (ver tabela 1) definindo as entradas e saídas do sistema e seus endereços nos aplicativos de automação utilizados com o objetivo de universalizar a comunicação e facilitar a programação do sistema.

Tabela 1: Exemplo de endereços de entradas e saídas

I/O	MODB	BACIA	VARIÁVEL	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	I/O	END2
	40001	D-0802	WI-0802									N23.0
	40002	D-0802	D-0802_TF									N23.1
OUT	40003	D-0802	D-0802_TAD								IN	N23.2
	40004	D-0802										N23.3
	40005	D-0802	D-0802_SDIN									N23.4
	40238	D-1030	D-1030_NF									N23.237
IN	40239	D-1030	D-1030_VT								OUT	N23.238
	40240	D-1030	D-1030_SDOUT									N23.239
	40241	D-0815	LI-0815									N23.240
	40242	D-0821	LI-0821									N23.241
	40243	D-0870	LI-0870									N23.242
	40244	D-0871	LI-0871									N23.243
	40245	D-0920	LI-0920									N23.244
OUT	40246	D-0922	LI-0922								IN	N23.245
	40247	D-1001	LI-1001									N23.246
	40248	D-1005	LI-1005									N23.247
	40249	D-1050	LI-1050									N23.248
	40250	F-1	F1_TD									N23.249
	40251	F-2	F2_TD									N23.250
	40252	Geral_R1										N23.251
	40253	PLC_1	PLC1_SF									N23.252
IN	40254	Geral_R1									OUT	N23.253
	40255	Geral_R2										N23.254

A lógica de programação foi desenvolvida no CLP utilizando a linguagem *ladder*. Este nome se deve ao fato de que a representação desta linguagem se parece com uma escada, na qual duas barras verticais e paralelas são interligadas por uma lógica. A lógica *ladder* utiliza uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos que são encontrados em esquemas de comandos elétricos (contatos e bobinas), conforme a figura 7 abaixo.

Figura 7: Exemplo de lógica *ladder*

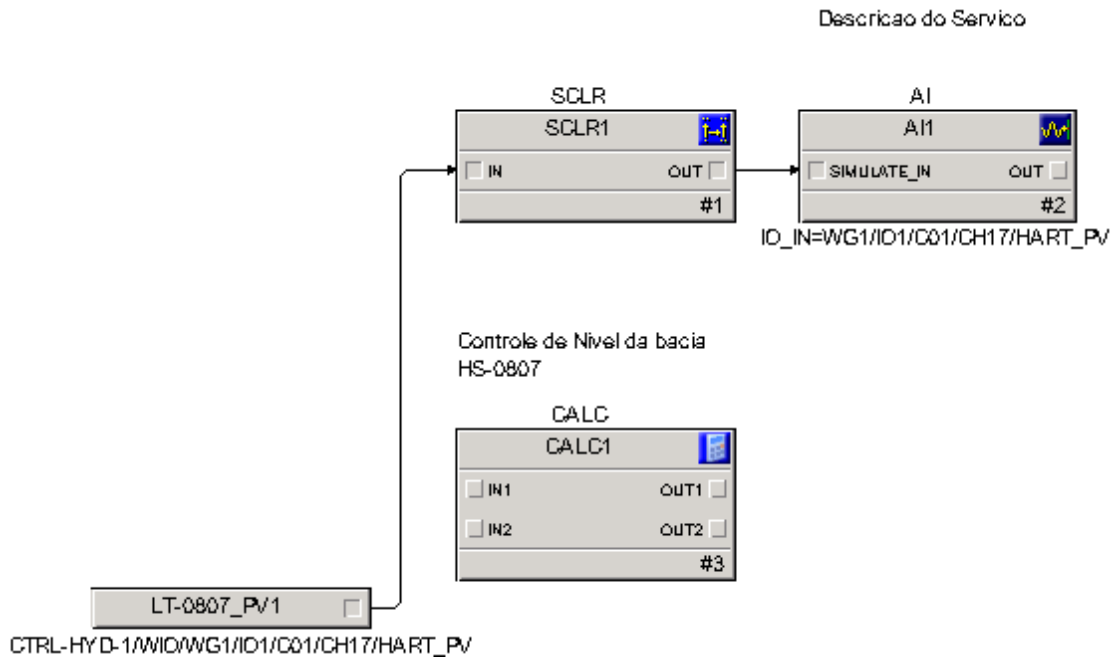


Fonte: Autoria própria

Já no SDCD, a lógica de programação foi desenvolvida utilizando os blocos de função. Existem inúmeros tipos de bloco de função, como blocos de entradas e saídas de dados, blocos com funções de controle analógico e blocos com outras funções básicas. Cada bloco possui um grupo de parâmetros associados que podem ser modificados para a criação do algoritmo. Os blocos podem ser utilizados para diversas aplicações, que podem ser do tipo mais simples, como conversões de entradas/saídas, ou do tipo mais complexo, como blocos para traçar estratégias de controle (nesse caso pode-se inclusive fazer a combinação de vários blocos).

Na programação, os blocos são ligados entre si, com os símbolos dispostos em uma ordem lógica estabelecendo assim a relação entre eles e o fluxo correto de programação (ver figuras 8 e 9).

Figura 8: Exemplo de lógica com blocos de função



Fonte: Autoria própria

Figura 9: Criação de algoritmo dentro de um bloco

```

CALC1 Expression
Cut Copy Paste
+ * = < > ( )
- / | = < > )
:= NOT AND OR
Functions Recently Used
Function Library
Internal Parameter External Parameter Alias
Named State SELSTR LOGEVENT
DeltaV Functions
Replace Go To Find Insert
Editing

Expression:
1 REM ABRE A VALVULA EM MODO LOCAL DELTAV OPERAÇÃO SALA DE CONTROLE, AUTOMATICAMENTE EM FUNÇÃO DO NÍVEL
2 IF ( '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 0 AND '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND '^/A11/LO_LO_ACT.CV' = 0 AND '^/A11/LO_ACT.CV' = 1 ) OR
3
4 REM ABRE A VALVULA EM MODO REMOTO IHM EM MODO AUTOMÁTICO, AUTOMATICAMENTE EM FUNÇÃO DO NÍVEL
5 { '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 1 AND '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D1.CV' = 1 AND '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND
6 '^/A11/LO_LO_ACT.CV' = 0 AND '^/A11/LO_ACT.CV' = 1 ) OR
7
8 REM ABRE A VALVULA EM MODO REMOTO IHM EM MODO MANUAL, AÇÃO DO OPERADOR
9 ( '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 1 AND '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D1.CV' = 0 AND
10 '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D2.CV' = 1 )
11 THEN
12 '//HS-0807/CASCATA.CV' := 1;
13 'OUT1.CV' := 1;
14 ENDIF;
15
16 REM FECHA A VALVULA EM MODO LOCAL DELTAV OPERAÇÃO SALA DE CONTROLE, AUTOMATICAMENTE EM FUNÇÃO DO NÍVEL
17 IF ( '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 0 ) AND ( '^/A11/LO_LO_ACT.CV' = 1 OR '^/A11/HI_ACT.CV' = 1 ) ) OR
18
19 REM FECHA A VALVULA EM MODO REMOTO IHM EM MODO AUTOMÁTICO, AUTOMATICAMENTE EM FUNÇÃO DO NÍVEL
20 ( ( '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 1 AND '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D1.CV' = 1 ) AND
21 '^/A11/LO_LO_ACT.CV' = 1 OR '^/A11/HI_ACT.CV' = 1 ) ) OR
22
23 REM FECHA A VALVULA EM MODO REMOTO IHM EM MODO MANUAL, AÇÃO DO OPERADOR
24 ( '//HS-0807/DC1/MODE.ACTUAL' = CAS AND '//AI-0807/DV-IHM.CV' = 1 AND '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D1.CV' = 0
25 AND '//AI-0807/OUTBITS/OUT_D2.CV' = 0 ) THEN
26 '//HS-0807/CASCATA.CV' := 0;
27 'OUT1.CV' := 0;
28 ENDIF;

```

Fonte: Autoria própria

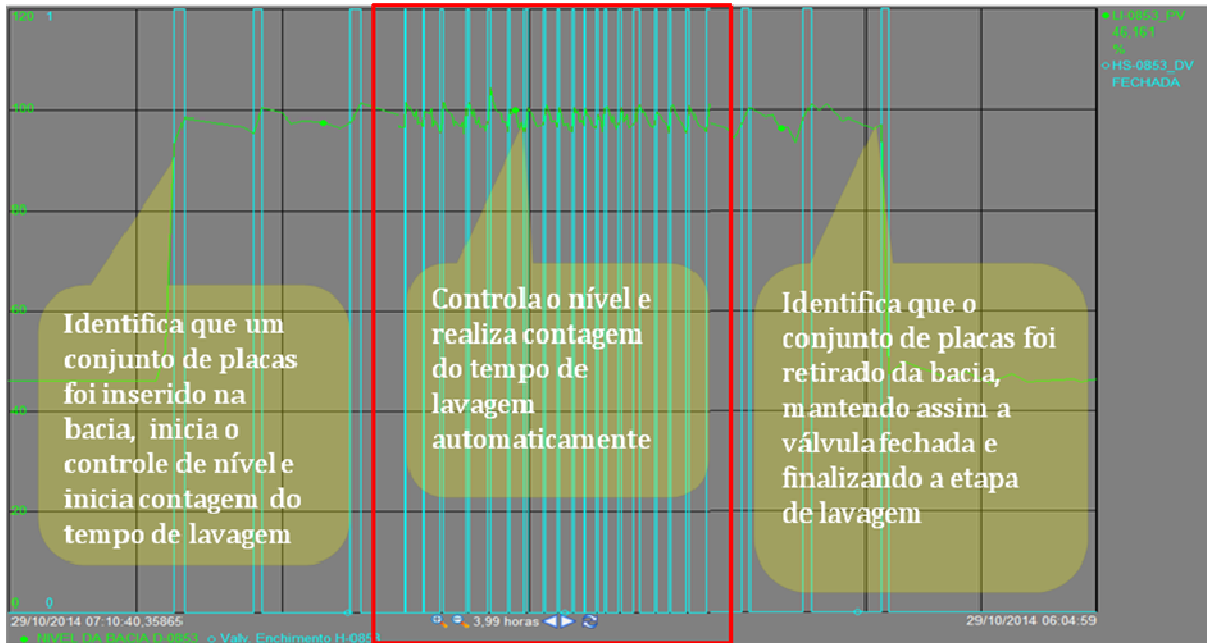
A seção de filtração com a utilização do filtro de lâminas é dividida em duas etapas: filtração e lavagem.

A etapa de filtração possui como entrada de dados o *tag* do conjunto de placas mergulhado nas bacias, tempos adicionais de filtração, partida da filtração e parada da filtração. O sistema de automação utiliza essas informações para sinalizar ao operador o momento de finalização do processo e nesse momento é possível selecionar um tempo adicional, que será novamente totalizado automaticamente pelo sistema. A etapa de filtração não possui válvulas automáticas de alimentação da suspensão líquida e o acionamento das mesmas é feito manualmente em campo.

A etapa de lavagem possui como entrada de dados o *tag* do conjunto de placas mergulhado nas bacias e os tempos adicionais de lavagem. Não foi necessária nas bacias de lavagem a informação de partida de lavagem e parada de lavagem pela operação, pois nessa etapa existe medição de nível e válvulas pneumáticas controladas via SDCD nas bacias. Essa configuração permitiu a criação de uma estratégia de controle de nível. Para isso, foram identificados os níveis da bacia antes e depois de mergulhar o conjunto de placas. Quando o conjunto de placas é inserido, o sistema inicia o controle do nível através da abertura e fechamento da válvula pneumática de alimentação do líquido de lavagem, iniciando a contagem do tempo de lavagem daquele conjunto de placas. Finalizado esse tempo, é sinalizado ao operador que a lavagem foi concluída. Caso seja necessário, é possível inserir um tempo adicional de lavagem. Se a etapa for concluída, basta o operador retirar o conjunto de placas da bacia, e através da mudança do nível da bacia o sistema automaticamente dará a etapa como finalizada, sem o comando do operador.

A figura 10 exemplifica a estratégia de controle de nível descrita acima.

Figura 10: Estratégia de controle de nível



Fonte: Autoria própria

Todo o alinhamento do sistema de vácuo da seção de filtração, em ambas as etapas, é feito manualmente pelo operador no campo.

Na estação de operação do SDCD, localizada na sala de controle, foram disponibilizadas duas telas contemplando todas as bacias de filtração e lavagem das seções, com os tempos de filtração e lavagem e o modo de operação das válvulas de alimentação das bacias de lavagem (figuras 11 e 12).

Figura 11: Tela das bacias no SDCD da seção de filtração I

■ D-0805 0.0 min 0 mL	■ D-0809 87.6 min 0 mL	■ D-0852 0.0 min 0 mL	D-0802 300.0 min	D-0817 300.0 min
■ D-0806 0.0 min 0 mL	■ D-0810 10.6 min 0 mL	■ D-0853 29.8 min 0 mL	D-0803 0.0 min	D-0850 0.0 min
■ D-0807 120.5 min 0 mL	■ D-0822 0.0 min 0 mL	■ D-0854 0.0 min 0 mL	D-0804 0.0 min	D-0851 300.0 min
■ D-0808 100.6 min 0 mL	■ D-0823 0.0 min 0 mL	■ D-0855 33.4 min 0 mL	Tempo padrão : LAV: 70.00 FLT: 70.00	

Fonte: Autoria própria

Figura 12: Tela das bacias no SDCD da seção de filtração II

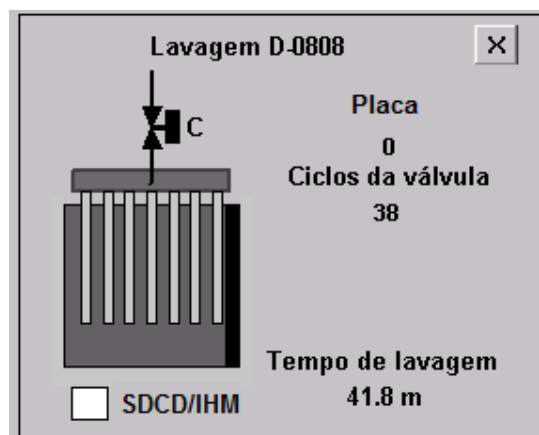
■	D-1006	0.0 min	0 mL	Tempo padrão
■	D-1007	0.0 min	0 mL	LAV: 70.00
■	D-1012	104.6 min	2 mL	FLT: 20.00
■	D-1013	0.0 min	0 mL	D-1008 0.0 m
■	D-1014	0.0 min	0 mL	D-1009 0.0 m
■	D-1027	84.8 min	2 mL	D-1010 0.0 m
■	D-1029	0.0 min	0 mL	D-1011 0.0 m
■	D-1030	0.0 min	0 mL	

Fonte: Autoria própria

Ainda na sala de controle foram criadas telas detalhadas de cada bacia de lavagem, já que as válvulas de alimentação dessa bacia podem ser controladas pelo sistema de automação. Além do controle, tem-se mais informações sobre a lavagem, como *tag* do conjunto de placas, ciclos de abertura e fechamento da válvula para aquela lavagem, tempo de lavagem e modo de operação da válvula.

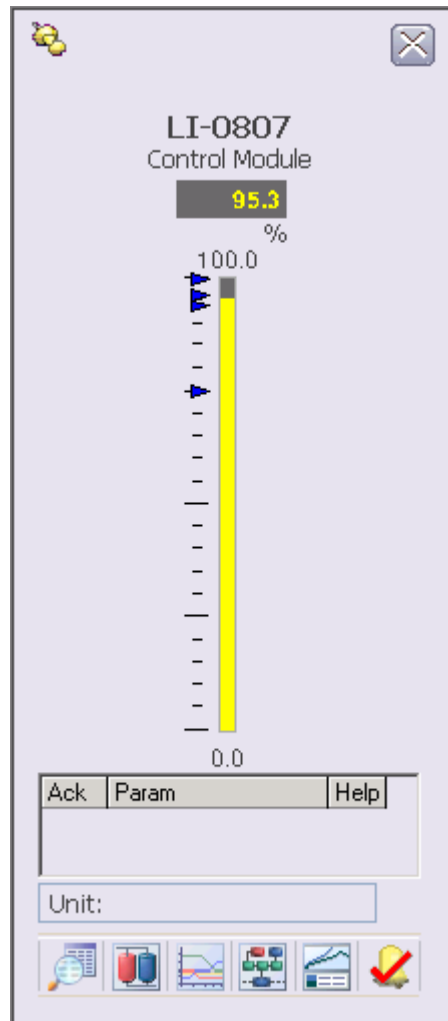
O operador da sala de controle pode definir que o enchimento da bacia de lavagem será automático (feito pelo sistema, conforme descrito acima), remoto (feito pelo operador pela sala de controle através do SDCD) ou manual (feito em campo pelo operador da seção através da IHM). Pelo SDCD também é disponibilizada uma tela com a indicação de nível e detalhes de cada bacia, como os níveis normais da bacia com ou sem o conjunto de placas (ver figuras 13 e 14).

Figura 13: Detalhe da bacia de lavagem no SDCD



Fonte: Autoria própria

Figura 14: Nível e detalhes da bacia de lavagem no SDCD



Fonte: Autoria própria

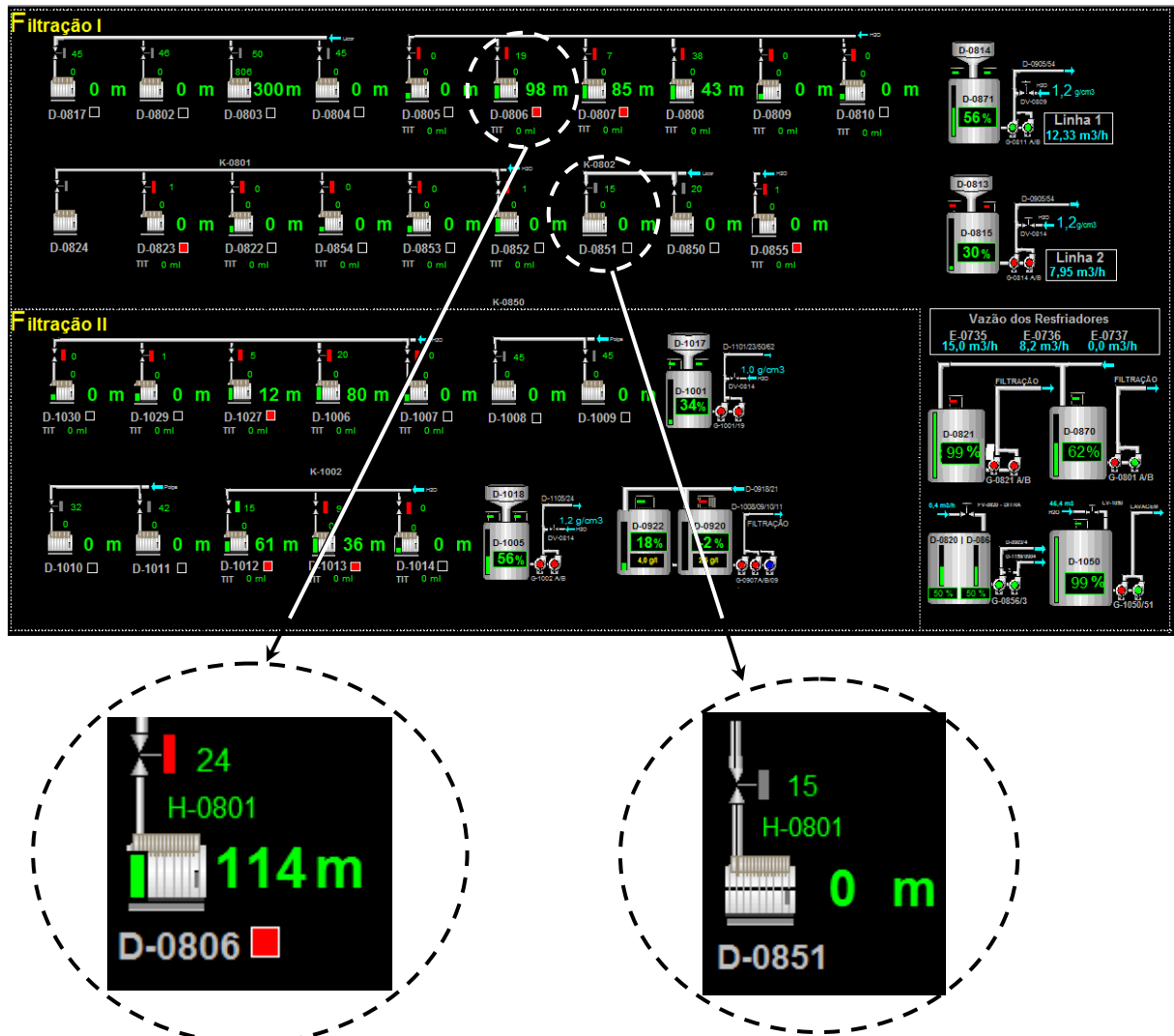
3.5 CONFIGURAÇÃO DO PIMS

O computador com PIMS e monitor foram instalados em campo com a finalidade de visualizar a seção de forma ampla, possibilitando também identificar quais bacias necessitam de intervenção de forma mais rápida. Apenas uma tela fica disponível no monitor, com todos os dados importantes para a tomada de decisões na seção, como por exemplo definir em qual tanque será descarregado o conjunto de placas de acordo com nível de cada um deles.

Em todas as bacias são visualizados os tempos (filtração ou lavagem), *tag* do conjunto de placas e indicação de se naquela bacia precisa ser tomada alguma ação por parte da operação. Para cada bacia de filtração é disponibilizada a quantidade

de filtrações feitas no dia; para cada bacia de lavagem é informada a quantidade de ciclos de abertura da válvula de alimentação daquela lavagem (ver figura 15).

Figura 15: Tela disponível no monitor



Fonte: Autoria própria

3.6 CONFIGURAÇÃO DA IHM

A IHM foi configurada objetivando a praticidade de sua utilização. As telas foram criadas com o intuito de manter uma interação amigável e simples para a operação. Foram configuradas as leituras dos níveis das bacias da seção, os tempos de filtração, as opções para enviar comando de abertura e fechamento das válvulas e as animações para indicar o estado das mesmas, além de indicações através de mudança de cores que sinalizam ao operador que alguma ação precisa

ser tomada. Essas configurações possibilitaram monitorar o processo em tempo real, permitindo a operação da seção através da IHM.

Além dos dados padrão que devem ser sempre inseridos na IHM, o operador pode modificar parâmetros (tempos adicionais de filtração e lavagem) da lógica, a depender das condições de processo.

É possível também utilizar o controle de enchimento das bacias de lavagem de forma manual pelo operador em campo, ou seja, caso seja necessário a limpeza da bacia, as manobras de abertura e fechamento das válvulas de alimentação dessas bacias podem ser feitas todas manualmente.

A tela *Menu Geral* (figura 16) permite que o operador selecione qual das seções de filtração com filtro de lâminas existente na área ele deseja operar.

Figura 16: Tela de Menu Geral



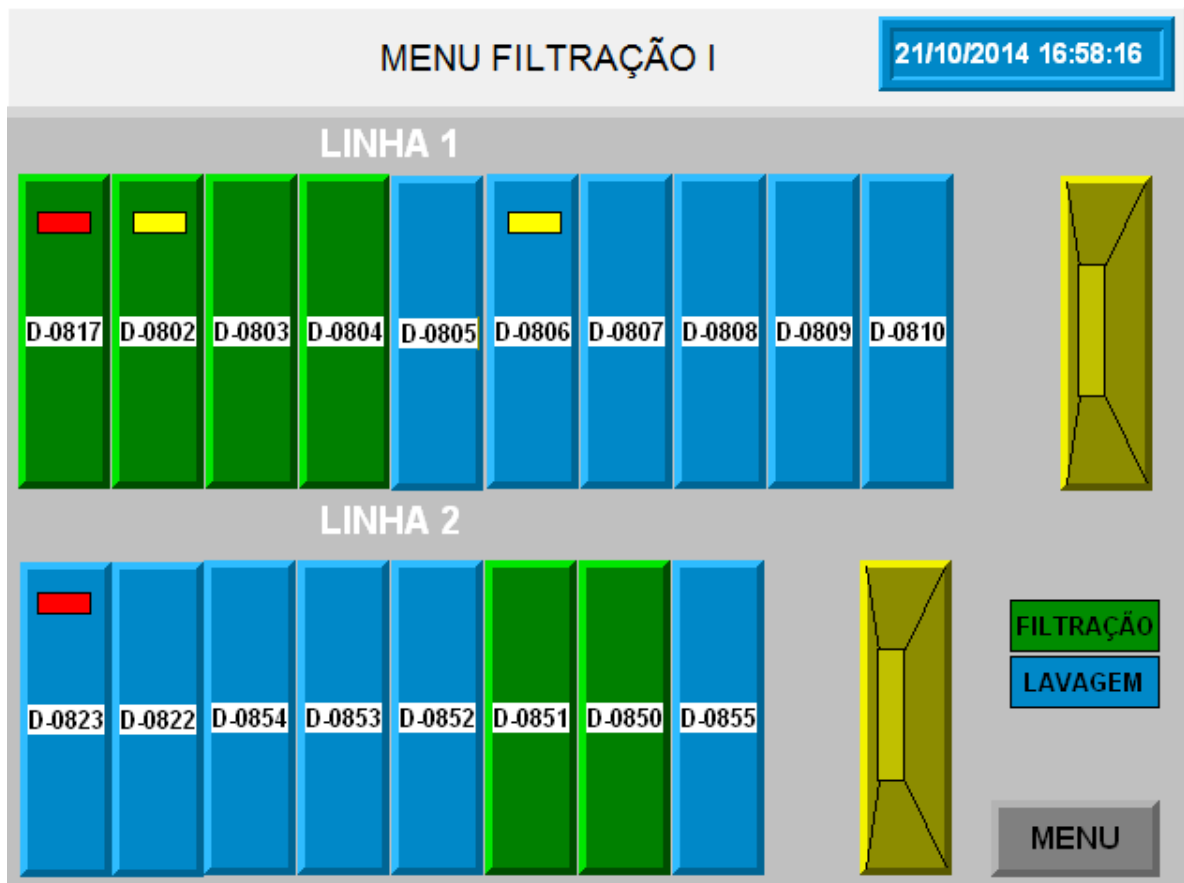
Fonte: Autoria própria

Após a seleção da seção desejada (Filtração I ou Filtração II), é disponibilizada na tela da IHM uma tela de visão geral da seção escolhida (figura

17). O operador deve selecionar a bacia que será operada, entre as de lavagem (bacias na cor azul) ou de filtração (bacias na cor verde).

Nessa tela também há uma indicação em cada bacia para informar ao operador que ele deve tomar alguma ação nessa bacia (retirar o conjunto de placas, adicionar tempo de filtração, verificar o parâmetro de qualidade do processo, inserir *tag* do conjunto de placas, etc.). Se a indicação estiver em vermelho, significa que existe uma ação a ser tomada pelo operador nessa bacia, mas que o mesmo não está ciente; em amarelo significa que o operador já está ciente da ação a ser tomada, mas ainda não a executou.

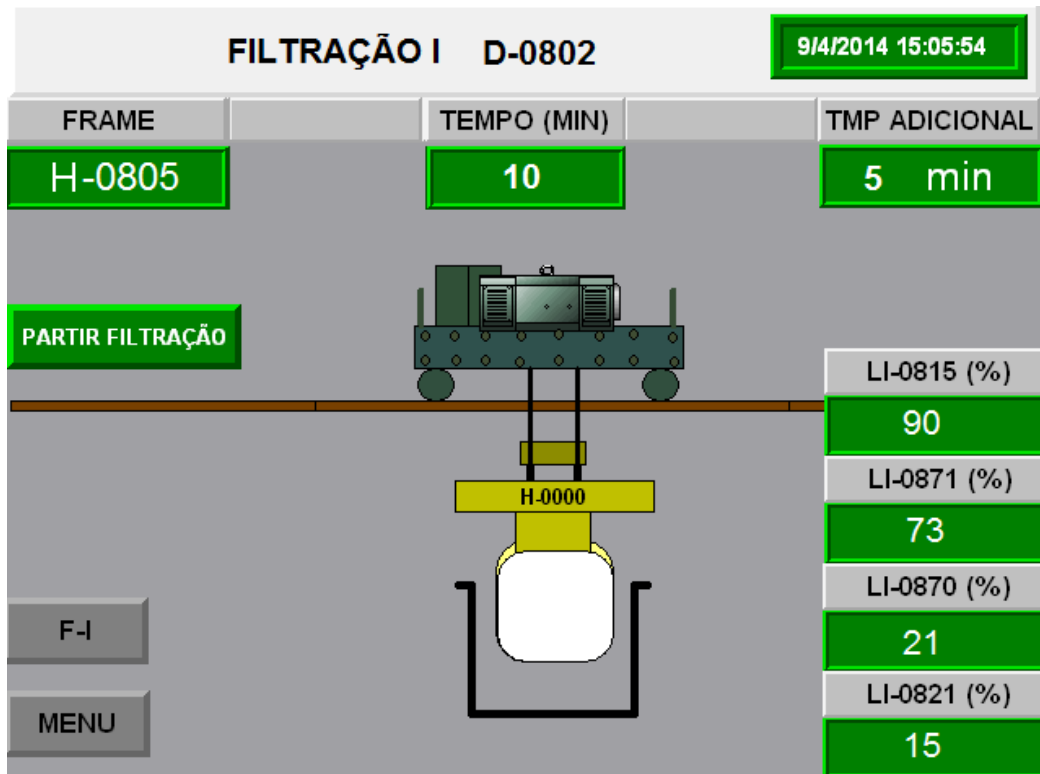
Figura 17: Tela de Menu da seção de Filtração



Fonte: Autoria própria

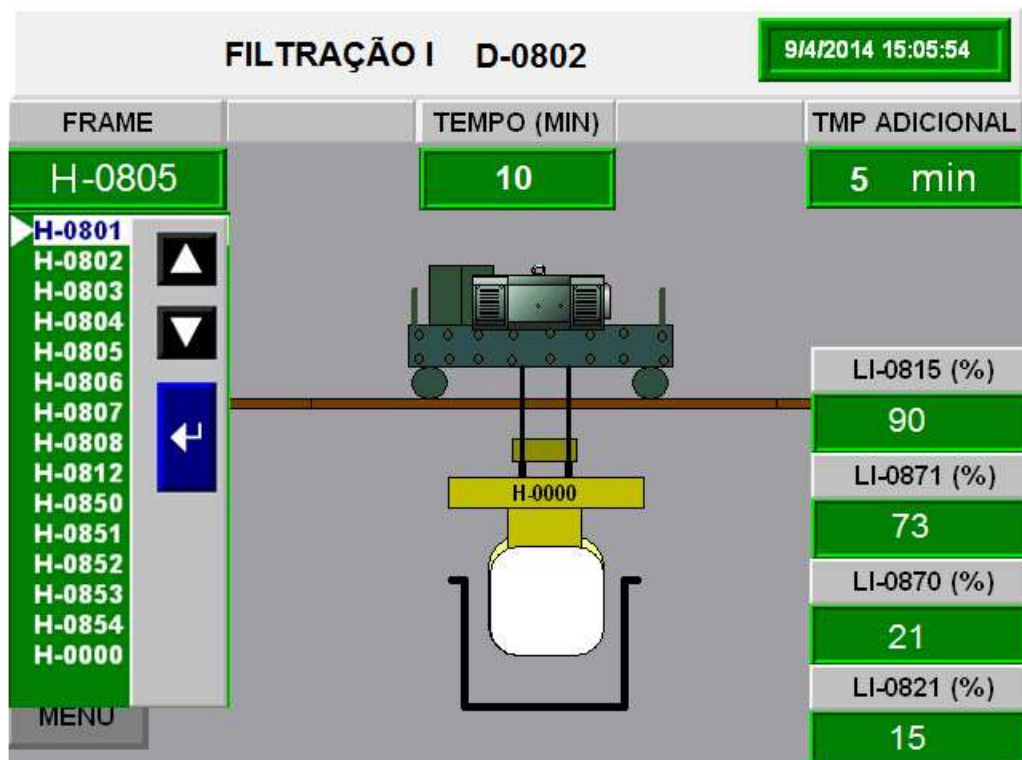
Na IHM, a tela das bacias de filtração (figuras 18 e 19) contém diversas informações sobre o estado de operação da bacia (tempo decorrido da filtração, níveis de tanques de alimentação e descarga da seção) e de variáveis que o operador deve informar na IHM (*tag* do conjunto de placas, tempo adicional de filtração, botões de partida e parada da filtração, etc.).

Figura 18: Tela da bacia da etapa de filtração



Fonte: Autoria própria

Figura 19: Seleção do conjunto de placas

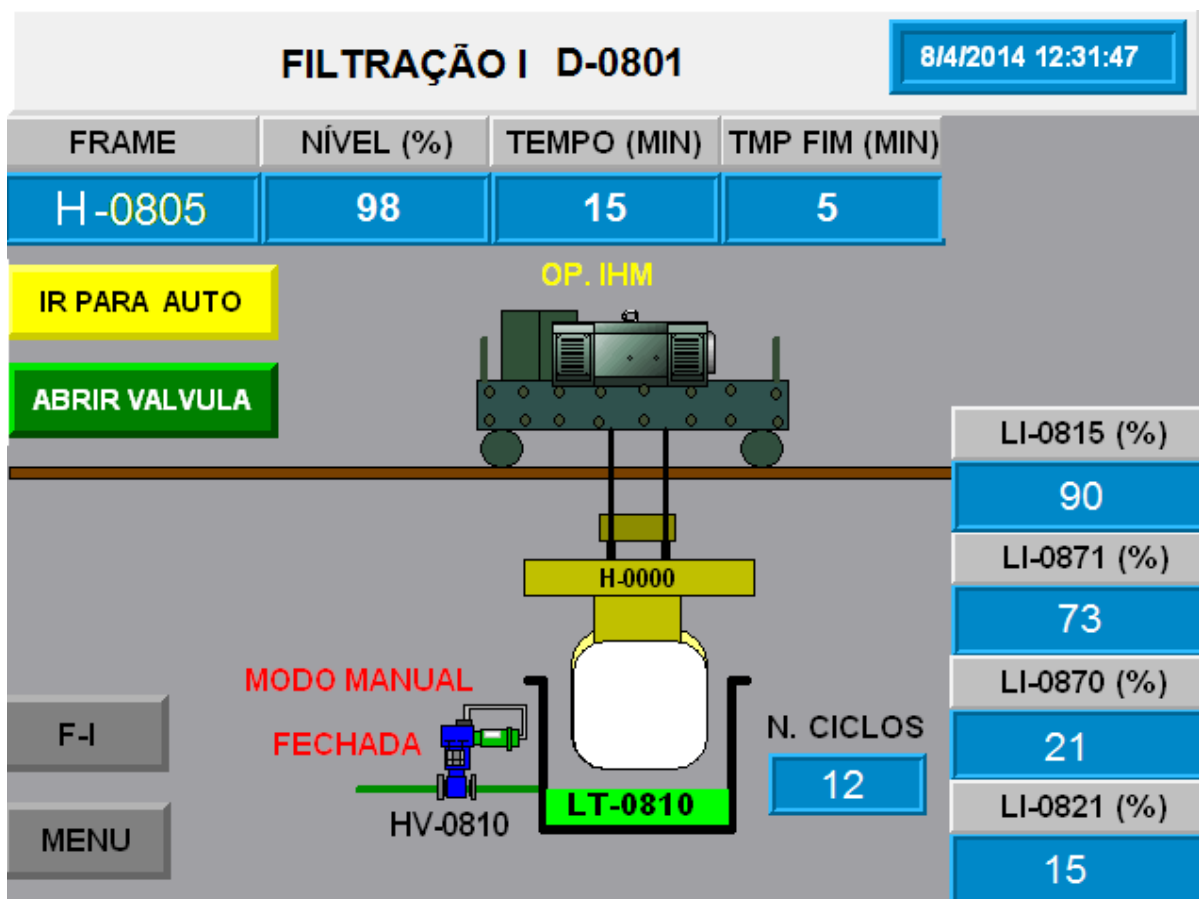


Fonte: Autoria própria

Também na IHM, a tela das bacias de lavagem contém diversas informações sobre o estado de operação da bacia (nível da bacia, indicação do modo de operação da válvula de alimentação da bacia e o estado da mesma, tempo decorrido da lavagem, níveis de tanques de alimentação e descarga da seção, número de ciclos de abertura e fechamento da válvula) e de variáveis que o operador deve informar na IHM (*tag* do conjunto de placas, tempo adicional de lavagem, botões de acionamento da válvula quando em modo manual, etc.).

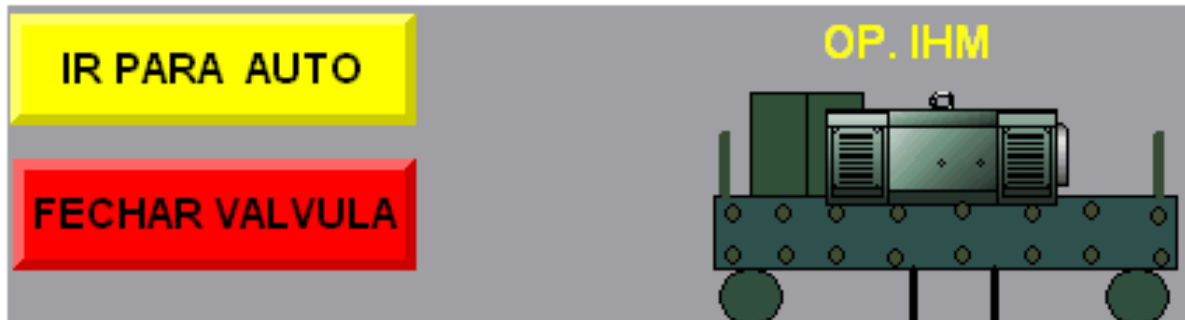
As ilustrações abaixo (figuras 20 a 24) mostram as informações e comandos disponíveis nas telas das bacias da etapa de lavagem (modo de operação em automático/manual, botões para seleção do modo de operação, botões para abertura e fechamento da válvula, indicações de falha da válvula, etc.).

Figura 20: Tela da bacia da etapa de lavagem em modo manual



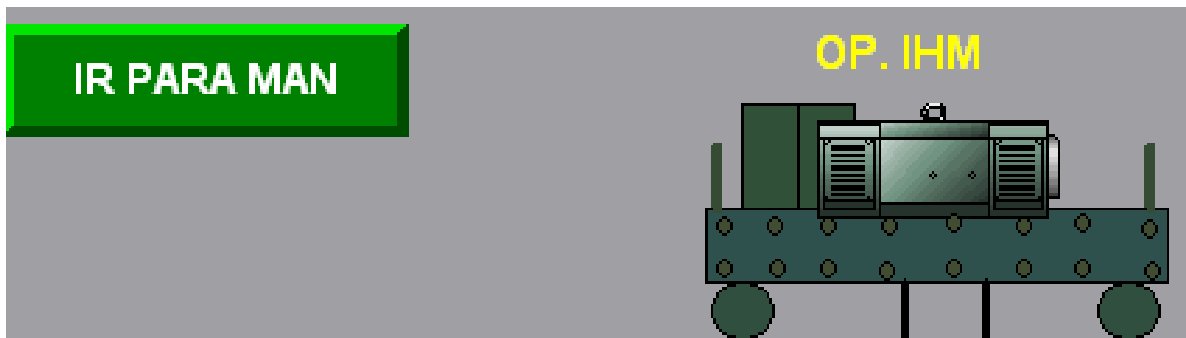
Fonte: Autoria própria

Figura 21: Botões para fechar válvula pela IHM e para selecionar modo automático



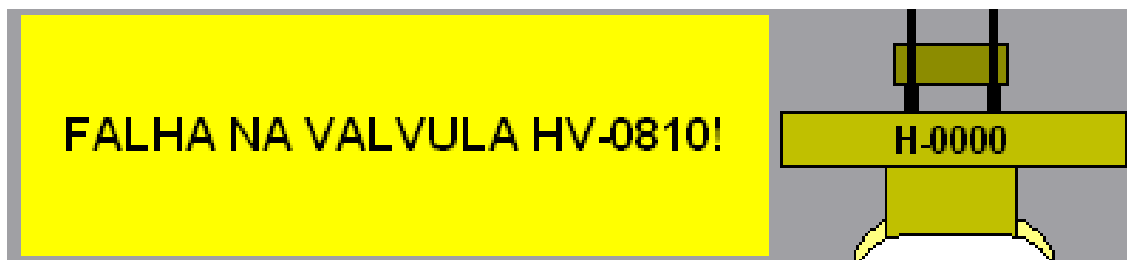
Fonte: Autoria própria

Figura 22: Botão para colocar operação da válvula em manual



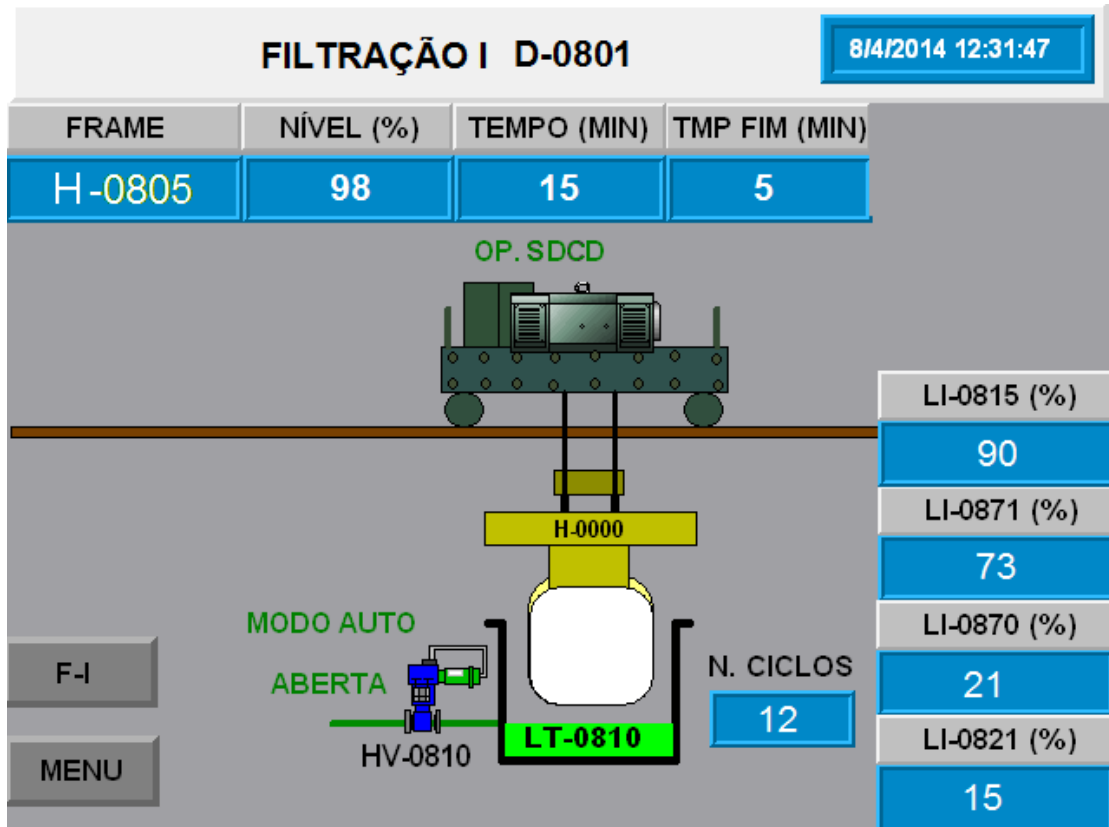
Fonte: Autoria própria

Figura 23: Indicação de falha de acionamento da válvula



Fonte: Autoria própria

Figura 24: Tela da bacia da etapa de lavagem em modo automático



Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS

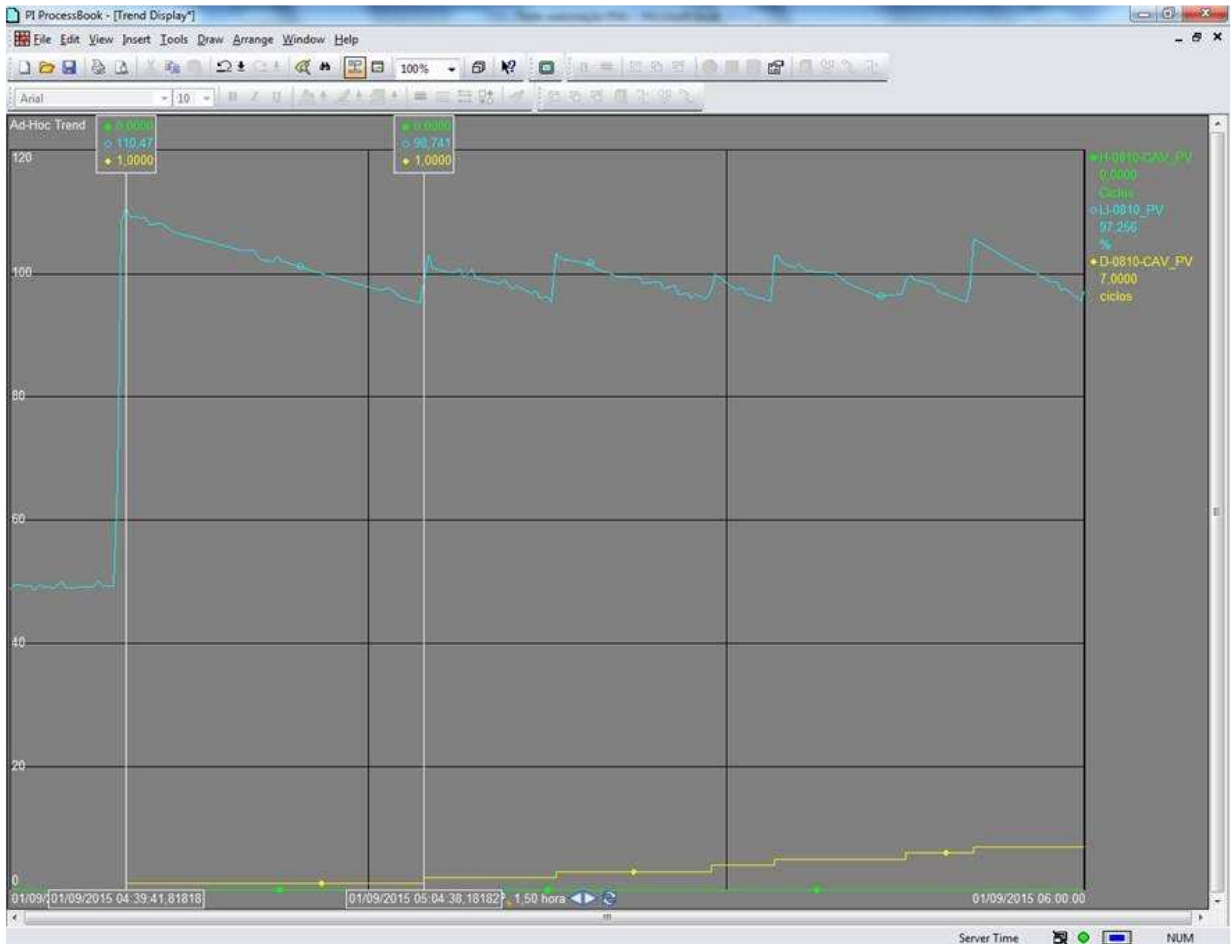
Após implementação do sistema, foram realizados todos os testes operacionais em todas as bacias de filtração e lavagem. Durante os testes em campo, foram feitos alguns ajustes no sistema de automação com o objetivo de torná-lo ainda mais prático e eficiente. Os operadores receberam treinamento teórico e estão recebendo o treinamento prático para operar a seção com o sistema.

Com o início da utilização do sistema de automação de seção através do controle de nível e registro de dados no sistema, já foi possível observar os seguintes ganhos:

- Redução no volume de líquido utilizado na etapa de lavagem da seção;
- Rastreabilidade de parte do sistema, contribuindo para identificação das falhas do processo através do armazenamento de dados;
- Melhoria da qualidade do produto através do controle no nível do líquido na etapa de lavagem, impedindo a geração de caminho preferencial, pois o sistema garante que todo o conjunto de placas esteja totalmente submerso, evitando que parte da torta fique acima do nível do líquido de lavagem ocasionando rachaduras;
- Possibilidade de comandar a abertura e fechamento das válvulas das bacias de lavagem pela IHM ou pela estação de operação do SDCD na sala de controle, fornecendo assim flexibilidade para a operação quando for necessária a limpeza das bacias;
- Identificação de problemas de performance da seção, como tecido filtrante saturado, deficiência de vácuo, etc., através da quantidade de ciclos de abertura da válvula de admissão de líquido na etapa de lavagem. Durante a etapa de lavagem, o controle de nível para abertura e fechamento da válvula de alimentação do líquido de lavagem é feito através da variação do nível da bacia. Normalmente a válvula é aberta a cada 5 minutos aproximadamente, o que indica que a lavagem está sendo eficiente, pois o nível da bacia está variando rapidamente. Pode ser observado no gráfico abaixo que o tempo para abertura da válvula pela segunda vez para controle do nível foi após 25 minutos, indicando que nesse caso pode estar havendo uma variação no

vácuo ou o tecido filtrante desse conjunto de placas está saturado (ver figura 25).

Figura 25: Indicação de baixa performance da lavagem



Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, a automação da seção já apresentou um ganho relevante em todos os aspectos avaliados, pois contribuiu de forma significativa na otimização da produção, na melhoria de condições de operação e segurança, no melhor controle do processo e no aumento da qualidade do produto.

Após a finalização do treinamento prático e partida completa do sistema, os ganhos adicionais previstos são:

- Rastreabilidade de todo o sistema, contribuindo mais ainda para identificação das falhas do processo através do armazenamento de dados;
- Prevenção contra descarregamento do conjunto de placas em ordem inversa, ou seja, impossibilidade de um conjunto de placas que não tenha passado pelas duas etapas (filtração e lavagem) seja descarregada equivocadamente no processo;
- Geração de relatórios automáticos, retirando as folhas preenchidas manualmente em campo, diminuindo o trabalho manual do operador;
- Redução do volume de produtos fora de especificação;
- Fornecimento do passo inicial para a futura automação completa da seção, reduzindo o estresse do operador para o controle do tempo de filtração e lavagem.

Ainda são observadas algumas oportunidades de melhoria de automação da seção de filtração com filtro de lâminas. Os passos futuros para obtenção de maior otimização e autonomia dessa seção são:

- Medição de peso nas bacias de filtração para que o controle do tempo de filtração seja feito pelo peso do conjunto de placas e não por um tempo pré determinado de filtração, garantindo uma padronização da espessura da torta formada;
- Medição online dos parâmetros de qualidade do produto, que é feito atualmente pelo operador da seção em campo;
- Identificação automática dos conjuntos de placas e das bacias com o uso de sensores, pois atualmente o registro do conjunto de placas em cada bacia é feito manualmente;

- Descarregamento automático da torta formada no conjunto de placas após realizada as etapas de filtração e de lavagem;
- Transporte automático dos conjuntos de placas para as bacias de filtração e lavagem, que atualmente é feito pelo operador da seção em campo;
- Alinhamento automático do sistema de vácuo nas bacias de filtração e lavagem, diminuindo ainda mais a intervenção da operação.

REFERÊNCIAS

FILHO, J. A. R.; MOREIRA, P. M. A.; SOUZA, M. B. **Curso de Controladores Lógico Programáveis**. Salvador, CETIND, 2002.

MEIRA, F. **A História da Automação Industrial Parte 1**. 2008. Disponível em <<http://www.automagate.com.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

MESSANO, A.J.G.P. **Filtração, Ultrafiltração e Osmose Inversa na Indústria Farmacêutica - Tipos de filtros**. 2010. Disponível em <<http://accaciamessano.com.br/>>. Acesso em: 20 de abr. 2015.

MINING-TECHNOLOGY.COM. Disponível em <<http://www.mining-technology.com/>>. Acesso em: 23 de abr. 2015.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2007.

NOGUEIRA, T. A. **Redes de Comunicação para Sistemas de Automação Industrial**. Ouro Preto, 2009.

PAREDE, I. M.; GOMES, L. E. L.; HORTA, E. **Eletrônica - Volume 6**. Centro Paula Souza, São Paulo, 2011.

PEREIRA, W. H. **Sistemas Digitais de Controle Distribuído**. Ouro Preto, 2009.

SEIXAS FILHO, C. **PIMS -Process Information Management System – Uma introdução**. 2007. Disponível em <<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/Paginall/Download/DownloadFiles/Pims.PDF>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SILVEIRA, L; LIMA, W. Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Natal, 2003.

SOUZA, F. M. **Automação Básica e Circuitos de Intertravamento e Alarmes**. Programa de Certificação do Pessoal de Manutenção – COM. Trabalho realizado em parceria SENAI/CST, Vitória, p. 93-105, 1999.

TANNOUS, K.; ROCHA, S.C.S. **EQ651 – Operações Unitárias I - Capítulo IV - Filtração**. 2015. Disponível em <www.ocw.unicamp.br>. Acesso em: 20 de abr. 2015.