

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS CURSO
DE GRADUAÇÃO ENG. CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Desenvolvimento de um sistema Supervisório no
modelo High Performance para uma indústria agrícola de secagem de folhas.

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia De Controle e Automação da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Eng. Mecatrônica, sob a orientação do Prof. Fernando Pereira Calderaro.

MARINGÁ – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO ALUNO: Thomas Figueiredo Learenó

TÍTULO DO TRABALHO: Desenvolvimento de um sistema Supervisório no modelo High Performance para uma indústria agrícola de secagem de folhas.

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em engenharia de controle e automação da Universidade Cesumar –UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em engenharia de controle e automação, sob a orientação do Prof. Fernando Pereira Calderaro.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

RESUMO

No contexto industrial atual, caracterizado pela busca constante por eficiência e redução de custos, este trabalho aborda o desenvolvimento de um sistema supervisório para uma indústria do setor agrário. Utilizando o software Elipse E3 e seguindo as diretrizes da norma ISA 101, o projeto visa integrar e automatizar processos industriais, proporcionando maior controle e segurança para os operadores. A pesquisa fundamentou-se na pirâmide de automação industrial e na aplicação da norma ISA 101, que orienta o design de interfaces homem-máquina (IHMs) para otimizar o desempenho e a segurança dos operadores. A implementação do sistema supervisório com o uso do conceito de High Performance, conforme a ISA 101, possibilitou uma visualização clara e objetiva dos processos, reduzindo erros e melhorando a tomada de decisões em tempo real. Esse enfoque aprimorou o monitoramento detalhado e o controle preciso das etapas de produção, resultando em ganhos significativos na produtividade, na qualidade do produto e na confiabilidade operacional da indústria.

Palavras-chave: Sistema supervisório, controle de processos, norma ISA 101

ABSTRACT

In the current industrial context, characterized by a constant pursuit of efficiency and cost reduction, this work addresses the development of a supervisory system for an agribusiness industry. Using the Elipse E3 software and following the guidelines of the ISA 101 standard, the project aims to integrate and automate industrial processes, providing greater control and safety for operators. The research was based on the industrial automation pyramid and the application of the ISA 101 standard, which guides the design of human-machine interfaces (HMIs) to optimize operator performance and safety. The implementation of the supervisory system, using the High Performance concept as outlined in ISA 101, enabled a clear and objective visualization of processes, reducing errors and improving real-time decision-making. This approach enhanced detailed monitoring and precise control of production stages, resulting in significant gains in productivity, product quality, and operational reliability in the industry.

Keywords: Supervisory system, process control, ISA 101 standard

1 INTRODUÇÃO

No mundo de hoje, rápido e altamente competitivo, a indústria manufatureira está constantemente buscando maneiras de melhorar a eficiência, aumentar a produtividade e reduzir os custos. Uma área que tem visto avanços significativos nos últimos anos é a automação das linhas de produção (YIN; YANG; HUANG, 2020).

A tecnologia de automação revolucionou muitas indústrias, como automobilística, eletrônica e aeroespacial. Os benefícios da automação nessas indústrias são evidentes, pois levaram a um aumento na velocidade de produção, melhoria na qualidade do produto e redução na dependência da mão de obra humana. Além disso, a aplicação da tecnologia de automação também se estendeu à indústria da construção, com a implementação de processos automatizados e semi-automatizados na produção de elementos de construção (DUNHAM, 2003).

Então, tem-se o desenvolvimento de um sistema supervisório para uma indústria no setor agrário que irá melhorar a produtividade e aumentar a segurança dos operadores incorporando um software de supervisão que seja capaz de monitorar e agir em todo o processo (BOUAMAMA; ARIQUI; MERZOUKI; ABBASSI, 2008). Para alcançar esse objetivo, a tese primeiro conduzirá uma pesquisa minuciosa sobre a teoria e os princípios dos sistemas automatizados e sistemas supervisórios no processo de produção.

Em seguida, discutirá a implementação de um sistema supervisório baseado no modelo High Performance, segundo a norma ISA 101, que envolve a integração de diversos componentes de hardware e software para a aquisição, processamento e apresentação de dados e informações aos operadores. Além disso, a tese se concentrará no projeto e desenvolvimento em software do sistema supervisório, que incluirá a integração da automação presente. A simulação da operação do sistema será executada, e uma análise inicial será conduzida para avaliar seu desempenho. Possíveis ajustes e melhorias ao projeto serão desenvolvidos com base na análise inicial.

O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um sistema supervisório integrado ao controle e automação capaz de atender a norma ISA 101 em uma indústria agrária. Além disso, especificamente, os objetivos são de pesquisar e abordar a teoria que envolve o desenvolvimento de um supervisório; desenvolver o software com análise

inicial; desenvolver possíveis ajustes ao Sistema. Realizar a execução final e determinar as conclusões do trabalho.

2 DESENVOLVIMENTO

Os aspectos teóricos da tecnologia de automação em sistemas supervisórios serão pesquisados e abordados de forma aprofundada (SHARMA, 2011). A pesquisa cobrirá a teoria e os princípios dos softwares de supervisão (WANG; CHEN, 2002), bem como esclarecer e abordar a análise e aplicação fundamental da pirâmide de automação industrial, uma estrutura conceitual que ilustra os diferentes níveis de tecnologia de automação em um processo de fabricação (CAO; ZOU; WANG, 2019), na qual seus níveis por si apresentam diferentes aplicações e ramificações no desenvolvimento e entendimento da automação, relevantes a este trabalho. A figura 1 se refere a pirâmide da automação industrial.

Figura 1 - Pirâmide da automação industrial



Fonte: (Soft Automação, 2021, <https://www.softautomacao.com/piramide-da-automacao-industrial/>)

No primeiro nível, o Campo de Processo, representa os processos e dispositivos físicos, como sensores e atuadores, que interagem diretamente com o ambiente de produção. No contexto da supervisão, este nível inclui os diversos sensores que detectam diversas condições do sistema, utilizados pelos demais níveis da pirâmide da automação para o uso efetivo e seguro dos atuadores no processo. A utilização de sensores e atuadores no processo industrial é crucial.

Os sensores são essenciais pois fornecem dados importantes sobre o estado e a posição dos componentes no ambiente de produção. Esses dados permitem que o sistema monitore e responda em tempo real às condições da linha de produção, garantindo precisão e controle sobre o processo. Não somente, os sensores contribuem para a segurança, detectando anomalias ou obstruções que possam comprometer o fluxo de trabalho, o que facilita uma supervisão eficiente do sistema com decisões informadas nos níveis superiores da pirâmide.

No segundo nível, de controle, os dispositivos e sistemas de controle são responsáveis por controlar os processos físicos. No processo industrial proposto, o nível de controle abrange os controladores lógicos programáveis (CLPs) que operam sobre os diversos motores dos processos, garantindo uma atuação segura, coordenada e automatizada. Este nível de controle desempenha um papel crucial na manutenção dos parâmetros de produção desejados. Ele é responsável por controlar aspectos como velocidade, tempo e sincronização dos equipamentos dispostos no processo desta indústria para garantir operações eficientes (LAI; JAYASEKARA; WONG; YU; KANG; PAWAR; ZHU, 2020).

No terceiro nível, de controle supervisório, envolve sistemas que monitoram e coordenam múltiplos sistemas de controle dentro da linha de produção. Inclui a interface homem-máquina (IHM) e os sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA), que fornecem uma visão holística do processo de produção e permitem que os operadores intervenham, se necessário.

Esses sistemas permitem que os operadores monitorem o desempenho geral da linha de produção automatizada, acompanhem métricas de produção e façam ajustes em tempo real conforme necessário. (YAN; RUIJIE, 2018).

Este nível é o de maior relevância ao trabalho, pois é nele que será desenvolvido o sistema supervisório proposto, integrando as informações provenientes dos diversos sensores e atuadores do processo, apresentando-as em uma interface amigável aos operadores, além de permitir o controle supervisório das diversas etapas do processo industrial.

No quarto nível, de controle de produção, o agendamento da produção, o fluxo de materiais e a alocação de recursos são gerenciados para otimizar o desempenho geral da produção. A integração da linha de produção automatizada no sistema de controle de produção mais amplo garante a coordenação perfeita com outros processos de manufatura, gerenciamento de inventário e cumprimento de pedidos. (ALMAYA; BELDER; MEYER; NAGAPUDI; LIN; LEAVESLEY; JAYANTH; BAJWA; DINUNZIO; TANTUCCIO, 2017)

No quinto nível, de Planejamento Empresarial e de Negócios, abrange os sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP), que vinculam as atividades de produção ao planejamento empresarial, gerenciamento da cadeia de suprimentos e tomada de decisões estratégicas. O desempenho e a produção da linha de produção automatizada serão integrados aos processos de negócios maiores para avaliar seu impacto na produtividade e na relação custo-eficácia.

Compreendendo e alinhando o desenvolvimento do sistema supervisório com a pirâmide de automação industrial, estabelece-se a base teórica para seu design, implementação e integração no ambiente industrial. Essa abordagem garante que a tecnologia de automação não apenas aumente a produtividade e reduza a interferência humana, mas também se harmonize com a estrutura mais ampla de controle e automação na agro-indústria.

2.1 Sistema supervisório e a norma ISA 101

A norma ISA 101 “Interfaces Homem-Máquina para Sistemas de Automação de Processos” (ANSI/ISA-101.01-2015) estabelece diretrizes e práticas recomendadas para o design e a implementação de Interfaces Homem-Máquina (IHMs) em sistemas de automação de processos. Esta norma tem como objetivo melhorar a eficácia, segurança e

usabilidade das IHMs, considerando que uma interface bem projetada é essencial para a supervisão eficaz de sistemas complexos, que é o caso do estudo do presente trabalho.

Em relação aos sistemas supervisórios, a ISA 101 é especialmente relevante pois fornece orientações para a criação de interfaces que facilitam o monitoramento e controle de processos industriais. Ela trata de aspectos como organização de telas, priorização de informações, uso de cores e alarmes, visando reduzir erros operacionais e melhorar a tomada de decisões. Em sistemas supervisórios, uma interface eficiente, alinhada com as diretrizes da ISA 101, permite que os operadores acessem rapidamente dados críticos e respondam de maneira precisa, o que é essencial para a gestão de sistemas complexos e de grande escala, como será observado neste trabalho.

2.2 Software de supervisão Elipse E3

Para escolher o software de supervisão adequado ao sistema proposto, alguns requisitos fundamentais devem ser atendidos, como a capacidade de se integrar a diversos protocolos industriais, oferecer recursos gráficos avançados para visualização dos dados e permitir o desenvolvimento de aplicativos móveis para acesso remoto (ARPAIA; MATTEIS; INGLESE, 2015). Nesse contexto, o software Elipse E3 se destaca como uma solução abrangente e amplamente utilizada na indústria.

O Elipse E3 é um software de supervisão, controle e aquisição de dados (SCADA) desenvolvido pela Elipse Software, amplamente utilizado em sistemas de automação industrial e gerenciamento de processos. Este software permite monitorar, controlar e gerenciar operações em tempo real, oferecendo uma interface flexível e personalizável que facilita o acesso a dados críticos, a execução de comandos e a tomada de decisões (ELIPSE SOFTWARE, 2015).

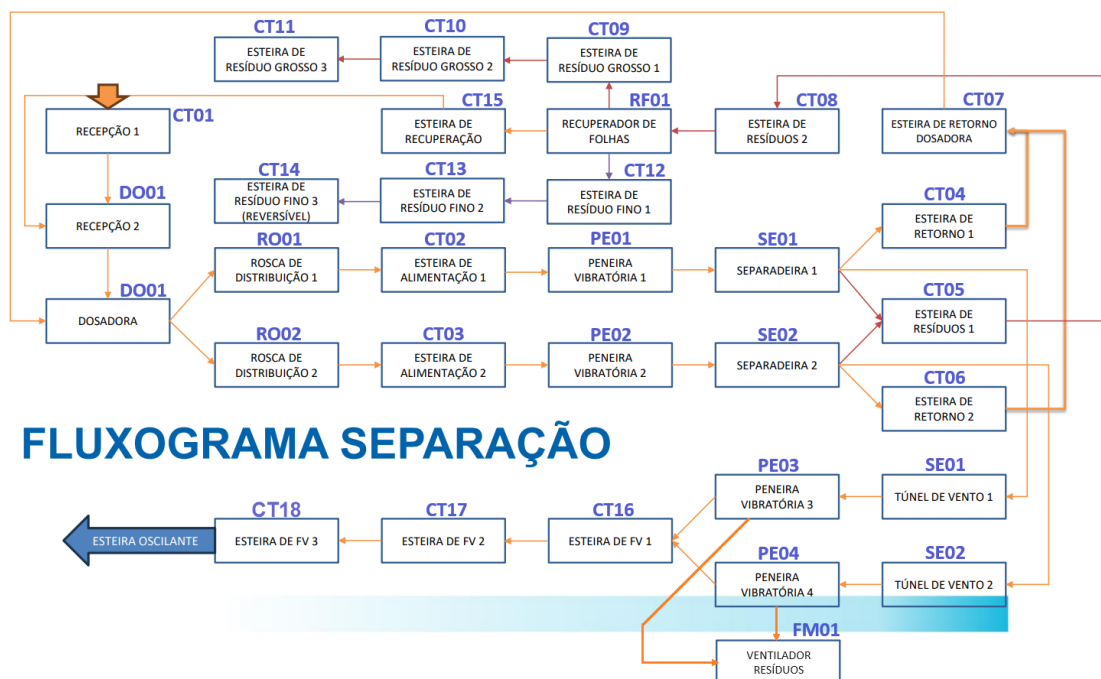
Entre as principais características do Elipse E3, destacam-se a sua escalabilidade e a capacidade de integração com diversos dispositivos e sistemas, o que o torna adequado tanto para pequenos sistemas quanto para operações industriais de grande porte. Ele utiliza uma arquitetura cliente-servidor, possibilitando o acesso remoto e a distribuição de informações em vários níveis de uma organização. O Elipse E3 suporta diversos protocolos de comunicação, como OPC e Modbus, permitindo sua integração com controladores lógicos programáveis (CLPs), controladores industriais e outros dispositivos. Além disso, ele fornece recursos avançados de gráficos, relatórios, alarmes

e segurança, alinhando-se às normas de IHMs, como a ISA 101, para oferecer uma interface intuitiva e segura que otimiza a supervisão e o controle de processos industriais.

2.3 Análise inicial

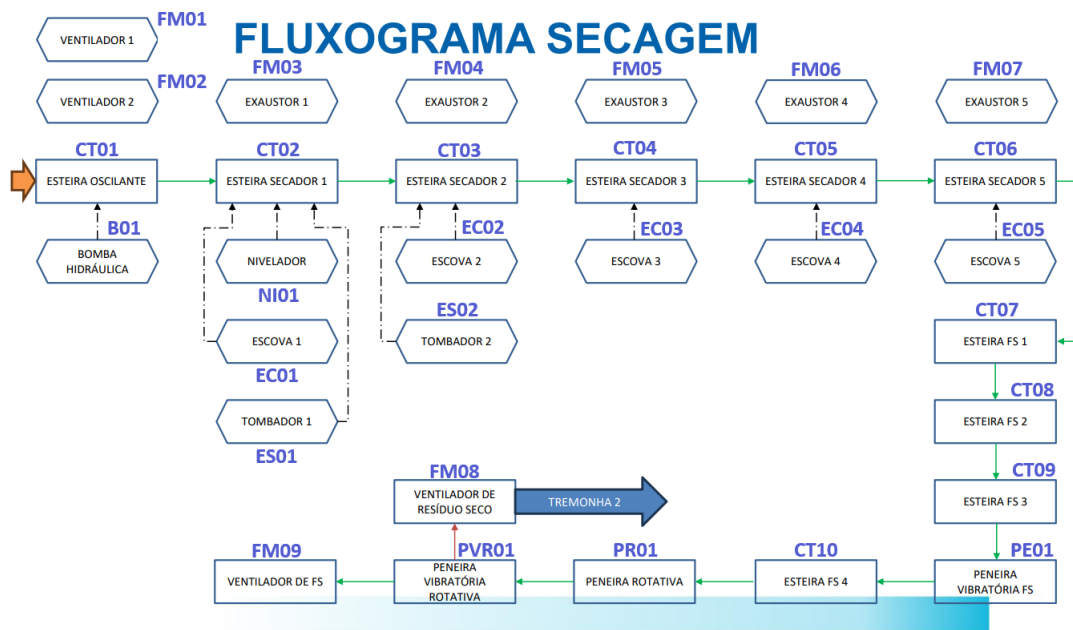
Por meio de uma análise inicial e de conversas com os responsáveis da empresa, foi possível desenhar os seguintes fluxogramas que seriam de grande auxílio no desenvolvimento do sistema supervisório e da automação como um todo, os fluxogramas incluem as três operações da indústria em questão, cada qual com seus respectivos equipamentos e sinalizações de rotas por onde passaria o produto. Vale ressaltar que conforme surgiam dúvidas, logo sanadas eram implementadas ao projeto. As figuras 2, 3 e 4 são referentes aos fluxogramas

Figura 2 - Fluxograma separação



Fonte: O autor

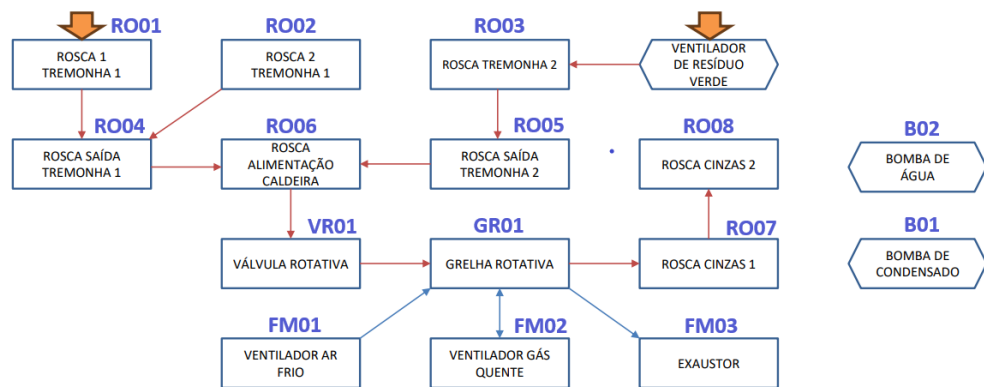
Figura 3 - Fluxograma Secagem



Fonte: O autor

Figura 4 - Fluxograma caldeira

FLUXOGRAMA CALDEIRA



Fonte: O autor

2.3.1 OPERAÇÃO DESENVOLVIDA

O projeto foi desenvolvido para uma certa indústria, foram desenvolvidos o programa do CLP e Supervisório dessa área. O hardware utilizado é da marca Siemens 1510SP.

O projeto é dividido em 3 processos, o de Separação, de Secagem e da Caldeira.

2.3.1.1 OPERAÇÕES DA SEPARAÇÃO

O processo da Separação possui uma dosadora (DO01), uma dosadora by-pass (DO02), dois pistões pneumáticos (VP01 e VP02), duas roscas de distribuição (RO01 e RO02), vinte e uma esteiras (CT01 a CT18, CT20, CT21 e CT32), quatro peneiras vibratórias (PE01 a PE04), três ventiladores (FM01 a FM03) e um recuperador de folhas (RF01). Todos podem operar em manual e em automático, exceto o ventilador de resíduo verde (FM01), o Dosador By-pass (DO02) e a esteira By-pass (CT32) que operam somente em manual.

O processo possui quatro modos de operação automática:

- “OPERAÇÃO” liga todos os equipamentos;
- “PARADA ALIMENTAÇÃO” desliga as esteiras da recepção (CT01 e CT02) e a dosadora (DO01);
- “RETOMAR OPERAÇÃO” liga os equipamentos desligados na “PARADA ALIMENTAÇÃO”.

As roscas de distribuição 01 e 02 (RO01 e RO02) possuem sensor de embuchamento que ao serem acionados desligam a respectiva rosca e para a alimentação como na “PARADA ALIMENTAÇÃO”.

As Dosadoras (DO01 e DO02) operam com setpoint de velocidade definido pelo operador.

A esteira de resíduo fino 03 (CT15) possui reversão.

Botão de emergência desliga todos os equipamentos.

2.3.1.2 OPERAÇÕES DA SECAGEM

O processo da Secagem possui uma bomba hidráulica (BB04), onze esteiras (CT19, CT22 a CT31), cinco escovas (EC01 a EC05), dois espalhadores (ES01 e ES02), cinco exaustores (FM07 a FM11), quatro ventiladores (FM12 a FM15), um nivelador (NI01), uma peneira rotativa (PE05), duas peneiras vibratórias (PE06 e PE07), uma válvula proporcional (VC01), duas válvulas da esteira oscilante (VP05 e VP06). Todos os equipamentos podem operar em manual e em automático, exceto a válvula proporcional (VC01), que opera somente em manual.

O processo possui seis modos de operação automática:

- “AQUECIMENTO” liga os exaustores (FM07 a FM11) e ventiladores do secador (FM14 e FM15);
- “OPERAÇÃO” liga todos os equipamentos;
- “PARADA TEMPERATURA” desliga as esteiras CT22 a CT26 e CT19;
- “PARADA ALIMENTAÇÃO” desliga as esteiras CT19 e CT22;
- “PARADA ESTEIRAS” desliga todas as esteiras, peneiras, escovas, espalhadores, nivelador e os ventiladores de folha seca e resíduo fino (FM12 e FM13);
- “RETOMAR OPERAÇÃO” Liga todos os equipamentos desligados na “PARADA ESTEIRAS”;
- “DESLIGAR” desliga todos os equipamentos.

Os exaustores (FM07 a FM11), ventiladores do secador (FM14 e FM15), esteiras do secador (CT23 a CT27), esteira oscilante (CT22), válvula proporcional (VC01) e peneira rotativa (PE05) operam conforme *setpoint* de velocidade definidos pelo operador.

A esteira Folha Seca 01 (CT28) possui reversão.

Botão de emergência desliga todos os equipamentos.

2.3.1.3 OPERAÇÕES DA CALDEIRA

O processo da caldeira possui três bombas (BB01 a BB03), dois ventiladores (FM04 e FM06), um exaustor (FM05), oito roscas (RO03 a RO10), uma válvula de descarga de fundo (VP03), um pistão pneumático da grelha (VP04) e uma válvula rotativa (VR01). Todos podem operar em manual e em automático

O processo possui cinco modos de operação automática:

- “AQUECIMENTO” liga a bomba de condensado (BB02), o exaustor (FM05) e os ventiladores (FM04 e FM06);
- “OPERAÇÃO” liga a válvula rotativa (VR01) e as roscas de alimentação (RO03 a RO08);
- “PARADA ALIMENTAÇÃO” desliga as roscas de alimentação (RO03, RO04 e RO06);

- “RETOMAR ALIMENTAÇÃO” liga as roscas de alimentação das tremonhas (RO03, RO04 e RO06);
- “DESLIGAR” desliga todos os equipamentos.

As roscas de alimentação da tremonha 1 (RO03 e RO04) possuem revezamento conforme tempo determinado ou troca manual feita pelo operador.

As roscas de alimentação das tremonhas (RO03, RO04 e RO06) possuem controle PID com *setpoint* de pressão (PT01).

Os ventiladores (FM04 e FM06) e exaustor (FM05) possuem controle PID com *setpoint* de pressão (PT01) ou vácuo (PT02).

A bomba de água (Alimentação) (BB01) opera conforme o relé de nível de controle (LSH01).

A bomba dosadora (BB03) liga quando a bomba de condensado (BB02) é acionada.

A Válvula de descarga de fundo (VP03) aciona conforme tempo determinado ou pode ser acionada manualmente.

O pistão pneumático da grelha (VP04) e as roscas de cinzas (RO09, RO10) acionam juntos conforme tempo determinado ou podem ser acionados manualmente.

O sistema desliga todos os equipamentos caso o botão de emergência ou o botão “DESLIGAR” em tela, sejam acionados.

Caso o Pressostato (PIT01) atinja um nível crítico ou tenha alarme alto de pressão, a alimentação é desligada.

Caso tenha alarme muito alto de pressão, todos os equipamentos, exceto a bomba de alimentação (BB01), são desligados.

Botão de emergência desliga todos os equipamentos.

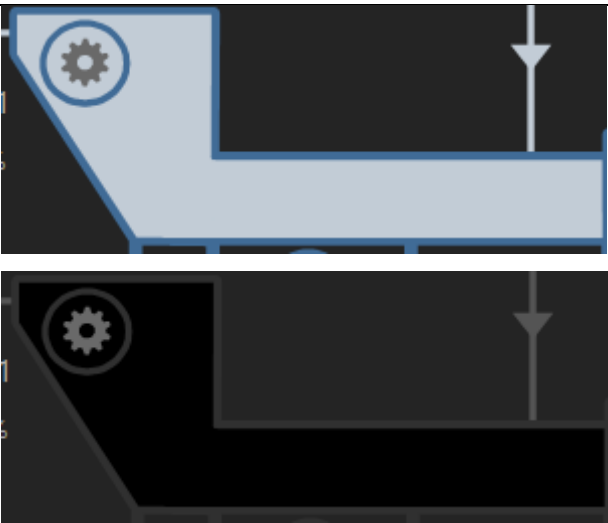
2.4 SIMBOLOGIA

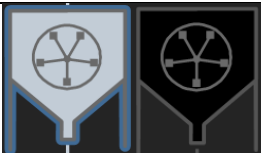
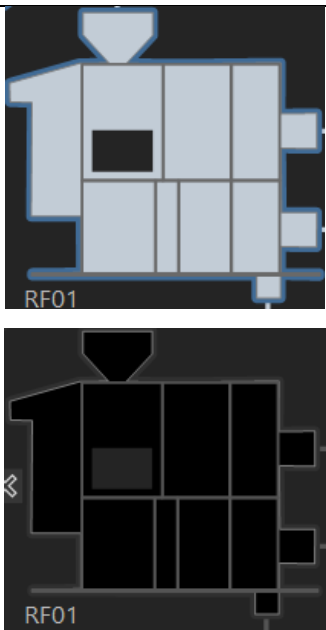
2.4.1 PADRÃO ISA 101 (HP)

Os estados são acontecimentos que ocorrem em campo e são representados graficamente nas telas da IHM e/ou supervisão. Essa representação pode ocorrer através da alteração das cores e formatos dos objetos, ou alternando-se sua visibilidade.

Equipamento preto com borda azul indica que está desligado ou fechado, branco com borda azul indica que está ligado ou aberto. O quadro 1 é referente às simbologias e suas descrições.

Quadro 1: Simbologias no padrão ISA 101

DESCRIÇÃO	SIMBOLOGIA
Bomba de alimentação e condensado	
Bomba de resfriamento	
Bomba hidráulica	
Válvula proporcional e de descarga de fundo	
Pistão	
Ventilador e exaustor	
Dosadora	

Esteira	
Rosca	
Peneira vibratória da separação	
Peneira vibratória da secagem	
Peneira rotativa	
Recuperador de folhas	
Nivelador	
Espalhador	
Escovas	
Válvula rotativa	

Grelha	
Simbologia de leitura, valor variável em azul	####.#
Simbologia de escrita, valor em verde	#####.#
Simbologia de leitura, valor fixo em cinza	bar Hz A %
Sensor digital de controle em 0 e em 1	
Alarme severidade 1, 2 e 3	
Status de intertravamento	
Status de reversão	
Status de bloqueado	
Status de operação manual	

Fonte: O autor

2.5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

2.5.1 INTERTRAVAMENTO DE PROTEÇÃO

Trata-se dos alarmes/falhas para proteção do mesmo, no qual se o equipamento apresentar um funcionamento anormal o mesmo será intertravado, sendo necessário o *reset* da falha. Se a falha persistir a manutenção deve ser acionada.

Por exemplo, se o disjuntor estiver aberto ou o driver de partida apresentar falha, entre outros casos.

2.5.2 INTERTRAVAMENTO DE PROCESSO

Trata-se de um funcionamento normal do processo, sendo necessário a parada do equipamento até que o processo retorne ao estado padrão de funcionamento. Por exemplo,

a bomba de resfriamento desligará quando a bomba de condensado estiver desligada. Quando a bomba de condensado ligar, a bomba de resfriamento voltará a ligar.

2.5.3 MODOS DE OPERAÇÃO

Os equipamentos podem operar de três formas diferentes: local, manual e automático.

2.5.3.1 OPERAÇÃO EM MODO LOCAL

Na operação em local é necessário colocar a chave de seleção presente no painel do equipamento na posição de local, assim retirando o controle do CLP sobre o equipamento. A operação de ligar/desligar o equipamento é realizada pelas botoeiras na porta do painel ou através de eletrodos. Neste modo de operação toda tratativa de partida é feita na parte elétrica do painel, sem a intervenção do controlador.

2.5.3.2 OPERAÇÃO EM MODO MANUAL

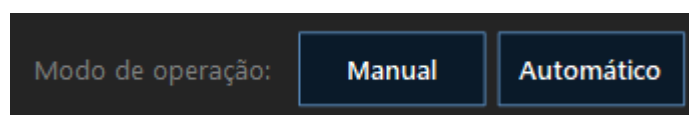
Na operação em manual o sistema funciona conforme os comandos executados pelo operador diretamente no supervisório. Para operar todos equipamentos em modo manual é necessário pressionar o botão com ícone de mão localizado no cabeçalho, na parte superior direita. Para operar um equipamento específico é necessário entrar na pop-up de operação do equipamento e pressionar o botão “Manual”, assim o equipamento irá ligar/desligar somente com comandos realizados pelo operador, desde que os Status mantenham o equipamento disponível. As figuras 5 e 6 se referem ao modo de operação em manual.

Figura 5 - Chave de automático/manual geral



Fonte: O autor

Figura 6 - Chave de manual/automático



Fonte: O autor

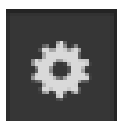
2.5.3.3 OPERAÇÃO EM MODO AUTOMÁTICO

Na operação em automático os equipamentos são controlados automaticamente sem intervenção do operador. Desta forma os equipamentos ligam, desligam e modulam conforme os parâmetros configurados no sistema, desde que os intertravamentos de processo e proteção mantenham o equipamento disponível.

2.5.4 REVEZAMENTO AUTOMÁTICO DAS ROSCAS E MÉTODO DE CONTROLE DA CALDEIRA

As roscas de alimentação da Tremonha 01 possuem um sistema de revezamento automático, podendo ser habilitado ou não na pop-up de configurações, clicando na chave “Revezamento” escolhendo entre “LIG” ou “DESL”. A figura 7 se refere ao revezamento automático das roscas e método de controle da caldeira.

Figura 7 - Botão da pop-up de configurações

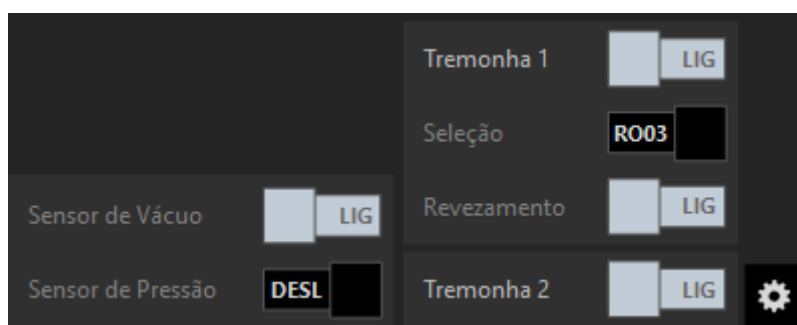


Fonte: O autor

Quando habilitado o revezamento, as roscas revezam o funcionamento entre si, sendo uma principal e uma reserva. A principal opera por um tempo definido pela manutenção, então passa a operação para a outra rosca, que também trabalha por um tempo definido pela manutenção.

Para escolher qual será principal, é necessário realizar a seleção inicial na pop-up de configurações, clicando na chave “Seleção” escolhendo entre RO03 e RO04. A figura 8 mostra a pop-up de configuração da caldeira.

Figura 8 - Pop-up de configurações da caldeira



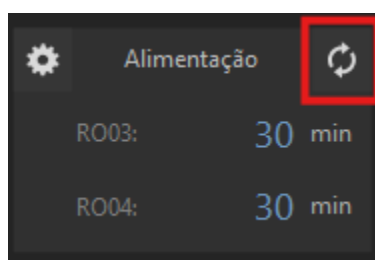
Fonte: O autor

Além disso, é possível desligar completamente a alimentação pela tremonha 1 ou 2 nas chaves de seleção “Tremonha 1” e “Tremonha 2”.

Caso alguma das roscas não estiverem em condições de operar por algum intertravamento de proteção, ela trocará de estado com a rosca reserva.

É possível realizar o revezamento de forma manual clicando no ícone marcado em vermelho, como mostra a figura 9.

Figura 9 - Botão de revezamento manual das roscas de alimentação



Fonte: O autor

É possível alterar o tempo de revezamento de cada rosca, basta clicar no ícone de engrenagem, em seguida clicar no valor de tempo e digitar o valor desejado. A figura 10 trata do tempo de revezamento das roscas.

Figura 10 - Configuração do tempo de revezamento das roscas de alimentação



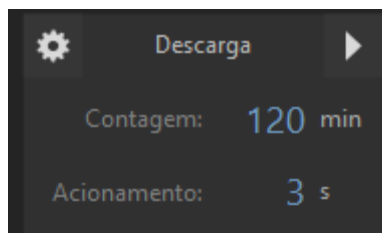
Fonte: O autor

2.5.5 ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DA DESCARGA

A válvula de descarga de fundo possui um sistema de acionamento automático.

A válvula aguarda um tempo definido pela manutenção em minutos, então opera por um tempo definido pela manutenção em segundos e então repete esse processo. A figura 11 trata do assunto abordado acima.

Figura 11 - Pop-up de descarga



Fonte: O autor

É possível realizar o acionamento de forma manual clicando no ícone de seta ao lado de “Descarga”

É possível alterar o tempo de contagem e acionamento da descarga, basta clicar no ícone de engrenagem, em seguida clicar no valor de tempo e digitar o valor desejado. A figura 12 trata do tempo de revezamento da descarga.

Figura 12 - Configuração dos tempos da descarga



Fonte: O autor

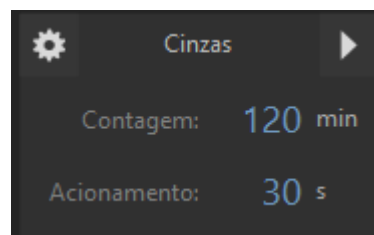
2.5.6 ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DAS CINZAS

A grelha rotativa e as roscas de cinzas possuem um sistema de acionamento automático.

Os equipamentos aguardam um tempo definido pela manutenção em minutos, então operam em sequência por um tempo definido pela manutenção em segundos e então repete esse processo.

A sequência de operação liga primeiro a rosca cinzeiro (RO10), depois a rosca de retirada de cinza (RO09) e por fim liga a grelha rotativa (VP04). A figura 13 mostra a pop-up de cinzas.

Figura 13 - Pop-up de Cinzas



Fonte: O autor

É possível realizar o acionamento de forma manual clicando no ícone de seta ao lado de “Cinzas”

É possível alterar o tempo de contagem e acionamento, basta clicar no ícone de engrenagem, em seguida clicar no valor de tempo e digitar o valor desejado. A figura 14 mostra essa configuração.

Figura 14 - Configuração dos tempos das cinzas



Fonte: O autor

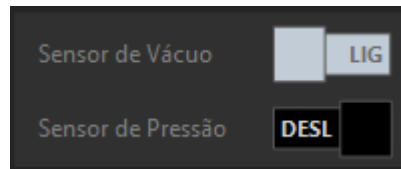
2.5.7 OPERAÇÃO AUTOMÁTICA VENTILADORES E EXAUSTOR

O processo da caldeira possui dois ventiladores e um exaustor com inversores que realizam a partida dos motores e permitem o controle de velocidade dos equipamentos.

O sistema possui um controle PID para modular a frequência destes equipamentos. A seleção do sensor utilizado para o controle pode ser feita na pop-up de configurações,

ligando e desligando as chaves do “Sensor de Pressão” e “Sensor de Vácuo”. A figura 15 mostra a pop-up de configurações desses sensores.

Figura 15 - Pop-up de configurações, sensor de pressão e vácuo



Fonte: O autor

É desejado que sejam habilitados os dois sensores, quando habilitados o sensor de vácuo controla o exaustor e a pressão ambos os ventiladores. Caso esteja habilitado somente o sensor de pressão, os três equipamentos são controlados pela pressão. Se estiver selecionado apenas o sensor de vácuo, os ventiladores seguem o exaustor e o exaustor é controlado pelo vácuo.

Não é possível desabilitar os dois sensores ao mesmo tempo.

O controle PID faz com que seja mantida a pressão do vapor configurada. O controle PID pode ser habilitado ou não na pop-up dos equipamentos selecionando no campo Modo de controle para MANUAL ou AUTOMÁTICO. Com o controle PID em MANUAL a frequência do ventilador e exaustor ficam fixos no valor configurado no campo *Setpoint* pela manutenção na Pop-up do respectivo equipamento. Com o controle PID em AUTOMÁTICO a frequência varia conforme necessário para manter o valor do *Setpoint* da pressão do vapor.

Ambos equipamentos possuem intertravamento de proteção. Os sinais de intertravamento se darão de acordo com os sinais a seguir:

- Falha de partida/parada
- Dupla falha no inversor
- Dupla falha corrente
- Falha no inversor

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TELAS

3.1.1 TELA INICIAL

A tela inicial apresenta informações gerais da aplicação. Para acessar as demais telas basta clicar no botão “Vamos lá”. A figura 16 mostra a tela inicial.

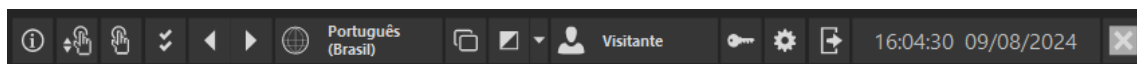
Figura 16 - Tela Inicial



Fonte: O autor

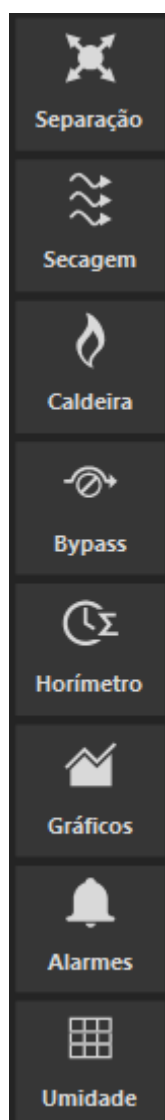
Ao clicar, será redirecionado para a tela do processo de separação. Note que há um cabeçalho e uma barra lateral que estão presentes em todas as telas, elas possuem alguns comandos, bem como o acesso as demais telas. As figuras 17 e 18 mostram essas barras de comandos.

Figura 17 – Cabeçalho



Fonte: O autor

Figura 18 - Barra lateral



Fonte: O autor

Observe que para acessar algumas telas, pop-ups, habilitar e desabilitar parâmetros, é necessário que o usuário esteja logado, e que ele tenha as permissões necessárias para executar as devidas tarefas.

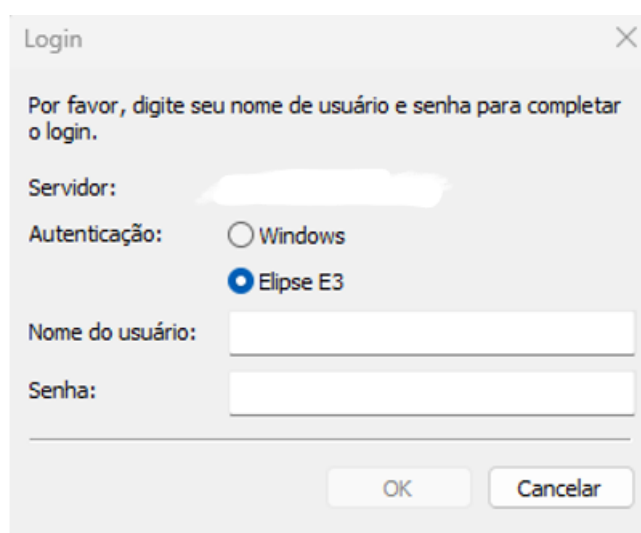
O sistema inicia com o usuário visitante, para trocá-lo basta clicar em “Visitante”, a janela Login abre, permitindo acessar os outros usuários. Os usuários já registrados são: visitante, operador, manutenção e administrador, eles possuem as seguintes permissões:

- Visitante: pode visualizar as telas da separação, *bypass*, secagem e caldeira, pode mudar a linguagem do sistema, pode mudar os temas (claro e escuro).

- Operador: tem as mesmas permissões do visitante e também pode acessar as pop-ups dos equipamentos, realizar operações básicas nos equipamentos, como ligar e desligar, mudar o modo de operação, definir *setpoints* de velocidade, bloquear e resetar. Além disso tem acesso a visualização e execução das funções das telas de horímetro, gráficos e alarmes.
- Manutenção: tem as mesmas permissões do operador e também permite alterar parâmetros, habilitar e desabilitar intertravamentos
- Administrador: tem as mesmas permissões da manutenção e também pode acessar a janela de administração de usuários e grupos e a janela de assistente de configuração de navegação.

A figura 19 apresenta a janela de login.

Figura 19 - Janela de Login

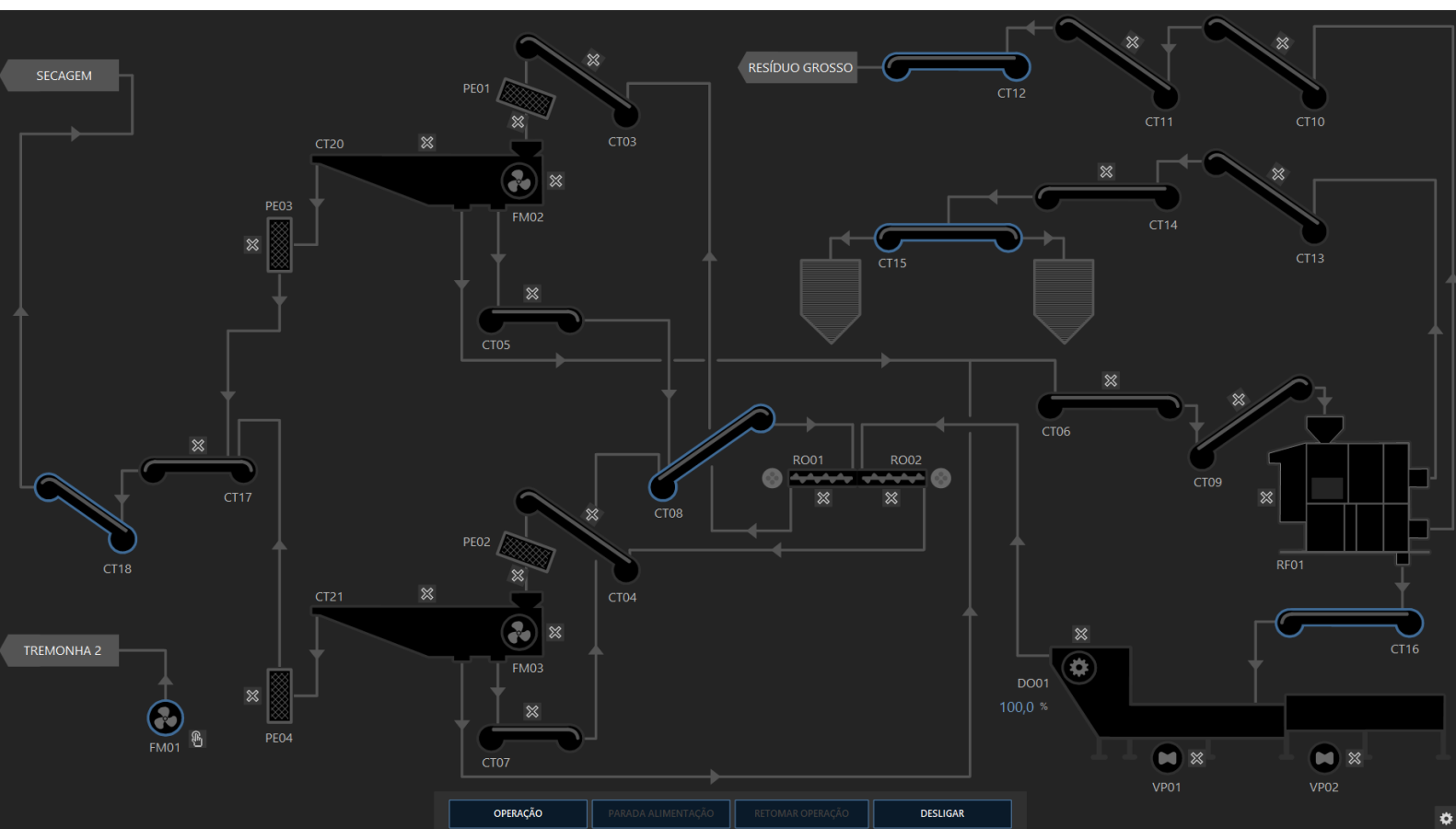


Fonte: O autor

3.1.2 TELA DE SEPARAÇÃO E BYPASS

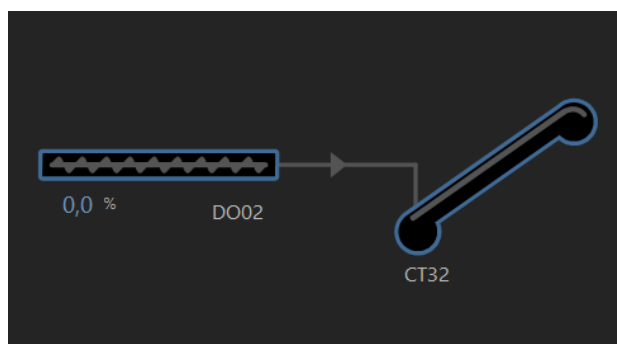
A tela de separação apresenta uma visão geral desse processo, com todos os equipamentos e principais alarmes. Além disso, na parte inferior da tela possui botões de modos de operação em automático. A tela by-pass apresenta uma operação manual secundária na separação. As figuras 20 e 21 mostram essas telas.

Figura 20 - Exemplo da tela de separação



Fonte: O autor

Figura 21 - Exemplo da tela de bypass



Fonte: O autor

Na tela de processo da separação estão contidos os seguintes equipamentos:

- Uma dosadora (DO01);
- Dois pistões pneumáticos (VP01 e VP02);
- Duas rosca de distribuição (RO01 e RO02);
- 20 esteiras (CT01 a CT18, CT20 e CT21);
- Duas peneiras vibratórias (PE01 a PE04);

- Três ventiladores (FM01 a FM03);
- Um recuperador de folhas (RF01)

Além disso, estão presentes os seguintes sensores:

- Dois sensores de embuchamento (LSH01_RO01 e LSH01_RO02).
- Um Botão de emergência (BTE01);

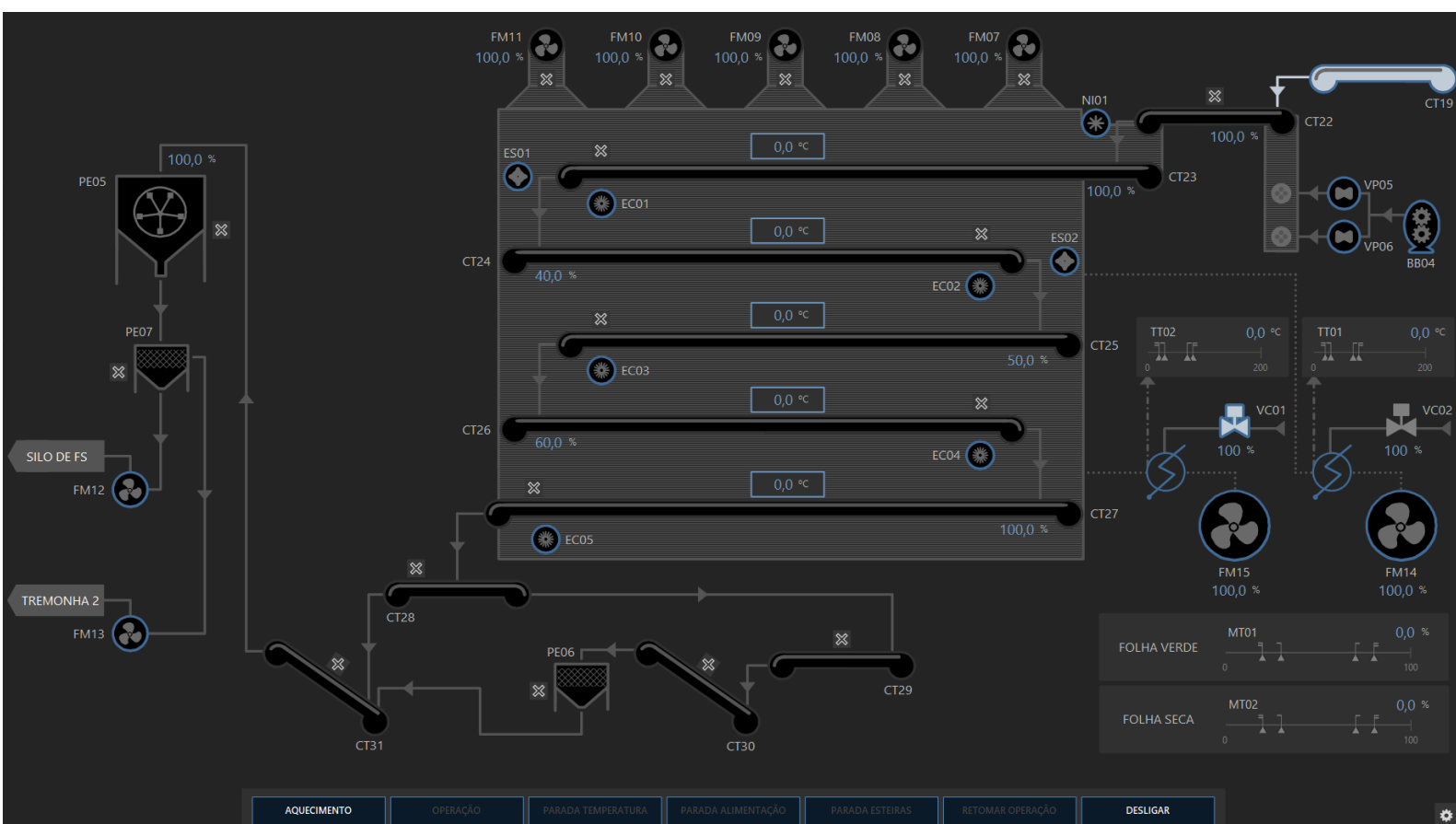
Na tela de processo da separação estão contidos os seguintes equipamentos:

- Uma dosadora by-pass (DO02);
- Uma esteira by-pass (CT32).

3.1.3 TELA DE SECAGEM

A tela de secagem apresenta uma visão geral desse processo, com todos os equipamentos e principais alarmes. Além disso, na parte inferior da tela possui botões de modos de operação em automático. A figura 22 apresenta a tela de secagem.

Figura 22 - Exemplo da tela de secagem



Fonte: O autor

Na tela do processo da secagem estão contidos os seguintes equipamentos:

- Uma bomba hidráulica (BB04);
- 11 esteiras (CT19, CT22 a CT31);
- Cinco escovas (EC01 a EC05);
- Dois espalhadores (ES01 e ES02);
- Cinco exaustores (FM07 a FM11);
- Quatro ventiladores (FM12 a FM15);
- Um nivelador (NI01);
- Uma peneira rotativa (PE05);
- Duas peneiras vibratórias (PE06 e PE07);
- Uma válvula proporcional (VC01);
- Duas válvulas da esteira oscilante (VP05 e VP06).

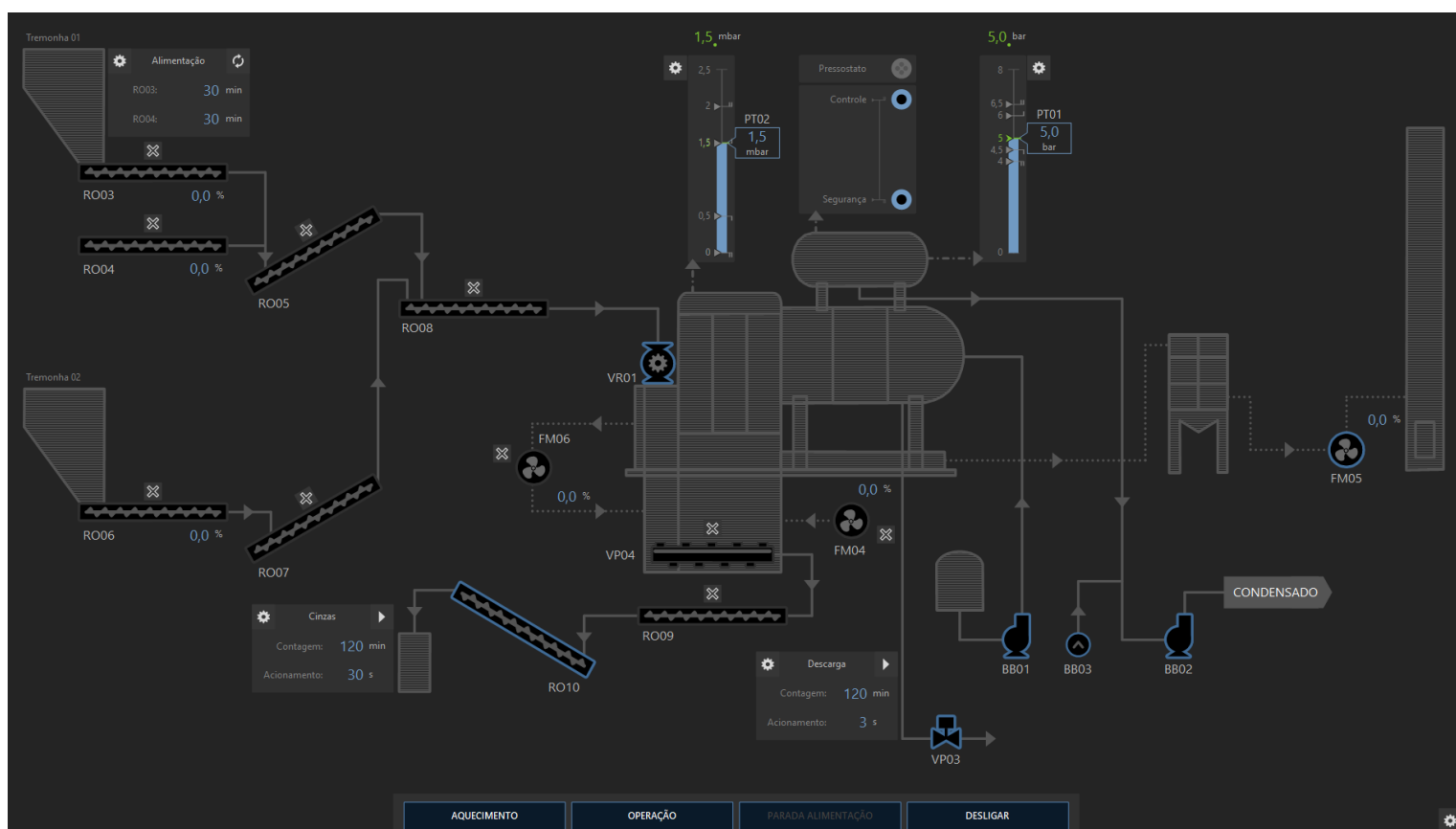
Além disso, estão presentes os seguintes sensores:

- Sete sensores de Temperatura (TT01 a TT07);
- Duas sensores de umidade (MT01 e MT02);
- Duas sensores capacitivos da esteira rotativa (ZSH01_CT22 e ZSL01_CT22).
- Um Botão de emergência (BTE05);

3.1.4 TELA DA CALDEIRA

A tela de separação apresenta uma visão geral desse processo, com todos os equipamentos e principais alarmes. Além disso, na parte inferior da tela possui botões de modos de operação em automático. A figura 23 apresenta a tela da caldeira.

Figura 23 - Exemplo da tela da caldeira



Fonte: O autor

Na tela de processo da caldeira estão contidos os seguintes equipamentos:

- Três bombas (BB01 a BB03);
- Dois ventiladores (FM04 e FM06);
- Um exaustor (FM05);
- Oito roscas (RO03 a RO10);
- Uma válvula de descarga de fundo (VP03);
- Um pistão pneumático da grelha (VP04);
- Uma válvula rotativa (VR01);

Além disso, estão presentes os seguintes sensores:

- Um sensor de Pressão (PT01);
- Um sensor de Vácuo (PT02);
- Um Botão de emergência (BTE03);
- Um sensor de Nível de segurança (LSLL01_BO01);
- Um sensor de Nível de controle (LSH0_BO01);

- Um Pressostato (PIT01).

3.1.5 TELA DE HORÍMETRO

A tela de horímetro apresenta o registro de horas que cada equipamento esteve ligado, em um tempo total e em um tempo parcial em horas. A contagem do tempo parcial pode ser reiniciada clicando no botão reset. A figura 24 mostra a tela de horímetro.

Figura 24 - Exemplo da tela de horímetro

BB01	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	CT17	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	EC03	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	NI01	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset
BB02	Total 10 h	Parcial 1 h	Reset	CT18	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	EC04	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	PE01	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
BB03	Total 10 h	Parcial 0 h	Reset	CT19	Total 7 h	Parcial 7 h	Reset	EC05	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	PE02	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
BB04	Total 3 h	Parcial 0 h	Reset	CT20	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	ES01	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	PE03	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
CT01	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	CT21	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	ES02	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	PE04	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
CT02	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	CT22	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM01	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	PE05	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset
CT03	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT23	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM02	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	PE06	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset
CT04	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT24	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM03	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	PE07	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset
CT05	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT25	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM04	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset	RF01	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
CT06	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT26	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM05	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset	RO01	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
CT07	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT27	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM06	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset	RO02	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset
CT08	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT28	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM07	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO03	Total 5 h	Parcial 5 h	Reset
CT09	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT29	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM08	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO04	Total 4 h	Parcial 4 h	Reset
CT10	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT30	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM09	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO05	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset
CT11	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT31	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM10	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO06	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset
CT12	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	CT32	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	FM11	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO07	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset
CT13	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	DO01	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	FM12	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO08	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset
CT14	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	DO02	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset	FM13	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO09	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset
CT15	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	EC01	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM14	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	RO10	Total 0 h	Parcial 0 h	Reset
CT16	Total 6 h	Parcial 6 h	Reset	EC02	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	FM15	Total 3 h	Parcial 3 h	Reset	VR01	Total 10 h	Parcial 10 h	Reset

Fonte: O autor

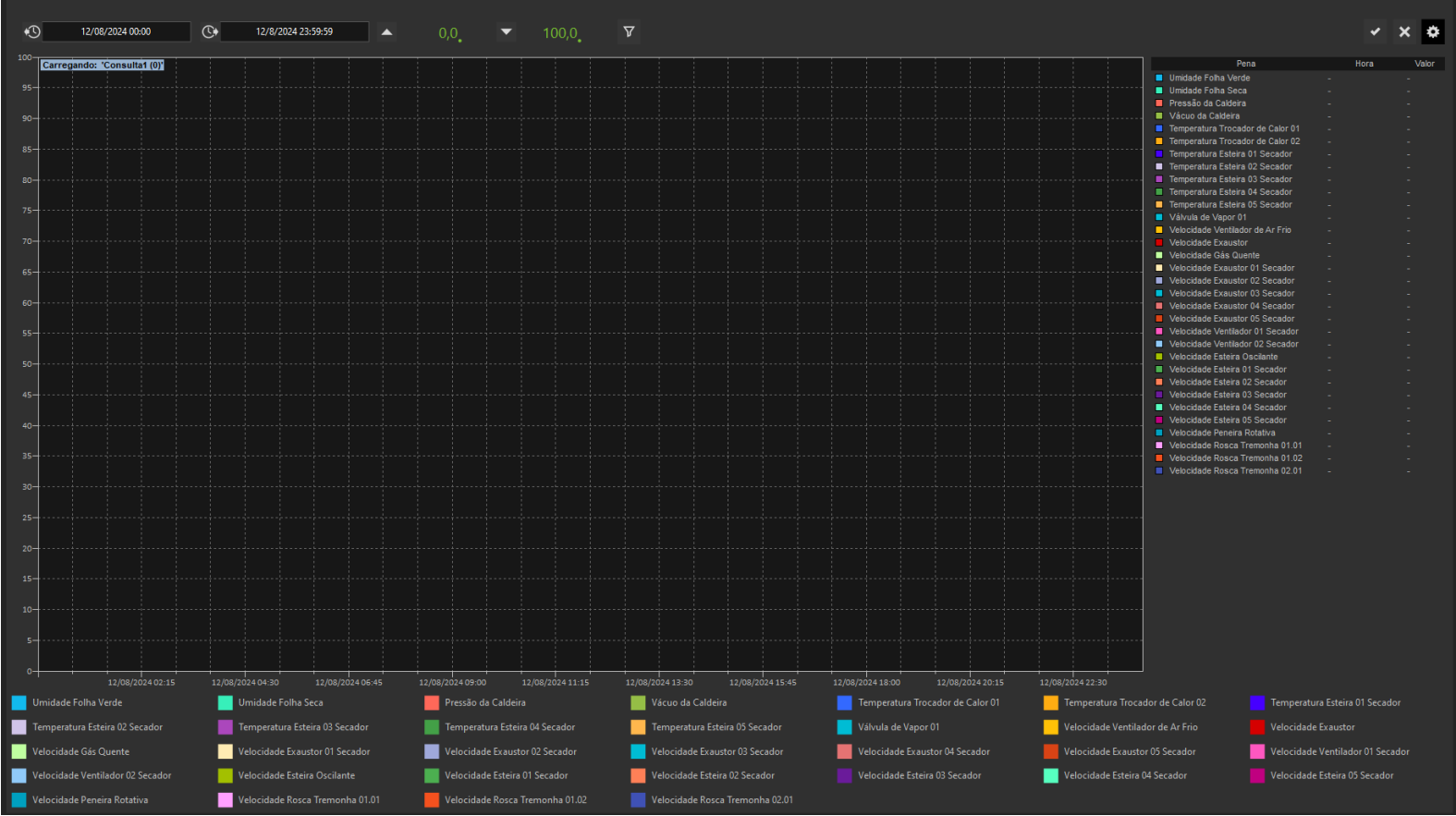
3.1.6 TELA DE GRÁFICOS

A tela de gráficos apresenta um registro das informações de temperaturas, velocidades, pressão, vácuo, abertura de válvula e umidades ao longo do tempo. As

informações são registradas a cada um minuto, e são mantidas armazenadas por 12 meses.

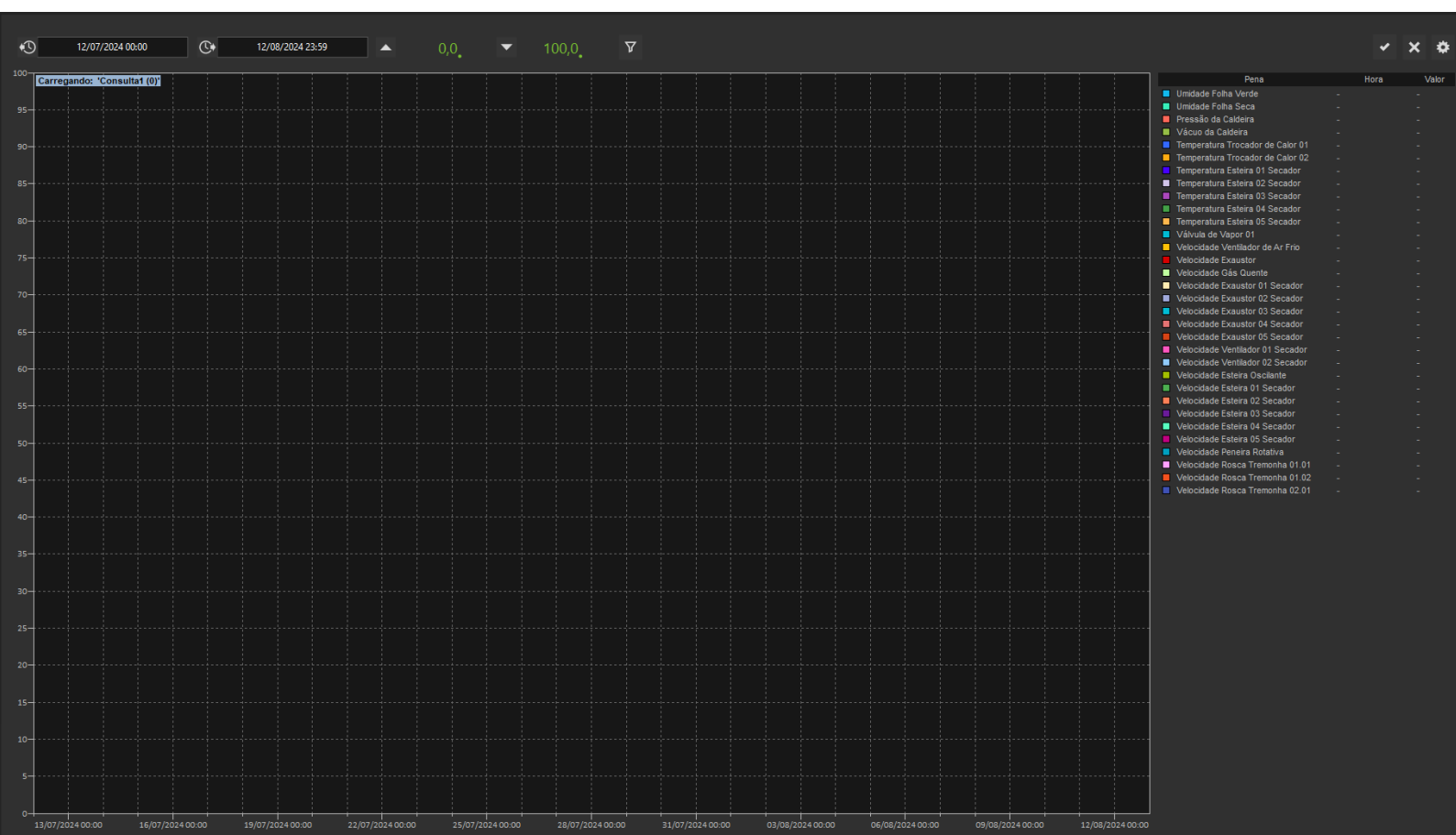
As figuras 25 e 26 apresentam a tela de gráficos.

Figura 25 - Exemplo da tela de gráficos



Fonte: O autor

Figura 26 - Exemplo da tela de gráficos com penas escondidas



Fonte: O autor

Nos gráficos, há botões que facilitam a consulta de informações, seguem eles e suas funções:

Os botões com ícone de relógio permitem avançar e retroceder para o registro final e inicial do gráfico, os botões com a data definem qual a hora, dia, mês e ano da data inicial e final. A figura 27 trata do assunto abordado acima.

Figura 27 - Botões de data inicial e final da tela de gráficos



Fonte: O autor

Aqui é definido a escala do gráfico, podendo ser alterado o valor mínimo e máximo clicando nos valores em verde e mudando para o desejado, para aplicar a mudança basta clicar no botão de filtragem, o mais à direita. A figura 28 trata do assunto abordado acima.

Figura 28 - Botões de escala da tela de gráficos



Fonte: O autor

É possível selecionar quais informações podem ser apresentadas no gráfico, basta clicar nas penas para desativá-las, penas desativadas ficam marcadas com um ícone de “X”. A figura 29 trata do assunto abordado acima.

Figura 29 - Seleção das penas da tela de gráficos

Umidade Folha Verde	Umidade Folha Seca	Pressão da Caldeira	Vácuo da Caldeira	Temperatura Trocador de Calor 01	Temperatura Trocador de Calor 02	Temperatura Esteira 01 Secador
Temperatura Esteira 02 Secador	Temperatura Esteira 03 Secador	Temperatura Esteira 04 Secador	Temperatura Esteira 05 Secador	Válvula de Vapor 01	Velocidade Ventilador de Ar Frio	Velocidade Exaustor
Velocidade Gás Quente	Velocidade Exaustor 01 Secador	Velocidade Exaustor 02 Secador	Velocidade Exaustor 03 Secador	Velocidade Exaustor 04 Secador	Velocidade Exaustor 05 Secador	Velocidade Ventilador 01 Secador
Velocidade Ventilador 02 Secador	Velocidade Esteira Oscilante	Velocidade Esteira 01 Secador	Velocidade Esteira 02 Secador	Velocidade Esteira 03 Secador	Velocidade Esteira 04 Secador	Velocidade Esteira 05 Secador
Velocidade Peneira Rotativa	Velocidade Rosca Tremonha 01.01	Velocidade Rosca Tremonha 01.02	Velocidade Rosca Tremonha 02.01			

Fonte: O autor

A tabela mostra as penas ativadas e apresenta um botão que habilita todas as penas, um que desabilita todas as penas e um botão que esconde as penas como mostrado no canto superior direito da figura 30.

Figura 30 - Tabela de penas e configurações da tela de gráficos

			✓	✗	⚙
Pena	Hora	Valor			
Umidade Folha Verde	-	-			
Umidade Folha Seca	-	-			
Pressão da Caldeira	-	-			
Vácuo da Caldeira	-	-			
Temperatura Trocador de Calor 01	-	-			
Temperatura Trocador de Calor 02	-	-			
Temperatura Esteira 01 Secador	-	-			
Temperatura Esteira 02 Secador	-	-			
Temperatura Esteira 03 Secador	-	-			
Temperatura Esteira 04 Secador	-	-			
Temperatura Esteira 05 Secador	-	-			
Válvula de Vapor 01	-	-			
Velocidade Ventilador de Ar Frio	-	-			
Velocidade Exaustor	-	-			
Velocidade Gás Quente	-	-			
Velocidade Exaustor 01 Secador	-	-			
Velocidade Exaustor 02 Secador	-	-			
Velocidade Exaustor 03 Secador	-	-			
Velocidade Exaustor 04 Secador	-	-			
Velocidade Exaustor 05 Secador	-	-			
Velocidade Ventilador 01 Secador	-	-			
Velocidade Ventilador 02 Secador	-	-			
Velocidade Esteira Oscilante	-	-			
Velocidade Esteira 01 Secador	-	-			
Velocidade Esteira 02 Secador	-	-			
Velocidade Esteira 03 Secador	-	-			
Velocidade Esteira 04 Secador	-	-			
Velocidade Esteira 05 Secador	-	-			
Velocidade Peneira Rotativa	-	-			
Velocidade Rosca Tremonha 01.01	-	-			
Velocidade Rosca Tremonha 01.02	-	-			
Velocidade Rosca Tremonha 02.01	-	-			

Fonte: O autor

3.1.7 TELA DE ALARMES

A tela de alarmes apresenta uma tabela contendo os alarmes e suas informações a cada linha e coluna, possuindo botões que facilitam a verificação dos alarmes desejados por meio de filtros. Além disso é possível acessar o histórico de alarmes, que contém um registro de todos os alarmes. As figuras 31 e 32 mostram a tela de alarmes.

Figura 31 - Exemplo Tela de Alarmes

[illegible]

Fonte: O autor

[illegible]

No histórico de alarmes, há botões que facilitam a consulta de informações, a figura 33 mostra isso.

Data inicial 19/08/24 15:12 Data final 19/08/24 15:12

3.1.8 TELA DE UMIDADE

A tela de umidade apresenta uma tabela contendo as informações dos sensores de umidade, tendo botões que facilitam a consulta de informações mostrados na figura 74. Na tabela é possível trocar entre a visualização de MT01 para MT02 clicando no ícone “2⇄”. Além disso é possível gerar um relatório em formato excel dessas umidades, basta clicar no ícone “EXCEL”. As figuras 34 e 35 apresentam a tela de umidade.

Figura 34 - Exemplo Tela de umidade

Data inicial		Data final				
19/07/24 12:55		19/08/24 14:55		ENCIL 2f		
Data e Hora	Umidade MT01	Calibrada MT01	Sem Calibrar MT01	Direta sem offset MT01	Referência MT01	Referência no zeramento MT01
14/08/2024 17:15:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:16:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:17:42	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:18:42	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:19:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:20:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:21:42	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:22:42	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:23:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:24:42	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:25:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:26:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:27:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:28:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:29:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:30:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:31:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:32:43	0	0	0	0	0	0
14/08/2024 17:33:43	0	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:34:42	0	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:35:42	0	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:36:43	0	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:37:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:38:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:39:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:40:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:41:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:42:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:43:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:44:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:45:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:46:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:47:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:48:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:49:43	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:50:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:51:42	90	1	2	3	4	5
14/08/2024 17:52:43	90	1	2	3	4	5
19/08/2024 14:49:46	0	0	0	0	0	0
19/08/2024 14:50:46	99,5	1	2	3	4	5
19/08/2024 14:51:46	99,5	1	2	3	4	5
19/08/2024 14:52:46	99,5	1	2	3	4	5
19/08/2024 14:53:46	99,5	1	2	3	4	5
19/08/2024 14:54:46	99,5	1	2	3	4	5
Registros: 1 de 554						

Fonte: O autor

Figura 35 - Exemplo de excel relatório de umidade

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4					INTERVALO:	19/07/24 12:55	19/08/24 14:55				Emissão:		19/08/2024 14:57	
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														

Fonte: O autor

3.2 POP-UPs

Cada equipamento e sensor possui sua pop-up de operação e/ou configuração, nelas estão presentes status, alarmes e comandos. Equipamentos que possuem o mesmo tipo de funcionamento apresentam pop-ups idênticas, que serão apresentadas apenas uma vez neste manual, como é o caso do damper e das válvulas.

3.2.1 POP-UP DE OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PARTIDA DIRETA

A pop-up a seguir é equivalente às operações desses equipamentos. As figuras 36 e 37 mostram essa pop-up.

Figura 36 - Pop-up de Operação de equipamentos de partida direta 1

The image shows a dark-themed user interface for equipment operation. On the left is a vertical sidebar with three icons: a hamburger menu, a hand cursor, a bell, and a wrench. The main area is divided into two sections. The top section, titled 'Status', contains five checkboxes: 'Intertravado por proteção', 'Intertravado por processo', 'Intertravado', 'Motor ligado', and 'Sentido de giro reverso'. The bottom section, titled 'Controle', includes a 'Modo:' label with 'Manual' and 'Automático' radio buttons. Below this is a 'Modo de operação:' label with two large buttons labeled 'Manual' and 'Automático'. At the very bottom are two large buttons labeled 'Desligar' and 'Ligar'. A circular arrow icon is visible in the top right corner of the interface.

Status

☐ Intertravado por proteção

☐ Intertravado por processo

☐ Intertravado

☐ Motor ligado

☐ Sentido de giro reverso

Controle

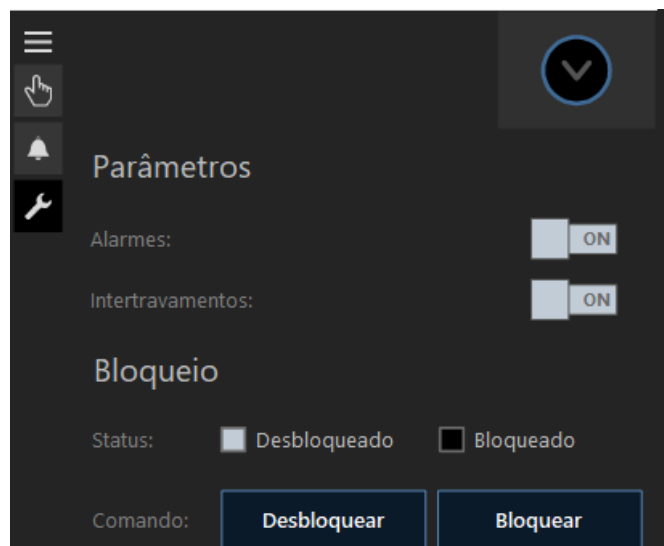
Modo: ☐ Manual ☐ Automático

Modo de operação: **Manual** **Automático**

Desligar **Ligar**

Fonte: O autor

Figura 37 - Pop-up de Operação equipamentos de partida direta 2

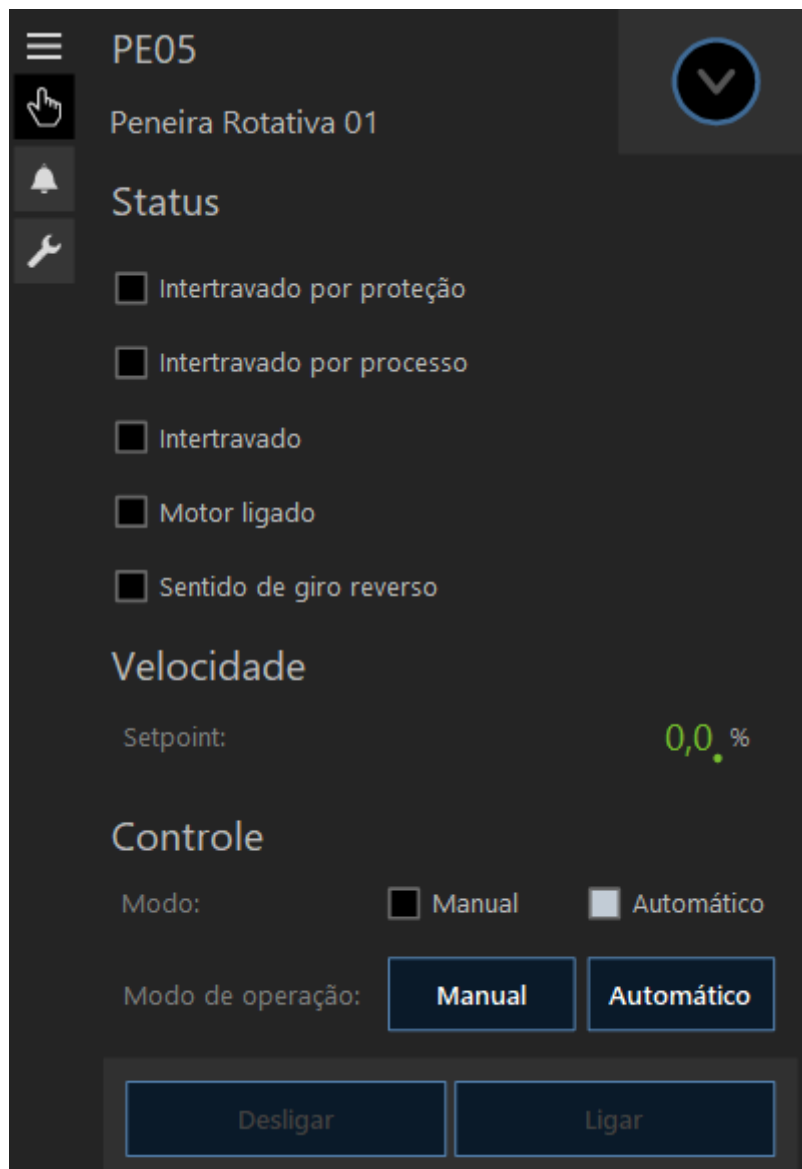


Fonte: O autor

3.2.2 POP-UP DE OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE SOFT-START

A pop-up a seguir é equivalente às operações desses equipamentos. A figura 38 apresenta essa pop-up.

Figura 38 - Pop-up de Operação equipamentos soft-start



Fonte: O autor

3.2.3 POP-UP OPERAÇÃO DE VÁLVULAS

A pop-up a seguir é equivalente às operações das válvulas. As figuras 39, 40, 41 e 42 são referentes a pop-up de operação de válvulas.

Figura 39 - Pop-up de Operação das válvulas 1

VP03

Válvula Descarga de Fundo

Status

☐ Intertravado por proteção

☐ Intertravado por processo

☐ Intertravado

☐ Válvula aberta

Controle

Modo: ☐ Manual ☐ Automático

Modo de operação: **Manual** **Automático**

Fechar **Abrir**

Fonte: O autor

Figura 40 - Pop-up de Operação das válvulas 2

The screenshot shows a dark-themed user interface for valve operation. On the left is a vertical sidebar with four icons: a hamburger menu, a hand cursor, a circle with '0', and a wrench. The main area is titled 'VC01' and 'Válvula Proporcional de Vapor 01'. Below this is a 'Status' section with three unchecked checkboxes: 'Intertravado por proteção', 'Intertravado por processo', and 'Intertravado'. The 'Posição' section shows 'Abertura:' at '0,0 %' and 'Setpoint:' at '0,0 %' in green. The 'Controle' section has a 'Modo:' label with 'Manual' and 'Automático' radio buttons, and a 'Modo de operação:' label with 'Manual' and 'Automático' buttons. At the bottom are 'Fechar' and 'Abrir' buttons. A valve icon is in the top right corner.

VC01

Válvula Proporcional de Vapor 01

Status

☐ Intertravado por proteção

☐ Intertravado por processo

☐ Intertravado

Posição

Abertura: 0,0 %

Setpoint: 0,0 %

Controle

Modo: ☐ Manual ☐ Automático

Modo de operação: **Manual** **Automático**

Fechar Abrir

Fonte: O autor

Figura 41 - Pop-up de Operação das válvulas, aba alarmes

The screenshot shows a dark-themed user interface for valve operation, specifically the 'Alarmes' tab. The sidebar is identical to Figure 40. The main area is titled 'VP03' and 'Válvula Descarga de Fundo'. Below this is an 'Alarmes' section with two unchecked checkboxes: 'Alarme cascata' and 'Alarme posição'. To the right of each checkbox is a right-pointing arrow. A valve icon is in the top right corner.

VP03

Válvula Descarga de Fundo

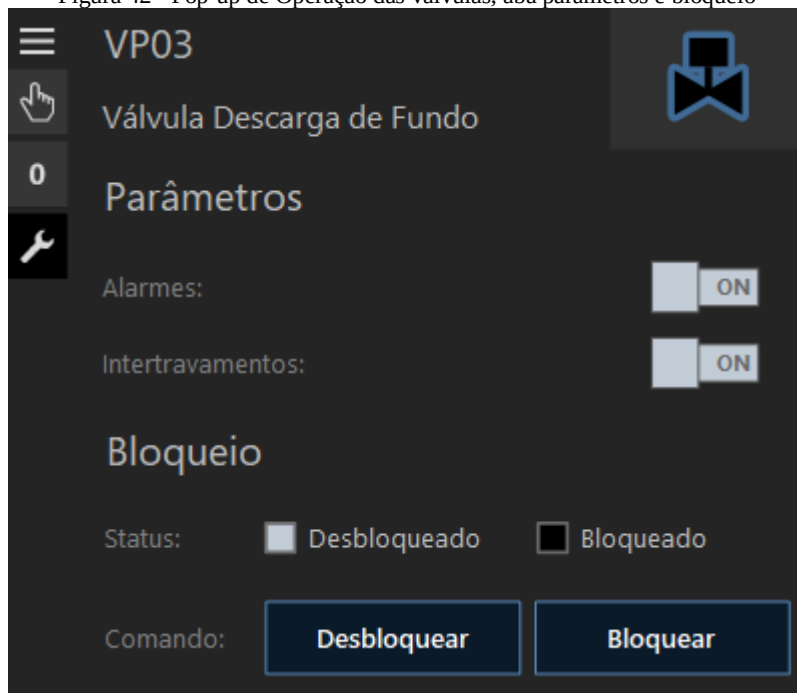
Alarmes

☐ Alarme cascata

☐ Alarme posição

Fonte: O autor

Figura 42 - Pop-up de Operação das válvulas, aba parâmetros e bloqueio



Fonte: O autor

3.2.4 POP-UP OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS COM INVERSOR

A pop-up a seguir é equivalente às operações desses equipamentos. As figuras 43, 44 e 45 se referem a pop-up de operação de equipamentos com inversor.

Figura 43 - Pop-up de Operação de equipamentos com inversor 1

The image shows a control interface for equipment FM05. It features a sidebar with icons for menu, hand, alarm, and tools. The main area is divided into sections: 'Exaustor Caldeira', 'Status' (with five checkboxes for interlocking and motor status), 'Velocidade' (with a setpoint of 0,0% and mode selection), and 'Controle' (with mode selection and 'Desligar'/'Ligar' buttons).

FM05

Exaustor Caldeira

Status

- ☐ Intertravado por proteção
- ☐ Intertravado por processo
- ☐ Intertravado
- ☐ Motor ligado
- ☐ Sentido de giro reverso

Velocidade

Setpoint: 0,0 %

Modo: ☐ Manual ☐ Automático

Modo de operação: **Manual** **Automático**

Controle

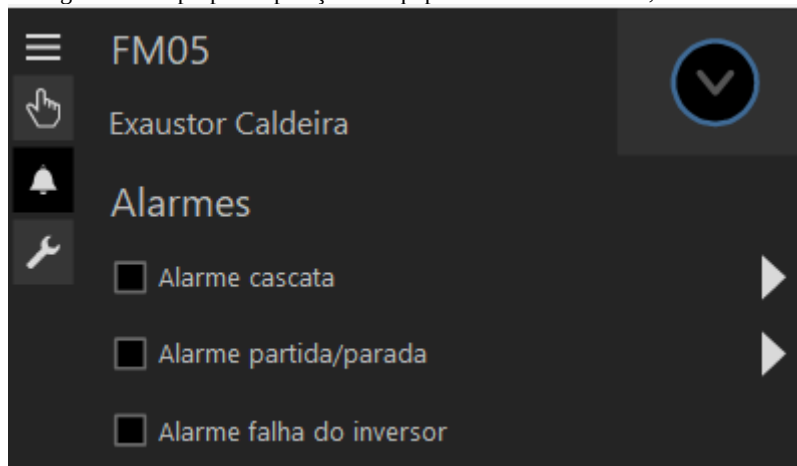
Modo: ☐ Manual ☐ Automático

Modo de operação: **Manual** **Automático**

Desligar **Ligar**

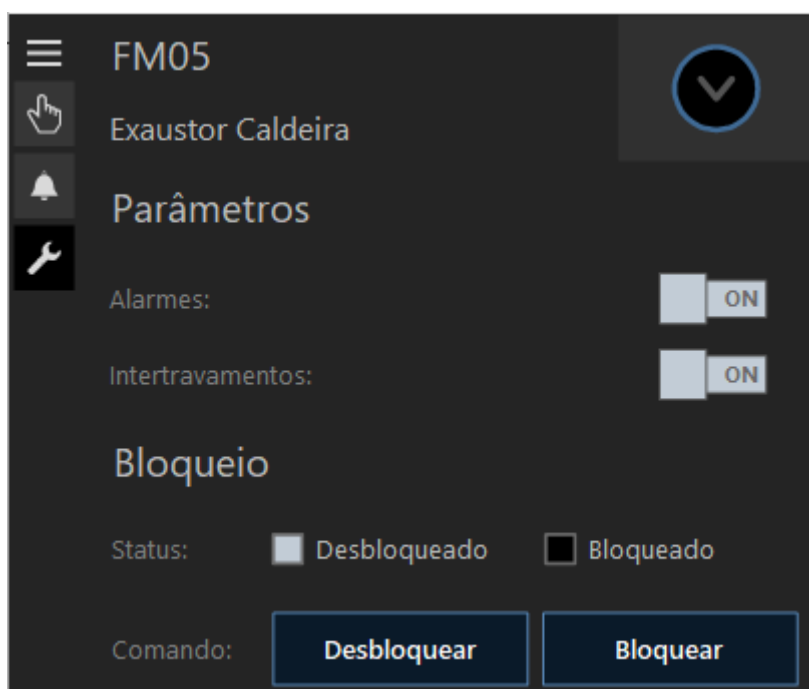
Fonte: O autor

Figura 44 - Pop-up de Operação de equipamentos com inversor, aba alarmes



Fonte: O autor

Figura 45 - Pop-up de Operação de equipamentos com inversor, aba parâmetros e bloqueio

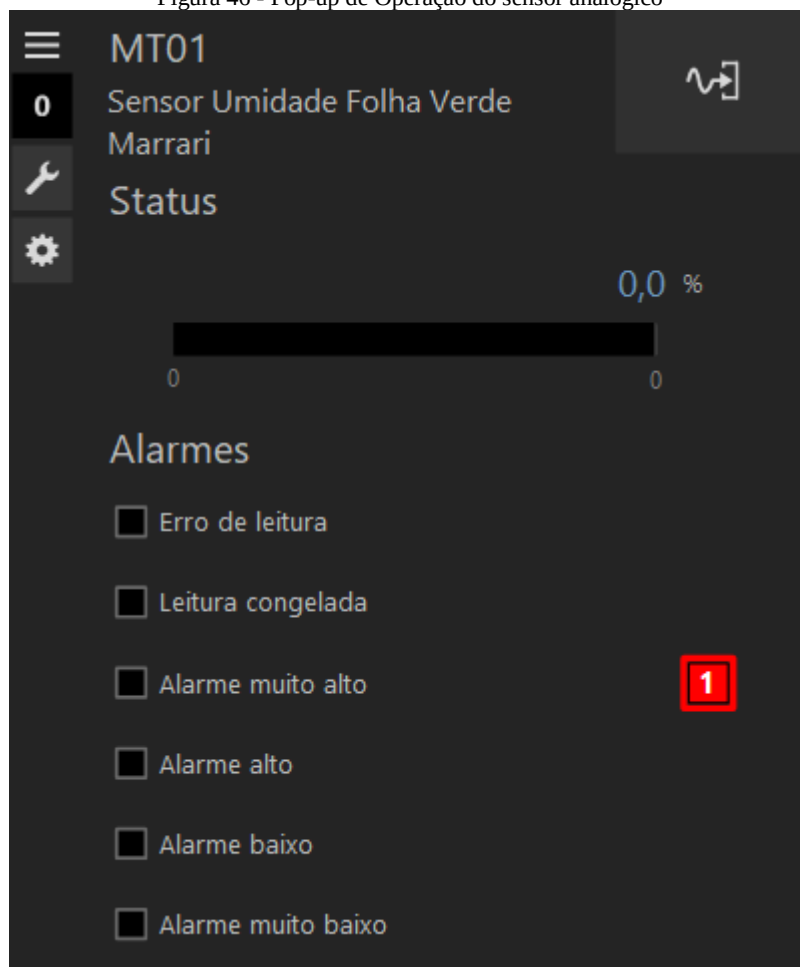


Fonte: O autor

3.2.5 POP-UP OPERAÇÃO DE SENSOR ANALÓGICO

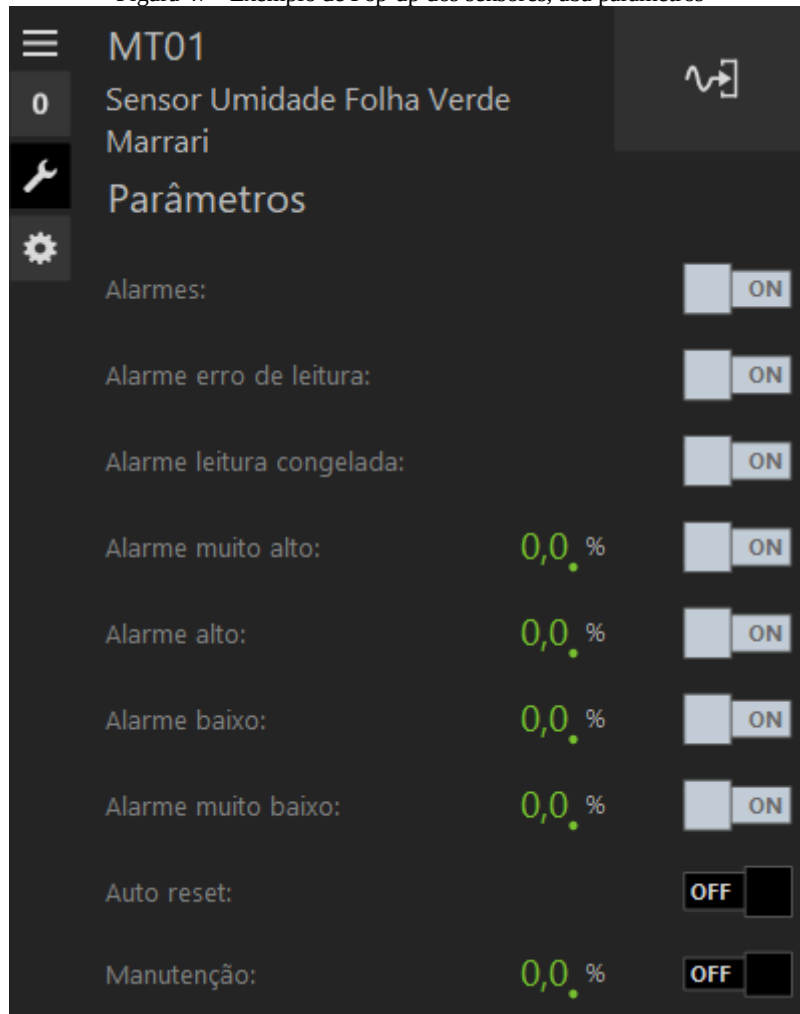
As pop-ups a seguir são equivalentes às operações dos sensores analógicos. As figuras 46, 47 e 48 se referem a pop-up de sensores analógicos.

Figura 46 - Pop-up de Operação do sensor analógico



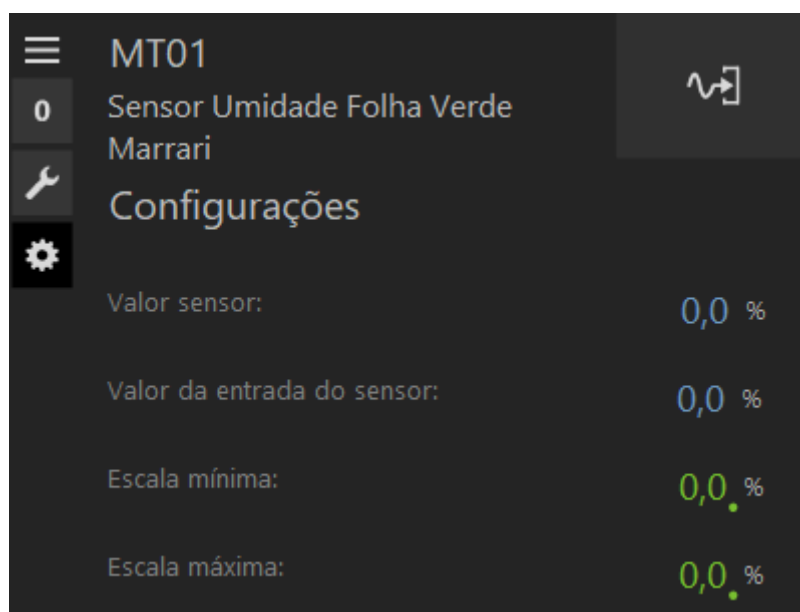
Fonte: O autor

Figura 47 - Exemplo de Pop-up dos sensores, aba parâmetros



Fonte: O autor

Figura 48 - Exemplo de Pop-up dos sensores, aba configurações



Fonte: O autor

- **Valor Sensor:** Valor com as conversões, tratado com a questão de alarmes e status.
- **Valor da entrada do sensor:** Valor que vem direto do controlador, valor não tratado do sensor, apenas convertido.

3.2.6 POP-UP DE SENSOR DIGITAL

A pop-up a seguir é equivalente às operações dos sensores digitais. A figura 49 se refere a pop-up de operação de sensores digitais.

Figura 49 - Pop-up exemplo de sensor

The image shows a dark-themed user interface for a digital sensor. At the top left, the title 'Cascata' is displayed. In the top right corner, there is a square button with a white icon of two overlapping rectangles. Below the title, the interface is organized into four sections: 'Status', 'Alarmes', and 'Parâmetros'. The 'Status' section contains two items, each with a square checkbox: 'Status do sensor' and 'Status da entrada do sensor'. The 'Alarmes' section contains one item with a square checkbox: 'Parada por cascata'. The 'Parâmetros' section contains four items, each with a label and a control element: 'Alarmes:' with a light blue square and the text 'ON'; 'Auto reset:' with the text 'OFF' and a black square; 'Manutenção:' with the text 'OFF' and a black square; and 'Valor forçado:' with the text '0' and a lock icon.

Fonte: O autor

3.3 LISTA DE STATUS, ALARMES E COMANDOS

Na tela de Processo e nos equipamentos, existem status e alarmes que são apresentados para informar sobre a situação do sistema. Temos a seguinte lista com o status e alarmes com seus respectivos significados.

Status:

- **Ligado:** indica que há retorno de ligado do equipamento.
- **Sentido de giro reverso:** Indica que o equipamento está funcionando com o sentido de giro em reverso.
- **Ligado em automático:** sinaliza que o equipamento foi ligado pelo comando automático.
- **Intertrav. de proteção:** Indica que o equipamento está bloqueado por um intertravamento de proteção, prevenindo o funcionamento em condições inseguras.
- **Intertrav. de processo:** Sinaliza que o equipamento está bloqueado devido a um intertravamento de processo, impedindo a operação até que determinadas condições de processo sejam atendidas.
- **Bypass:** Indica que o equipamento está em modo de bypass, podendo operar mesmo que algo esteja desabilitado.
- **Sensor avançado:** Indica que o sensor associado está na posição avançada.
- **Sensor recuado:** Indica que o sensor associado está na posição recuada.
- **Fechado:** Indica que a válvula ou dispositivo está na posição fechada.
- **Aberto:** Indica que a válvula ou dispositivo está na posição aberta.
- **Status do Sensor:** Indica o estado atual do sensor, acionado ou desacionado.
- **Status da entrada de leitura:** Refere-se ao estado do valor de entrada direto do CLP, se está acionado ou não.

Alarmes:

- **Partida/Parada:** Alarme indicando que houve uma tentativa de partida ou parada do equipamento sem retornar o respectivo status de ligado ou desligado.

- **Cascata:** Alarme indicando um problema na operação em modo cascata, onde um equipamento depende de outro para operar corretamente.
- **Posição:** Alarme que sinaliza uma discrepância ou erro na posição da válvula.
- **Falha inversor:** Alarme que indica uma falha no inversor de frequência, afetando o controle de velocidade do equipamento.
- **Comunicação:** Alarme que sinaliza um problema na comunicação entre o equipamento e o inversor de frequência.
- **Erro de leitura:** Alarme indicando um erro na leitura do sensor, caso esteja enviando abaixo de 4mA ou acima de 20mA, ou por defeitos no cartão do CLP.
- **Leitura congelada:** Alarme que indica que a leitura do sensor está congelada e não está atualizando conforme esperado.
- **Alarme muito alto:** Alarme que sinaliza que a leitura do sensor está muito acima do limite seguro.
- **Alarme alto:** Alarme que indica que a leitura do sensor está acima do valor configurado para operação normal.
- **Alarme baixo:** Alarme que indica que a leitura do sensor está abaixo do valor configurado para operação normal.
- **Alarme muito baixo:** Alarme que sinaliza que a leitura do sensor está muito abaixo do limite seguro.
- **Status de alarme:** Indica se o estado atual é de alarme.

Comandos:

- **Bloquear – DESBLOQUEAR / BLOQUEAR:** Comando que permite bloquear o equipamento, impedindo o uso não autorizado. Desbloquear o equipamento permite que seja ligado. Quando o botão for selecionado, sua cor muda imediatamente indicando a seleção.
- **Intertravamentos – DESABILITAR / HABILITAR:** Comando que permite habilitar ou desabilitar os intertravamentos do equipamento para operar em manual ou automático. Quando o botão for selecionado, sua cor muda imediatamente indicando a seleção.

- **Modo de operação – MANUAL / AUTOMÁTICO:** Comando que permite habilitar o equipamento para operar em manual ou automático. Quando o botão for selecionado, sua cor muda imediatamente indicando a seleção. Caso a bomba esteja em Local ou Bloqueada, não será possível pressionar essa opção;
- **LIGAR / DESLIGAR:** Comando que liga e desliga o equipamento. Estes botões funcionam apenas se o botão MANUAL estiver acionado. Caso a bomba esteja em Local ou Bloqueada, não será possível pressionar essa opção;
- **RESET:** Desativa todos os alarmes que já não estão mais ativos;
- **Desabilitar:** Desabilita os alarmes do equipamento
- **Auto reset:** Assim que a condição que gera o alarme sair, ele já retira o alarme.
- **Manutenção:** Força o valor de manutenção
- **ABRIR / FECHAR:** Comando que abre e fecha a válvula. Estes botões funcionam apenas se o botão MANUAL estiver acionado. Caso a bomba esteja em Local ou Bloqueada, não será possível pressionar essa opção;
- **Modo de controle – MANUAL / AUTOMÁTICO:** Comando que habilita operação PID para funcionar em manual ou automático;
- **Setpoint:** *Setpoint* para frequência desejada de operação do equipamento quando o modo de controle estiver em manual.
- **Parâmetros - Erro de leitura:** Quando a leitura está fora de range, abaixo de 4mA, acima de 20mA, ou quando está como circuito aberto.
- **Parâmetros - Leitura congelada:** Os valores de leitura são comparados em um determinado tempo, caso não tenha mudança no valor, é determinado que a leitura está congelada, gerando alarme.
- **Escala mínima / Escala máxima:** Range do Sensor.

4 CONCLUSÃO

Com base no trabalho apresentado, as conclusões apontam para a importância de um sistema supervisório robusto e integrado para a otimização da produção industrial agrícola de secagem de folhas. O desenvolvimento e a implementação do sistema proposto não apenas melhoraram a eficiência e a produtividade da operação, como também aumentaram a segurança dos operadores ao permitir o monitoramento em tempo

real e a intervenção precisa, se necessário. Como a automação foi recentemente implementada, não foi possível determinar precisamente o quanto foi elevada a produção e qualidade do produto, entretanto, por conversas informais foram identificadas melhorias nesses aspectos e a criação de perspectiva para redução de trabalhadores envolvidos nos processos. A utilização do Elipse E3 como software de supervisão, alinhado com a norma ISA 101, assegurou uma interface amigável e eficaz, permitindo que operadores acompanhassem e controlassem com maior precisão cada etapa do processo industrial, além disso às funcionalidades avançadas como a geração de relatórios já está em uso. Além disso, o trabalho destacou a importância da automação em diversos níveis, desde sensores e CLPs até o controle supervisão, de foco deste trabalho, evidenciando como a integração de cada nível proporciona um processo mais coeso e confiável.

5 REFERÊNCIAS

YIN, Jiankai; YANG, Jianan; HUANG, Jingru. Research on the Application and Development Trend of Automation in Mechanical Manufacturing. **Journal Of Physics: Conference Series**, v. 1549, n. 3, p. 032101, 1 jun. 2020. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1549/3/032101>.

DUNHAM, Cleon L.. Production Automation in the 21st Century: opportunities for production optimization and remote unattended operations. **Journal Of Petroleum Technology**, v. 55, n. 07, p. 68-73, 1 jul. 2003. Society of Petroleum Engineers (SPE). <http://dx.doi.org/10.2118/79390-jpt>.

BOUAMAMA, Belkacem Ould; ARIQUI, Hichem; MERZOUKI, Rochdi; ABBASSI, Hadj Ahmed. Design of Supervision Systems: theory and practice. **Aip Conference Proceedings**, Annaba Algéria, v. 1019, p. 0-0, 2008. AIP. <http://dx.doi.org/10.1063/1.2953051>.

SHARMA, Kls. Why Automation? **Overview Of Industrial Process Automation**, p. 1-14, 2011. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-415779-8.00001-2>.

WANG, L.; CHEN, Y.. Flexible automatic supervision in industrial manufacturing. **Proceedings, Ieee Autotestcon**, Huntsville, Cidade no Alabama, EUA, p. 704-710, 17 out. 2002. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/autest.2002.1047951>.

CAO, Xiaofeng; ZOU, Shuhui; WANG, Dandan. Process Control Analysis of Modern Chemical Instruments and Chemical Automation. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 358, n. 3, p. 032056, 1 dez. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/358/3/032056>.

LAI, Nai Yeen Gavin; JAYASEKARA, Deepesh; WONG, Kok Hoong; YU, Lih Jiun; KANG, Hooi Siang; PAWAR, Kulwant; ZHU, Yingdan. Advanced Automation and Robotics for High Volume Labour-Intensive Manufacturing. **2020 International Congress On Human-Computer Interaction, Optimization And Robotic Applications (Hora)**, jun. 2020. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hora49412.2020.9152831>.

YAN, Liu; RUIJIE, Kong. Design of Control System for Flexible Automatic Processing Line. **2018 10Th International Conference On Computational Intelligence And Communication Networks (Cicn)**, ago. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cicn.2018.8864961>.

ALMAYA, Ahmad; BELDER, Lawrence de; MEYER, Robert; NAGAPUDI, Karthik; LIN, Hung-Ren Homer; LEAVESLEY, Ian; JAYANTH, Jayanthi; BAJWA, Gurjit; DINUNZIO, James; TANTUCCIO, Anthony. Control Strategies for Drug Product Continuous Direct Compression—State of Control, Product Collection Strategies, and Startup/Shutdown Operations for the Production of Clinical Trial Materials and Commercial Products. **Journal Of Pharmaceutical Sciences**, v. 106, n. 4, p. 930-943, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.xphs.2016.12.014>.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ISA101, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems**: human-machine interfaces. Human-Machine Interfaces. 2015. Disponível em: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa101>.

ARPAIA, Pasquale; MATTEIS, Ernesto de; INGLESE, Vitaliano. Software for measurement automation: a review of the state of the art. **Measurement**, Genebra, Benevento e Nápoles, Itália, v. 66, p. 10-25, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.01.020>.

ELIPSE SOFTWARE. **Elipse E3**. 2015. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>.