

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

ROBERT SANTANA RODRIGUES DA SILVA

**PLATAFORMA DE AUTOMATIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DA
PRÉ-PARTIDA DE UMA PLANTA PETROQUÍMICA DE PEBD**

SALVADOR, BA
2023

ROBERT SANTANA RODRIGUES DA SILVA

**PLATAFORMA DE AUTOMATIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DA
PRÉ-PARTIDA DE UMA PLANTA PETROQUÍMICA DE PEBD**

apresentado ao Curso Engenharia de Controle e Automação
da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para
a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. MSc. Ruy Carvalho de Barros
Universidade Federal da Bahia

SALVADOR, BA
2023

Este trabalho é dedicado à minha família, que sempre acreditaram e investiram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. A Ele seja dada toda honra, glória e louvor. Sem Ele, eu jamais teria conquistado tudo que alcancei até hoje, e sei que Ele continuará me acompanhando até o fim dos tempos.

Expresso minha gratidão aos meus pais, os maiores incentivadores da minha jornada. Eles proporcionaram o possível e o impossível para que eu pudesse perseguir meus sonhos, sendo também portadores dos sonhos deles depositados em mim.

Aos colegas de turma, amigos que compartilharam toda essa caminhada, muito obrigado. Suas contribuições, apoio e companheirismo tornaram essa jornada acadêmica mais rica e significativa. Cada desafio superado, cada conquista celebrada, cada indignação, cada riso, cada choro, foram partilhados, criando uma amizade verdadeira e sincera. Sem vocês, eu não chegaria até aqui.

Agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória, contribuindo para o meu crescimento e sucesso acadêmico. Essa conquista é fruto do apoio de pessoas incríveis que estiveram ao meu lado. Vocês são parte essencial dessa vitória. Muito obrigado!

RESUMO

SILVA, Robert. Plataforma de automatização de procedimentos da pré-partida de uma planta petroquímica de PEBD. 2023. 43 f. – Curso Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 2023.

A indústria petroquímica enfrenta desafios significativos na otimização de procedimentos para garantir eficiência e segurança operacional. Este trabalho aborda a crescente importância da automatização de procedimentos nesse setor, impulsionada pela complexidade operacional e regulamentações rigorosas. Exploramos os avanços tecnológicos, desafios de implementação e impactos esperados na produtividade e segurança ao incorporar sistemas automatizados. O foco recai sobre o desenvolvimento de um sistema de automatização de procedimentos numa planta de PEBD, utilizando o SDCD DeltaV da Emerson. A centralização da disponibilização de informações, para realização da pré-partida, visa simplificar decisões e identificar falhas, promovendo eficiência operacional. Os objetivos incluem documentar requisitos para uma pré-partida eficaz e desenvolver um projeto de automatização de procedimentos no DeltaV. Objetivos específicos incluem monitorar procedimentos, entrevistar operadores experientes e elaborar a arquitetura da plataforma. A simulação completa será verificada por testes extensivos, visando funcionalidade, usabilidade e fidelidade à simulação.

Palavras-chave: Automação de Procedimentos. PEBD. SDCD. Eficiência Operacional. DeltaV.

ABSTRACT

SILVA, Robert. Automated Pre-Startup Procedures Platform for a LDPE Petrochemical Plant. 2023. 43 f. – Curso Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 2023.

The petrochemical industry faces significant challenges in optimizing procedures to ensure operational efficiency and safety. This paper addresses the growing importance of procedure automation in this sector, driven by operational complexity and strict regulations. We explore technological advances, implementation challenges, and expected impacts on productivity and safety through the integration of automated systems. The focus is on developing a procedure automation system for a Low-Density Polyethylene (LDPE) plant using Emerson's DeltaV Distributed Control System (DCS). Centralizing information distribution, particularly for pre-startup activities, aims to simplify decision-making and identify faults, promoting operational efficiency. Objectives include documenting requirements for effective pre-startup and developing an automation project on DeltaV. Specific goals involve monitoring procedures, interviewing experienced operators, and designing the platform architecture. Full simulation will be validated through extensive testing, emphasizing functionality, usability, and fidelity to the simulation. Keywords: Procedure Automation. LDPE. DCS. Operational Efficiency. DeltaV.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Típico painel de relés na década de 1960	3
Figura 2 – Representação de IHM e Elementos de Campos	5
Figura 3 – Fluxograma do Processo de Produção de PEBD	7
Figura 4 – DeltaV Control Studio	15
Figura 5 – DeltaV Explorer	16
Figura 6 – DeltaV Operate	17
Figura 7 – Criação de <i>Template</i> no DeltaV Explorer	19
Figura 8 – Criação de <i>Template</i> no DeltaV Explorer	19
Figura 9 – <i>Template</i> do <i>Control Module</i> - Variável Analógica	21
Figura 10 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Analógica	21
Figura 11 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Analógica com PV dentro dos limites	22
Figura 12 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Analógica com <i>Bypass</i> ativo	22
Figura 13 – Visualização geral do <i>Faceplate</i> - Variável Analógica	23
Figura 14 – Código de comando no CND - Variável Discreta	24
Figura 15 – <i>Template</i> do <i>Control Module</i> - Variável Discreta	25
Figura 16 – Visualização geral do <i>Faceplate</i> - Variável Digital	25
Figura 17 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Digital com PV dentro da condição programada	26
Figura 18 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Digital com PV fora da condição programada	26
Figura 19 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Variável Digital com <i>Bypass</i> ativado	26
Figura 20 – <i>Template</i> do <i>Control Module</i> - Entrada Manual	27
Figura 21 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Entrada Manual sem <i>check</i>	28
Figura 22 – <i>Template</i> da Tela de Operação - Entrada Manual com <i>check</i>	28
Figura 23 – Área PARTIDA_PEBD com os <i>Control Modules</i> de cada etapa que a compõe	29
Figura 24 – <i>Control Module</i> online da Etapa de Extrusão	30
Figura 25 – Bloco CEM - Matriz de Causa-Efeito	31
Figura 26 – Parâmetro - <i>Array</i> Limites	32
Figura 27 – Blocos ACT - Códigos de Comando	32
Figura 28 – Bloco ACT1 - Comandos dos Parâmetros Dinâmicos	33
Figura 29 – Bloco ACT2 - Comandos dos Parâmetros Estáticos	33
Figura 30 – Layout do Menu Superior do Procedimento de Partida do PEBD antes de iniciar	34
Figura 31 – Layout do Menu Superior durante o Procedimento de Partida do PEBD	34
Figura 32 – Tela de Extrusão - Verificações em andamento	35

Figura 33 – Tela de Extrusão - Teste do TIA-059	36
Figura 34 – Tela de Extrusão - Teste do LAL-023	36
Figura 35 – Tela de Extrusão - Entradas Manuais	37
Figura 36 – Tela da Compressão Primária - Variáveis <i>OK</i>	38
Figura 37 – Tela da Compressão Secundária - Variáveis <i>OK</i>	38
Figura 38 – Tela da Reação - Variáveis <i>OK</i>	39
Figura 39 – Tela da Separação - Variáveis <i>OK</i>	39
Figura 40 – Tela da Extrusão - Variáveis <i>OK</i>	40
Figura 41 – Tela da Silagem - Variáveis <i>OK</i>	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Instruções de Partida - Compressão Primária	10
Tabela 2 – Instruções de Partida - Compressão Secundária	11
Tabela 3 – Instruções de Partida - Reação	12
Tabela 4 – Instruções de Partida - Separação	12
Tabela 5 – Instruções de Partida - Extrusão	13
Tabela 6 – Instruções de Partida - Silagem	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
ISA	International Society of Automation
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PID	Proporcional Integral Derivativo
PV	Variável de Processo
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
TAF	Teste de Aceitação de Fábrica

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 OBJETIVOS GERAIS	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	3
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: HISTÓRIA E CONCEITO	3
2.2 SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO - SDCD	4
2.3 AUTOMAÇÃO DE PROCEDIMENTOS	5
2.4 POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE - PEBD	6
3 – MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	8
3.1.1 GANHOS ESPERADOS	8
3.1.2 INSTRUÇÕES DE PARTIDA	9
3.2 SDCD - EMERSON DELTAV	13
4 – PROJETO DETALHADO	18
4.1 TIPOS DE VARIÁVEIS	18
4.2 CRIAÇÃO DE <i>TEMPLATES</i>	18
4.2.1 VARIÁVEIS ANALOGICAS - <i>TEMPLATE</i>	18
4.2.1.1 <i>TEMPLATE - CONTROL MODULE</i>	19
4.2.1.2 <i>TEMPLATE - TELA GRÁFICA</i>	21
4.2.2 VARIÁVEIS DISCRETAS - <i>TEMPLATE</i>	23
4.2.2.1 <i>TEMPLATE - CONTROL MODULE</i>	23
4.2.2.2 <i>TEMPLATE - TELA GRÁFICA</i>	25
4.2.3 ENTRADAS MANUAIS - <i>TEMPLATE</i>	27
4.2.3.1 <i>TEMPLATE - CONTROL MODULE</i>	28
4.2.3.2 <i>TEMPLATE - TELA GRÁFICA</i>	28
4.3 PASSOS DO PROCEDIMENTO DE PARTIDA	29
4.3.1 CRIAÇÃO DO <i>CONTROL MODULE</i>	29
4.3.2 PROCEDIMENTO DE PARTIDA - TELA DE OPERAÇÃO	32
4.3.2.1 VERIFICAÇÃO DA TELA DE EXTRUSÃO	34
4.3.2.2 TELA DE OPERAÇÃO - TODAS AS ETAPAS	36
4.3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5 – CONCLUSÃO	42

5.1 TRABALHOS FUTUROS	42
Referências	43

1 INTRODUÇÃO

A indústria petroquímica, conhecida por sua complexidade operacional e demandas rigorosas de segurança, tem enfrentado desafios constantes na otimização de procedimentos para maximizar a eficiência e minimizar os riscos associados aos processos. Ela desempenha um papel crucial na economia global, com alto poder germinativo e alto relacionamento com os demais setores da economia (TORRES, 1997), fornecendo os componentes fundamentais para uma ampla gama de produtos, desde plásticos até produtos farmacêuticos. No entanto, a complexidade dos processos e a necessidade de manter altos padrões de segurança e eficiência têm desafiado continuamente os métodos tradicionais de gerenciamento e produção, aumentando a necessidade premente de aprimorar o controle e a gestão dessas operações e impulsionando a busca por soluções avançadas de automação.

A evolução da automação industrial tem sido fundamental para otimizar os processos fabris e garantir maior eficiência e segurança nas operações industriais. Essa transformação contínua na indústria busca substituir tarefas manuais por sistemas automatizados, visando minimizar erros operacionais e maximizar a produtividade. Dentro desse cenário, a automação de procedimentos surge como uma abordagem essencial para preencher as lacunas operacionais que, por vezes, não são plenamente atendidas pelos sistemas de controle tradicionais das fábricas.

Neste trabalho, exploraremos a necessidade crescente e a importância da automatização de procedimentos na indústria petroquímica. Analisaremos os avanços tecnológicos que impulsionaram essa transformação, os desafios enfrentados ao implementar sistemas automatizados em ambientes altamente complexos e regulamentados, bem como os impactos esperados na produtividade, e principalmente na segurança.

Ao compreendermos profundamente o contexto e a relevância da automatização de procedimentos na indústria petroquímica, estaremos aptos a explorar e discutir estratégias eficazes para implementar e aprimorar esses sistemas, além de examinar os benefícios tangíveis e intangíveis que essas mudanças trazem para a indústria como um todo.

O presente trabalho se concentra no desenvolvimento de um sistema de automatização de procedimentos na indústria petroquímica, utilizando o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) DeltaV, desenvolvido pela Emerson. A problemática central reside na busca por uma abordagem que otimize o procedimento de pré-partida, utilizando a ferramenta DeltaV para centralizar a disponibilização de informações. O objetivo é simplificar a tomada de decisões e a identificação de falhas, promovendo eficiência operacional e segurança nos processos em um ambiente altamente complexo. Não está dentro do escopo deste estudo realizar alterações na instrumentação existente ou migrar instrumentos que não estejam atualmente implementados no SDCD.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é documentar os requisitos essenciais para uma pré-partida eficaz em uma planta petroquímica, bem como desenvolver o projeto de automação de procedimentos no SDCD e plataforma de simulação.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar os procedimentos de partida e coletar dados por meio de entrevistas com operadores sêniores, os quais acumulam mais de 10 anos de experiência na operação de plantas de PEBD;
- Elaborar a arquitetura da plataforma, integrando dados preexistentes no DeltaV e informações coletadas, para criar uma interface gráfica. Essa construção seguirá as diretrizes da literatura normativa e as melhores práticas do mercado, enfatizando a usabilidade da ferramenta e a ergonomia para os operadores. ;
- Implementar as lógicas e algoritmos necessários para simular os processos de partida da planta petroquímica, no DeltaV;
- Integrar o DeltaV e os elementos de simulação, para formar a plataforma completa. Realizar testes extensivos para verificar a funcionalidade, a usabilidade e a fidelidade da simulação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será apresentado o embasamento teórico utilizado para orientar o desenvolvimento do trabalho, fundamental para a compreensão completa de seu propósito e objetivo. Serão abordados os conceitos da Automação Industrial e do SDCD, bem como será descrito o desenvolvimento histórico de ambos. Além disso, será realizada uma descrição simplificada do processo de PEBD.

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: HISTÓRIA E CONCEITO

A Automação de máquinas e processos surgiu a partir da necessidade de amplificação das capacidades humanas, substituindo, quando necessário, a dependência da capacidade sensorial e de decisão do operador (GUTIERREZ; PAN, 2008).

Figura 1 – Típico painel de relés na década de 1960



Fonte: (PAREDE, 2011)

Segundo Ribeiro 2001, numa planta industrial, a automação e instrumentação estão diretamente interligadas, pois os diferentes instrumentos, com funções de monitoração, alarme e intertravamento, são usados para realizar a automação.

A Automação, como definida por (GUTIERREZ; PAN, 2008), compreende qualquer sistema, amplamente apoiado por tecnologia computacional, que substitua ou aprimore o

trabalho humano, buscando soluções eficientes e rápidas para atender aos desafios complexos enfrentados pelas indústrias e serviços. Essa abordagem incorpora o uso de sistemas integrados, algoritmos avançados e tecnologias emergentes para otimizar processos, minimizar erros operacionais e alcançar objetivos operacionais de forma econômica e eficaz. A automação, nesse contexto, não apenas visa à substituição de tarefas manuais, mas também busca aprimorar a precisão, a flexibilidade e a adaptabilidade das operações industriais, alinhando-se às demandas de um mercado em constante evolução.

Desde a década de 1940, a ideia de automação tem sido empregada para descrever sistemas que substituíram tarefas manuais ou repetitivas por processos automáticos, diminuindo a necessidade de intervenção humana (LAMB, 2015). Até a década de 1960, a automação industrial era regida quase totalmente pela utilização de relés eletromecânicos de lógica fixa, contadores e muita fiação (PAREDE, 2011).

2.2 SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO - SDCD

O SDCD, ou Sistema de Controle Distribuído (DCS), é um conjunto de elementos e equipamentos de softwares de automação industrial, interligados em redes de comunicação de alta velocidade e confiabilidade, utilizados em sistemas e plantas industriais de alta complexidade, com o objetivo de controlar processos (PAREDE, 2011).

No fim da década de 1970, os SDCDs começaram a ser desenvolvidos para indústrias de processos em batelada ou contínuos, porém, eram construídos para atender às individualidades de cada segmento da indústria (GUTIERREZ; PAN, 2008). Com o avanço da tecnologia e visando atender as necessidades das indústrias, os SDCDs ficaram mais abertos, aumentando o potencial do seu uso, com maior abrangência, utilizando interligações com CLPs diversos.

No SDCD, os subsistemas são controlados por um ou mais controladores que estão interligados por uma rede de comunicação e monitoramento, ou seja, não há a centralização da função de controle (GUTIERREZ; PAN, 2008).

De acordo com (FINKEL, 2006), o SDCD se fundamenta em um sistema de controle industrial microprocessado, inicialmente concebido para gerenciar primariamente variáveis analógicas. Ao longo do tempo, sua aplicação foi gradualmente ampliada, abarcando virtualmente todas as áreas usuais de controle. Isso inclui não somente variáveis discretas, mas também o controle de bateladas, a aplicação de controle estatístico de processos, a geração de relatórios e outras funcionalidades. Essa evolução demonstra a capacidade adaptativa e expansível desses sistemas, que passaram a atender a uma ampla gama de necessidades operacionais, desde as mais simples até as mais complexas, proporcionando soluções abrangentes para os desafios enfrentados na indústria.

Figura 2 – Representação de IHM e Elementos de Campos



Fonte: (FINKEL, 2006)

2.3 AUTOMAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

As tecnologias no mundo se renovam diariamente, com novidades e sofisticações em diversas áreas de atuação, e com a Automação não é diferente. Porém, ainda existem alguns processos que necessitam de forte atuação dos operadores, e normalmente são procedimentos que são realizados com baixa frequência, como por exemplo, a partida de uma planta.

Dentre as várias áreas dentro da Automação, existe a Automação de Procedimentos, que é amplamente utilizada em diversas plantas industriais ao redor do mundo. A International Society of Automation (ISA), criou um padrão para auxiliar o desenvolvimento e execução de projetos que englobam essa área, a ISA-106 - Automação de Procedimentos para Operações de Processos Contínuos. Documentar e Automatizar de maneira clara funções bem definidas e essenciais, possibilita aos operadores uma concentração mais efetiva em tarefas, problemas e questões inesperadas mais importantes (LYDON, 2020).

Segundo (LYDON, 2020), levando em conta o envelhecimento da mão-de-obra especializada e a dificuldade de encontrar operadores experientes, a implementação da Automação de Procedimentos traz alguns ganhos, como por exemplo: Capturar e compartilhar conhecimento corporativo com a inclusão de melhores práticas, e minimizar erros, e conseqüentemente, a diminuição de incidentes, aumento da segurança e melhoria do rendimento.

Nem todas as fábricas possuem os procedimentos devidamente documentados, ficando refém da expertise dos operadores mais qualificados. Ou seja, se precisar realizar alguma manobra na planta, e no momento estejam disponíveis apenas os operadores sem a devida experiência, o risco de um incidente aumenta.

A padronização se torna uma importante ferramenta para o aumento da proteção de pessoas e equipamentos. Todos os operadores, independente da experiência, que tem com o processo, realizarão o mesmo procedimento dos demais, reduzindo a dependência de operadores experientes. Porém, uma das principais dificuldades na implementação, é a resistência dos operadores, que por já saberem realizar o procedimento, podem não querer utilizar a nova ferramenta.

2.4 POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE - PEBD

O Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) é um dos polímeros mais amplamente utilizados em um grande número de aplicações (por exemplo, embalagens, adesivos, revestimentos e filmes). Ele é produzido em condições de temperatura relativamente elevadas, variando entre 120-320 °C, e pressões muito altas, entre 1500-3000 bar (PLADIS, 2006). Um fluxograma do processo é apresentado na Figura 3. As quatro etapas principais são:

- Compressão

Essa etapa envolve a compressão do gás etileno para aumentar sua pressão a níveis extremamente altos, necessários para a reação de polimerização. O processo é dividido em dois compressores em série, o primário e o secundário.

- Reação

O gás etileno comprimido é introduzido em reatores em série, onde ocorre a polimerização. Nessa fase, o etileno é convertido em polietileno por meio de processos de catalisação e controle de temperatura e pressão. A temperatura do reator varia num intervalo de 120 a 320 °C (PLADIS, 2006), e é regulada usando um sistema de resfriamento que circula ao redor do reator através de um encamisamento.

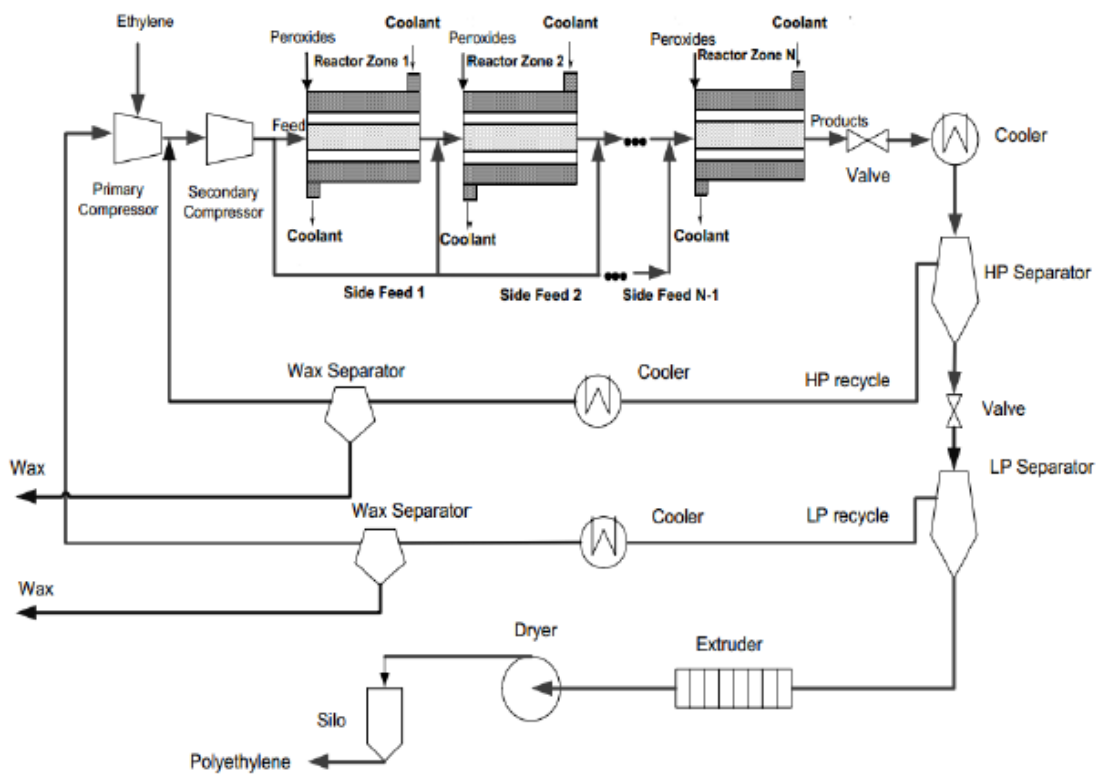
- Separação

Após a reação de polimerização, a mistura resultante, contendo polietileno e outros subprodutos, passa por separadores para remover impurezas, como resíduos gasosos ou impurezas residuais. A etapa de separação pode operar em pressões mais moderadas, permitindo a separação dos diferentes componentes da mistura de forma mais eficiente e controlada. O polímero na forma fundida é enviado para a seção de extrusão, onde ocorre a peletização.

- Extrusão

Na última etapa, o polietileno purificado é extrudado, ou seja, moldado em diferentes formatos (filmes, tubos, chapas etc.) conforme a aplicação desejada. Os pellets são estocados em silos.

Figura 3 – Fluxograma do Processo de Produção de PEBD



Fonte: (PLADIS, 2006)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido com base em um processo industrial real, e surgiu a partir de uma necessidade dentro da planta petroquímica.

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

As partidas da planta de PEBD, onde o projeto será implementado, não são automatizadas e contam com a intervenção do operador, quer seja no campo ou no painel de controle do SDCCD. Muitas das ações ainda dependem significativamente da experiência do operador, e não há uma padronização clara dessas atividades entre os diferentes turnos. Isso resulta em uma baixa consistência nas manobras realizadas. Considerando que as partidas da planta seguem um procedimento padrão predefinido, existe uma excelente oportunidade para incorporar lógicas de Automação de Procedimentos. Isso não apenas pode melhorar a repetibilidade das manobras, mas também tem potencial para trazer benefícios financeiros e, especialmente, aprimorar a segurança dos processos.

O processo em questão já está estabelecido, configurando-se como um procedimento intrinsecamente complexo, e com a interação de diversos elementos. Entre esses componentes, destaca-se o fator humano, que engloba a expertise de engenheiros, técnicos e operadores, cujas habilidades e conhecimentos desempenham um papel fundamental para a eficiência da partida. Vale ressaltar que o processo ocorre com poucas janelas de tempo designadas para paradas e partidas da planta, o que aumenta a necessidade de uma abordagem bem coordenada.

Diante desse cenário, foi necessário um estudo aprofundado junto aos operadores envolvidos. Este processo de análise teve como objetivo identificar e compreender as necessidades específicas relacionadas à partida da planta. Foram realizadas diversas reuniões, onde a colaboração ativa com os operadores proporcionou insights valiosos sobre os desafios enfrentados durante esse estágio crucial do processo industrial, permitindo uma visão mais ampla das demandas operacionais e das possíveis áreas de aprimoramento.

3.1.1 GANHOS ESPERADOS

Para direcionar a construção da plataforma, foram definidos alguns ganhos diretos e imediatos que são esperados após a conclusão da implementação:

- Conseguir visualizar possíveis erros no processo;
- Permitir visualizar todas as variáveis necessárias para a Partida num único local (sensores, atuadores, controladores, alarmes), possibilitando maior rapidez na tomada de decisões e verificação de falhas no processo;
- Reduzir possíveis falhas humanas;
- Desburocratização de tarefas;

- Verificar e registrar possíveis falhas em instrumentos necessários para a Partida;
- Para a equipe de automação, servirá como base para tomada de decisões visando a melhoria das medições e atuações automatizadas no Processo, com o objetivo de eliminar perdas e aumentar a segurança.

3.1.2 INSTRUÇÕES DE PARTIDA

Durante o desenvolvimento do Procedimento de Partida, os operadores foram peças fundamentais para chegar a um modelo que atenda a demanda da partida do PEBD, pois têm um entendimento aprofundado dos desafios enfrentados durante a operação diária da planta. O modelo a seguir foi definido a partir da junção da Instrução de Trabalho existente, com as informações fornecidas pelos operadores experientes, através de diversas reuniões e entrevistas. Cada tabela contém os dados de uma determinada etapa. A coluna "Tipo de Variável" pode ser classificada como Analógica, Discreta ou Manual. Já a coluna "Crítico" determina a criticidade da instrução, indicando se é suscetível ou não a interferência por parte do operador.

A Tabela 1 e a Tabela 2 trazem as instruções de partida da Compressão Primária e Secundária, respectivamente. É a etapa onde o etileno produzido em outra planta é condicionado para ficar de maneira própria para as condições de processo da planta do PEBD. Nos compressores as pressões e temperaturas são adequados para que estejam prontos para serem utilizados na etapa de Reação.

Tabela 1 – Instruções de Partida - Compressão Primária

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Confirmar drenagem de óleo de compressão	-	Manual	Não
Válvula de Purga de Eteno - Fechada	HIC-015	Discreta	Não
Pressão do V-01-01 - entre 0,25kg/cm ² e 0,5kg/cm ²	PIC-001	Analógica	Sim
Pressão do V-01-02 - entre 28kg/cm ² e 32kg/cm ²	PIC-002	Analógica	Sim
Pressão de Sucção do Compressor Secundário - entre 130kg/cm ² e 180kg/cm ²	PIC-003	Analógica	Sim
Pressão de Sucção do primeiro estágio - entre 0,3kg/cm ² e 0,4kg/cm ²	PIA-178	Analógica	Não
Pressão de Sucção do quarto estágio - maior que 25kg/cm ²	PIA-004	Analógica	Não
Temperatura de Descarga do terceiro estágio - entre 100°C e 130°C	TIA-008	Analógica	Não
Temperatura de Descarga do sexto estágio - entre 75°C e 110°C	TIA-015	Analógica	Não
Alarme do Prognost - Não ativo	VSH-002	Discreta	Não
Verificar o alinhamento de propeno (FI-007) para FCV-007 / Vapor	-	Manual	Não
Verificar necessidade de alinhamento de propano (FI-008) / Vapor	-	Manual	Não
Ajustar em tela o CTA alinhado para FICA-007 e FICA-008	-	Manual	Não
Ajustar batelada	-	Manual	Não
Nível do V-01-14 - Propano - maior que 20%	LIA-101	Analógica	Não
Pressão do V-01-14 - entre 8kg/cm ² e 10kg/cm ²	PIA-103	Analógica	Não
Pressão de entrada P-01-30 - entre 2,5kg/cm ² e 3kg/cm ²	PIC-110	Analógica	Não
Pressão de entrada P-01-24 - entre 10kg/cm ² e 12kg/cm ²	PIC-112	Analógica	Não
Pressão de saída P-01-24 - entre 2,5kg/cm ² e 3kg/cm ²	PIC-106	Analógica	Não

A etapa da Reação é descrita na Tabela 3, são dois reatores em série, ou seja, sequenciais, onde o etileno é misturado com os catalisadores, dentro das condições de temperatura e pressão dos reatores, preestabelecidas.

Tabela 2 – Instruções de Partida - Compressão Secundária

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Motor do Compressor Secundário - Operando	C-01-02	Discreta	Não
Pressão de Sucção do Compressor Secundário - entre 130kg/cm ² e 180kg/cm ²	PIC-003	Analógica	Sim
Válvula de Bloqueio de Sucção do Compressor Secundário - Aberta	HSV-001	Discreta	Não
Válvula de Retorno de Gás - Fechada	FIC-004	Discreta	Não
Válvula de Injeção de CTA - Fechada	FIC-007	Discreta	Não
Válvula de Injeção de CTA - Fechada	FIC-008	Discreta	Não
Válvula de Injeção de CTA - Fechada	FIC-009	Discreta	Não
Temperatura de Sucção do Compressor Secundário - entre 30°C e 50°C	TIA-020	Analógica	Não
Pressão de Vazamento de gás do Compressor Secundário - menor que 0,60kg/cm ²	PIA-035	Analógica	Não
Temperatura de Vazamento de gás do Compressor Secundário - entre -29°C e 30°C	TI-080	Analógica	Não
Pressão após o V-01-13A - menor que 1000kg/cm ²	PIA-027	Analógica	Não
Pressão após o V-01-13B - menor que 1000kg/cm ²	PIA-028	Analógica	Não
Temperatura de Descarga do Cilindro 1-1-A - menor que 120°C	TIA-021	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 1-1-B - menor que 120°C	TIA-022	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 1-2-A - menor que 120°C	TIA-023	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 1-2-B - menor que 120°C	TIA-024	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 2-1-A - menor que 120°C	TIA-029	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 2-1-B - menor que 120°C	TIA-030	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 2-2-A - menor que 120°C	TIA-031	Analógica	Sim
Temperatura de Descarga do Cilindro 2-2-A - menor que 120°C	TIA-032	Analógica	Sim
Válvula de alimentação de gás MH reator - Aberta	HSV-003A	Discreta	Não
Válvula de alimentação de gás Z3 reator - Aberta	HSV-003B	Discreta	Não
Válvula de alimentação de gás Z1 reator - Aberta	HSV-003C	Discreta	Não
Válvula de alimentação de gás Z3 reator - Aberta	HSV-003D	Discreta	Não
DeltaP do Vaso 12 - menor que 50kg/cm ²	DP-V12	Analógica	Não
Verificar medição/purgação do AI-01-01	-	Manual	Não
Realizar purgação do AR-01-02	-	Manual	Não

Na etapa de Separação, descrita na Tabela 4, ocorre a separação de resina e gás. Os dois separadores retiram o excesso de eteno da resina que foi produzida. O polímero fica por baixo, e o gás por cima, e retorna no ciclo de alta, para a etapa de compressão.

Tabela 3 – Instruções de Partida - Reação

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Pressão do Reator A - menor que 300kg/cm ²	PI-007A	Analógica	Não
Temperatura da Zona 1 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A1	Analógica	Não
Temperatura da Zona 2 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A2	Analógica	Não
Temperatura da Zona 3 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A3	Analógica	Não
Temperatura da Zona 4 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A4	Analógica	Não
Temperatura da Zona 5 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A5	Analógica	Não
Temperatura da Zona 6 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006A6	Analógica	Não
Pressão do Reator B - menor que 300kg/cm ²	PI-007B	Analógica	Não
Temperatura da Zona 1 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B1	Analógica	Não
Temperatura da Zona 2 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B2	Analógica	Não
Temperatura da Zona 3 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B3	Analógica	Não
Temperatura da Zona 4 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B4	Analógica	Não
Temperatura da Zona 5 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B5	Analógica	Não
Temperatura da Zona 6 do Reator A - entre 130°C e 150°C	TIA-006B6	Analógica	Não

Tabela 4 – Instruções de Partida - Separação

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Temperatura do fundo do SG-01-17 - maior que 130°C	TI-045	Analógica	Não
Pressão do SG-01-20 - entre 0,5kg/cm ² e 0,6kg/cm ²	PIA-009	Analógica	Não
Pressão do V-01-01 - entre 0,25kg/cm ² e 0,5kg/cm ²	PIC-001	Analógica	Não
Temperatura meio do SG-01-20 - maior que 130°C	TI-047	Analógica	Não
Temperatura do fundo do SG-01-20 - maior que 130°C	TIA-048	Analógica	Não
Temperatura do topo do SG-01-20 - maior que 130°C	TI-049	Analógica	Não
Nível do SG-01-20 - entre 10% e 45%	LIA-002	Analógica	Não

O polímero que sai da Separação, vai para etapa da Extrusão, descrita na Tabela 5. Nela ocorre a transformação da resina que vem do SG-20, em *pellets*, através da extrusora.

A última etapa é da Silagem, com as instruções descritas na Tabela 6. Nessa etapa ocorre o armazenamento dos *pellets*, que chegam nos silos através de transferência pneumática. Nos silos é o local onde também é realizada a pesagem.

Tabela 5 – Instruções de Partida - Extrusão

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Alinhar vapor para camisa do EX-01-01	-	Manual	Não
Temperatura da Água para Capela - entre 30°C e 40°C	TIA-059	Analógica	Não
Temperatura Extrusor 1 ^o zona - maior que 180°C	TIA-086	Analógica	Não
Temperatura Extrusor 2 ^o zona - maior que 180°C	TIA-089	Analógica	Não
Vazão do Óleo Redutor - maior que 5,6l/min	FIA-010A	Analógica	Não
Vazão do Óleo Mancal - maior que 5,6l/min	FIA-010B	Analógica	Não
Vazão do Óleo Redutor - maior que 5,6l/min	FIA-010C	Analógica	Não
Pressão da UH-01-06 - maior que 1,4kg/cm ²	PIA-020	Analógica	Não
Corrente do SC-01-01 - entre 2A e 6A	II-015	Analógica	Não
Bypass do SG-01-10 - ativado	HCV-012	Discreta	Não
Realizado o ajuste das facas no MG-01-10	-	Manual	Não
Temperatura da Resina - maior que 180°C	TI-097	Analógica	Não
Temperatura do MG-01-10 - maior que 180°C	TIA-098	Analógica	Não
Pressão do Vapor do MG-01-10 - maior que 10kg/cm ²	PIC-088	Analógica	Não
Corrente do MG-01-10 - entre 65A e 80A	II-099	Analógica	Não
Rotação da MG-01-10 - maior que 200rpm	SI-065	Analógica	Não
Vazão de Água/Óleo do MG-01-10 - maior que 4l/min	FI-025	Analógica	Não
Realizar teste de desempenho do Granulador	-	Manual	Não

3.2 SDCD - EMERSON DELTAV

Para o desenvolvimento do Procedimento de Partida, O SDCD foi o equipamento utilizado, e ele é composto de software e hardware integrados, e neste trabalho foi utilizado o Emerson DeltaV, pois ele já é utilizado na planta onde o projeto será implementado.

Dentre os diversos SDCDs utilizados no mercado, O Emerson DeltaV está entre os destaques, por sua robustez e confiabilidade de anos de atuação em diversas indústrias de grande porte, especialmente em setores como petroquímica, química, petróleo e gás e farmacêutica. Ele já é utilizado na planta de PEBD para qual o projeto se destina, ou seja, faz o gerenciamento do sistema de controle do processo. Todos as variáveis estão configuradas nele, e conseqüentemente, todos os testes necessários para a realização do Procedimento de Partida, serão executados por ele. É possível destacar alguns aspectos-chave do DeltaV:

- Arquitetura Distribuída

O DeltaV utiliza uma arquitetura distribuída, o que significa que as funções de controle e automação são distribuídas em vários módulos, proporcionando flexibilidade e escalabilidade para atender às necessidades específicas de uma planta industrial.

- Integração de Sistemas

Oferece integração com uma variedade de dispositivos e sistemas, permitindo a conexão de instrumentação de campo, equipamentos de controle, sistemas de segurança, e outros componentes críticos para a operação industrial.

Tabela 6 – Instruções de Partida - Silagem

Instrução Definida	TAG	Tipo de Variável	Crítico
Vazão do Transporte Pneumático - maior que 3700Nm ³ /h	FICA-201	Analógica	Não
Pressão da Transferência Pneumática - entre 40% e 54%	PIA-201	Analógica	Não
Silos Balança em condições de receber produto	-	Manual	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-01A - maior que 9m ³ /min	FIA-207A	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-01B - maior que 9m ³ /min	FIA-207B	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-01C - maior que 9m ³ /min	FIA-207C	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-01D - maior que 9m ³ /min	FIA-207D	Analógica	Não
Vazão do Transporte Pneumático da Área 2 - maior que 4700Nm ³ /h	FICA-202	Analógica	Não
Silos Off-espec em condições de receber produto	-	Manual	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-04A - maior que 9.5m ³ /min	FIA-210A	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-04B - maior que 9.5m ³ /min	FIA-210B	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-04C - maior que 9.5m ³ /min	FIA-210C	Analógica	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-04D - maior que 9.5m ³ /min	FIA-210D	Analógica	Não
Vazão do Transporte Pneumático da Área 7 - maior que 6700Nm ³ /h	FICA-204	Analógica	Não
Silos Ensaque em condições de receber produto	-	Manual	Não
Vazão de Aeração do Silo SI-10-05 - maior que 2m ³ /min	FIA-211	Analógica	Não

- Interface Gráfica Intuitiva

Possui uma interface gráfica amigável que facilita a configuração, monitoramento e controle dos processos. Isso torna mais fácil para os operadores interagirem com o sistema, e consequentemente, na tomada de decisões.

- Módulos de Controle e Operação

O DeltaV inclui uma gama de módulos de controle e operação que podem ser personalizados para atender às necessidades específicas de diferentes processos industriais. Isso abrange desde controle básico até estratégias avançadas de otimização de processo.

- Segurança e Confiabilidade

O sistema é projetado com ênfase na segurança e confiabilidade, atendendo aos rigorosos padrões da indústria. Isso inclui recursos de redundância para garantir a continuidade das operações.

- Ferramentas de Diagnóstico e Manutenção

Oferece ferramentas de diagnóstico avançadas que auxiliam na identificação rápida e resolução de problemas. Além disso, possui funcionalidades que facilitam a manutenção preventiva.

- Conformidade com Padrões Industriais

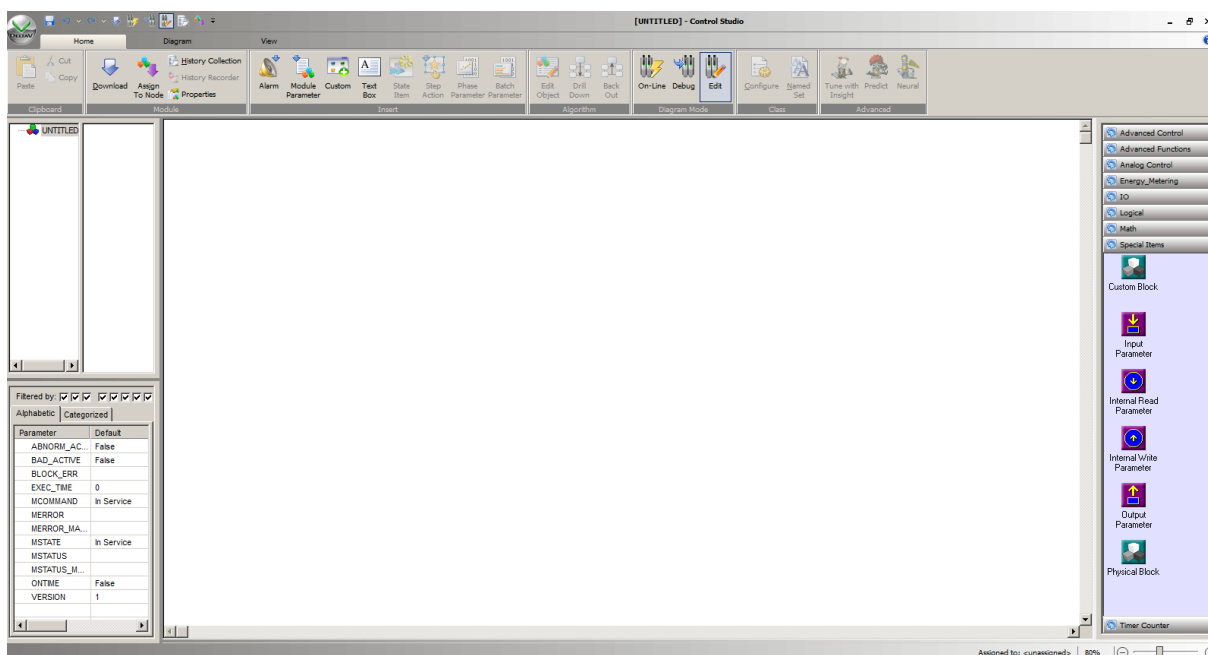
Está em conformidade com padrões industriais reconhecidos, garantindo interoperabilidade e facilitando a integração com outros sistemas.

O DeltaV Explorer, DeltaV Control Studio e o DeltaV Operate são componentes centrais utilizados pela engenharia e por operadores para manuseio do SDCD:

- DeltaV Control Studio

Permite o desenvolvimento de estratégias de controle sofisticadas, como controle PID, controle avançado de processos, lógicas de sequenciamento, estratégias de otimização e outras funcionalidades avançadas. Além disso, oferece ferramentas para simulação e teste das estratégias de controle antes de sua implementação, o que é fundamental para garantir a segurança e a eficácia das mudanças nos processos industriais. A Figura 4 mostra uma visualização básica das ferramentas do Control Studio.

Figura 4 – DeltaV Control Studio



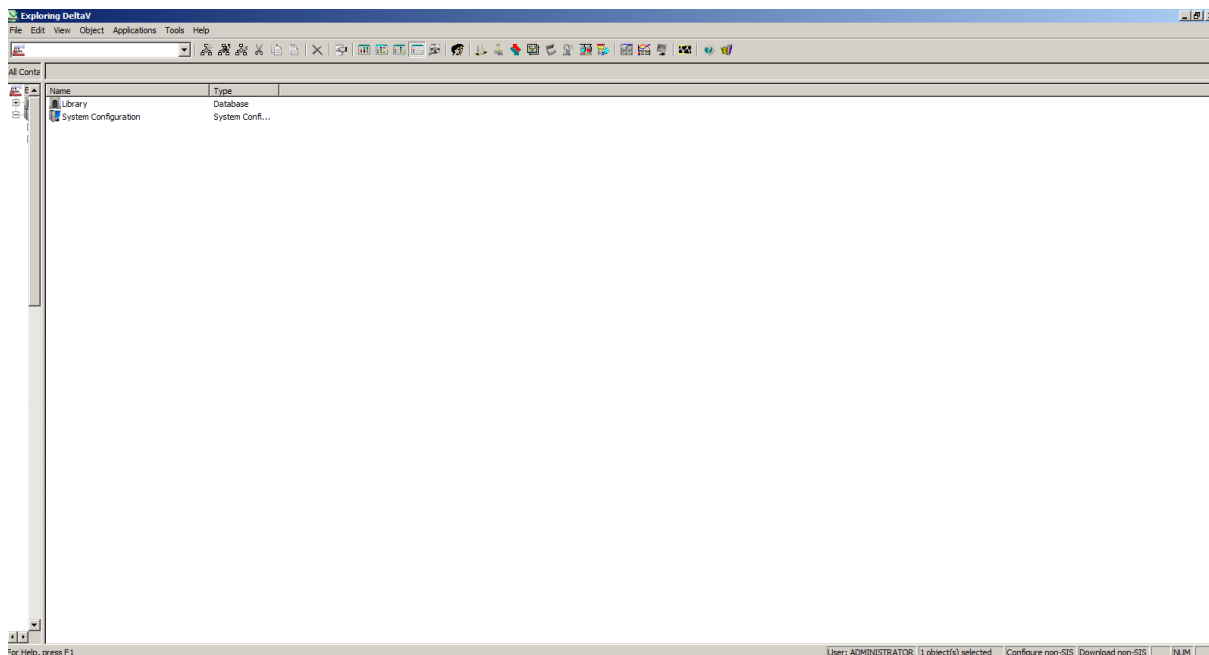
Fonte: DeltaV

- DeltaV Explorer

É uma ferramenta de configuração e engenharia do sistema DeltaV. Ele atua como uma interface para a configuração e engenharia do sistema DeltaV. Nele, os engenheiros configuram os controladores, dispositivos de campo, redes de comunicação, alarmes e outras configurações essenciais do sistema, incluindo a integração das estratégias de controle desenvolvidas no Control Studio. A Figura 5 mostra uma visualização básica do layout do Explorer.

- DeltaV Operate

Figura 5 – DeltaV Explorer

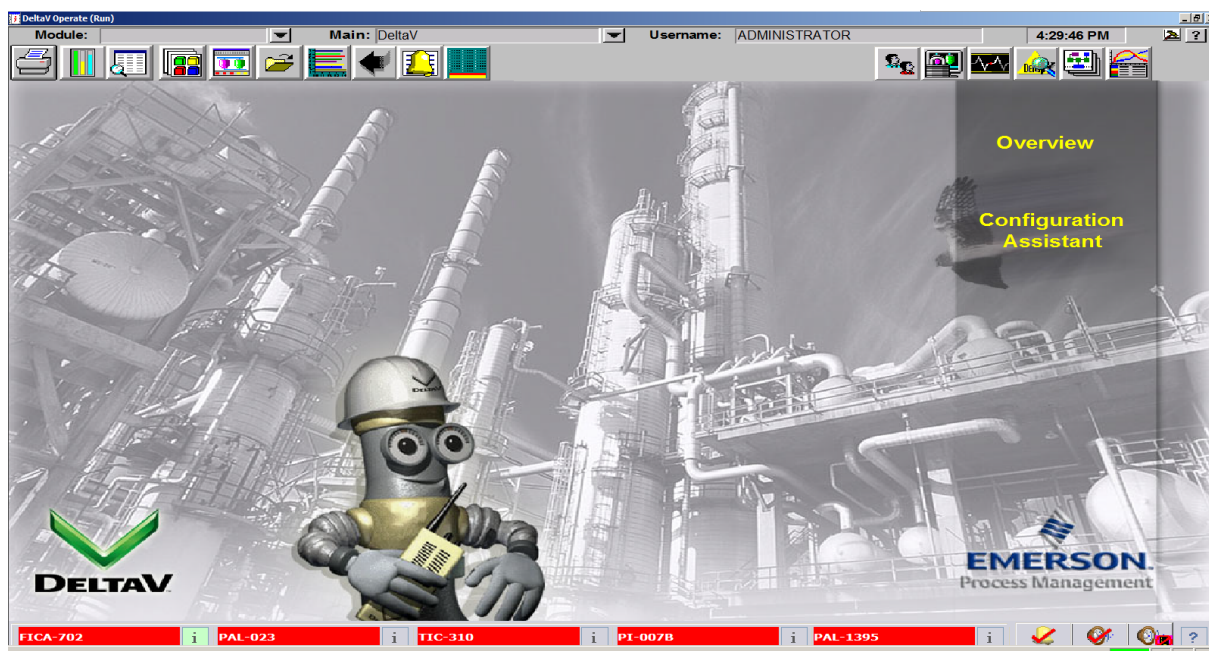


Fonte: DeltaV

É a interface de operação do sistema DeltaV. Ele fornece aos operadores uma plataforma amigável e intuitiva para monitorar e controlar os processos industriais em tempo real. Essa interface permite visualizar dados de processo, receber e responder a alarmes, operar válvulas e outros dispositivos de campo, acompanhar o desempenho do sistema, realizar ajustes operacionais e executar tarefas essenciais para garantir a eficiência e a segurança dos processos industriais. A Figura 6 mostra a visualização da tela inicial do Operate.

Enquanto o Control Studio é utilizado para desenvolver as estratégias de controle, o Explorer e o Operate, desempenham papéis vitais na gestão, controle e operação eficaz dos processos industriais, oferecendo interfaces específicas para a configuração e engenharia do sistema (Explorer) e para a operação diária e controle dos processos (Operate), respectivamente. O Control Studio permite aos engenheiros criar os controladores e as estratégias de controle, e o Explorer é a ferramenta que permite fazer upload desses controladores e estratégias para o sistema DeltaV, configurando-os para que possam ser visualizados no Operate, em tempo real.

Figura 6 – DeltaV Operate



Fonte: DeltaV

4 PROJETO DETALHADO

Esta seção aborda os detalhes da implementação do protótipo do sistema, as tecnologias envolvidas e a lógica de cada módulo e tela. Bem como o teste dos casos de uso.

4.1 TIPOS DE VARIÁVEIS

Todos os TAGs utilizados na simulação do Procedimento de Partida já são existentes na planta do PEBD, e já tiveram os seus respectivos funcionamentos validados diversas vezes durante o dia a dia da operação. De modo a realizar os testes em todas as variáveis necessárias para o procedimento, foram criados 3 blocos padronizados:

- Variável Analógica

Utilizado para realizar o teste das variáveis analógicas do processo: temperatura, pressão, nível, corrente. Nele é possível definir o *range* onde o valor da PV deverá estar.

- Variável Discreta

Utilizado para realizar o teste das variáveis discretas do processo: alarmes, abertura e fechamento de válvulas, acionamento de motores.

- Entrada Manual

Empregado em cenários nos quais a execução do teste automático através do DeltaV não é possível. Trata-se de um teste discreto, adequado para inspeções em equipamentos e instrumentos externos ao SDCCD. Nesse contexto, a confirmação recai exclusivamente sobre o operador.

4.2 CRIAÇÃO DE *TEMPLATES*

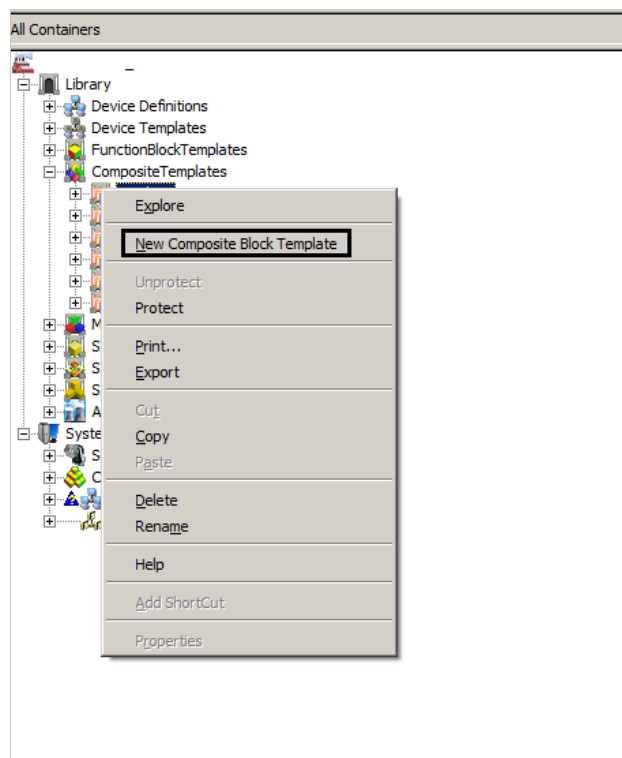
A elaboração de um *Template* do *Control Module* é uma funcionalidade nativa do DeltaV Explorer. Trata-se de uma ferramenta robusta e indispensável, empregada na construção de estruturas e controles que serão reutilizados, eliminando a necessidade de criar múltiplos módulos idênticos. Essa abordagem é importante para manter padrões e simplificar configurações em futuras implementações.

Para elaborar o Procedimento de Partida, empregou-se templates tanto no Control Module quanto no desenvolvimento das interfaces gráficas. No total, foram criados três tipos distintos: Variável Analógica, Variável Discreta e Entrada Manual. Na Figura 7 e na Figura 8, é possível visualizar como é realizada a configuração inicial.

4.2.1 VARIÁVEIS ANALÓGICAS - *TEMPLATE*

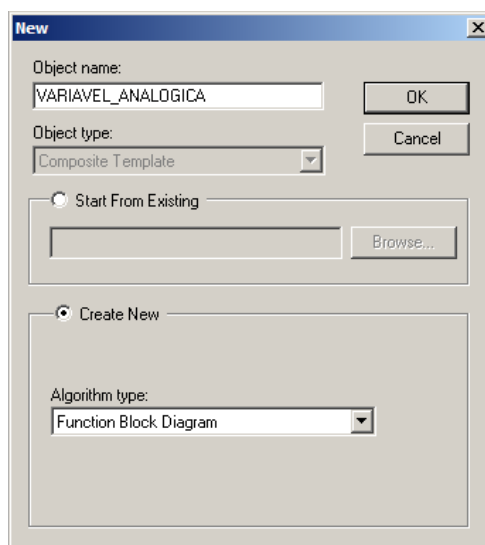
Para a Variável Analógica, foram criados *Templates* do *Control Module* e de elemento de tela.

Figura 7 – Criação de *Template* no DeltaV Explorer



Fonte: DeltaV

Figura 8 – Criação de *Template* no DeltaV Explorer



Fonte: DeltaV

4.2.1.1 TEMPLATE - CONTROL MODULE

Utilizando blocos próprios do Control Studio, foi possível criar uma lógica padrão, que atende as necessidades dos testes analógicos, independente da variável testada, desde que seja analógica. Na Figura 9 é possível visualizar toda a lógica, onde foram utilizados parâmetros

internos, que são do tipo float, boolean ou string. Esses parâmetros serão definidos de acordo com o TAG. O significado de cada parâmetro, é o seguinte:

- PV

Exibe o valor medido pelo instrumento em tempo real.

- LO_LIM

Exibe o limite mínimo, que foi definido para o que o instrumento esteja em condições de operação. Ele está pré-configurado com o valor de -100000, pois, nos casos descritos pela operação que não há a necessidade desse parâmetro, foi considerado um valor que seria impossível de qualquer instrumento medir, ou seja, não vai impactar na lógica de teste.

- HLLIM

Exibe o limite máximo, que foi definido para o que o instrumento esteja em condições de operação. Ele está pré-configurado com o valor de 100000, pois, nos casos descritos pela operação que não há a necessidade desse parâmetro, foi considerado um valor que seria impossível de qualquer instrumento medir, ou seja, não vai impactar na lógica de teste.

- TAG

É o Tag da variável.

- DESCRICAO

É a descrição da variável. Esse texto pode ser alterado de acordo com o que faça mais sentido para os operadores.

- CRITICO

Define se é uma variável critica ou não. Pode ser True ou False.

- LIM_TYPE

Define o tipo de limite para aquela variável, de acordo com o que foi discutido junto aos operadores:

- Mínimo: Foi definido apenas o limite mínimo daquela variável. O máximo é irrelevante para o teste.

- Máximo: Foi definido apenas o limite máximo daquela variável. O mínimo é irrelevante para o teste.

- Mínimo_Máximo: O limite mínimo e o limite máximo foram definidos.

Ele é definido de maneira automática, de acordo com o que foi definido no código de cada módulo.

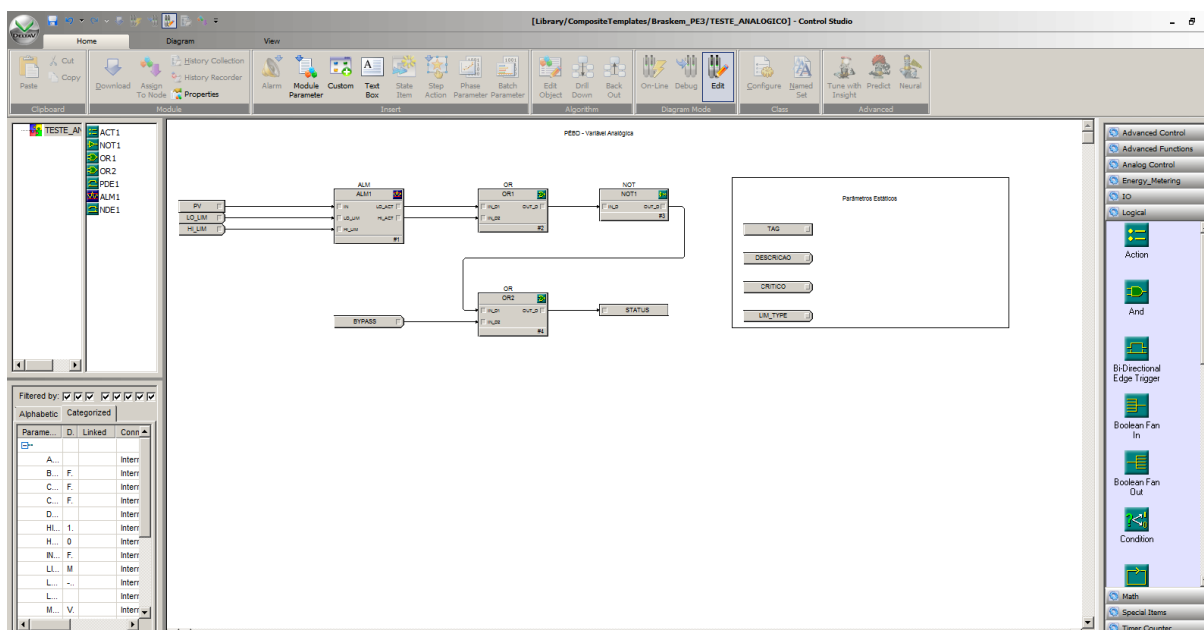
- STATUS

Resultado da verificação. O valor será 1, caso o teste atenda aos requisitos. Caso contrário, será 0.

- BYPASS

É um parâmetro boolean (0 ou 1). Ele estará em 0 como padrão, e será ativado quando o operador realizar a ação de bypass na tela. Porém, a opção só estará disponível para ser ativada, quando a PV estiver fora dos limites especificados.

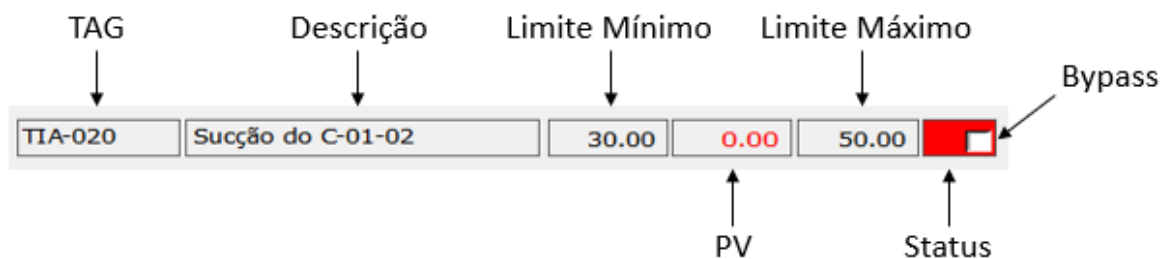
Figura 9 – Template do Control Module - Variável Analógica



Fonte: Autoria Própria

4.2.1.2 TEMPLATE - TELA GRÁFICA

Figura 10 – Template da Tela de Operação - Variável Analógica



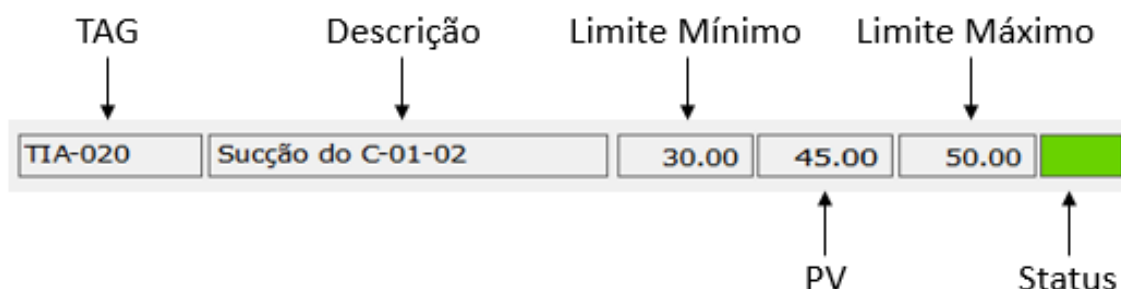
Fonte: Autoria Própria

Após a criação do *Template do Control Module*, foi necessário criar um padrão para as telas gráficas. Uma visualização simples, que possibilite que o operador visualize de maneira ágil, todas as variáveis de determinada etapa do processo, com todos os parâmetros essenciais para compreender a informação contida. Como pode ser observado na Figura 10.

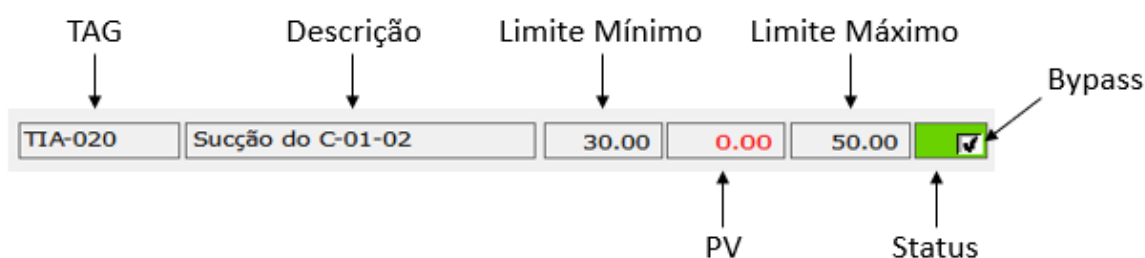
O significado de cada parâmetro, é o seguinte:

- TAG

Exibe o instrumento que está sendo testado. Esse campo oferece ao operador a função de clique, que abre o faceplate, possibilitando a visualização e manipulação do instrumento através do SDCD, além de outras possibilidades internas do próprio DeltaV. A Figura 13 exibe de uma forma geral, o que pode conter nesse layout de *Faceplate*.

Figura 11 – *Template* da Tela de Operação - Variável Analógica com PV dentro dos limites

Fonte: Autoria Própria

Figura 12 – *Template* da Tela de Operação - Variável Analógica com *Bypass* ativo

Fonte: Autoria Própria

- Descrição

Exibe a descrição do equipamento. Pode ser a mesma do módulo original (exibida também no *Faceplate*), ou a que melhor se aplique ao teste em questão.

- Limite Mínimo

Exibe o limite mínimo, necessário para o que o instrumento esteja em condições de operação. Apenas os valores, sem unidade. Para verificar a unidade, deverá abrir o *Faceplate*, clicando no campo de TAG.

- PV

Exibe o valor medido pelo instrumento em tempo real. O mesmo exibido no *Faceplate*.

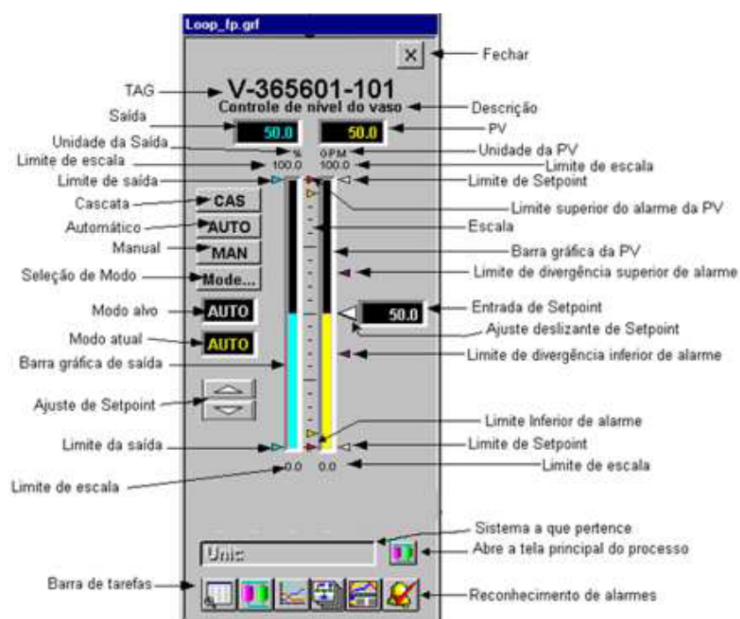
- Limite Máximo

Exibe o limite máximo, necessário para o que o instrumento esteja em condições de operação. Apenas os valores, sem unidade. Para verificar a unidade, deverá abrir o *Faceplate*, clicando no campo de TAG.

- Status

A cor indicará se o status está *OK* (verde) ou *NOT OK* (vermelho).

- *Bypass*

Figura 13 – Visualização geral do *Faceplate* - Variável Analógica

Fonte: DeltaV

O operador terá a opção de clicar no botão de *Bypass*, caso uma condição não esteja dentro do range definido, mas que por algum motivo externo, ele assume o risco de permitir que a partida continue. Essa opção não estará disponível quando um TAG esteja definido como “crítico”.

Dentro desse *Template* existem algumas variações, de acordo com a situação apresentada:

- Quando a PV estiver dentro dos limites determinados, o *Bypass* não estará disponível para ser acionado. A cor da fonte da PV será preta. É possível visualizar essa condição na Figura 11.
- Quando a PV não estiver dos limites determinados, o *Bypass* estará disponível para ser acionado pelo operador. Nesse caso, a PV ficará na cor vermelha, mesmo se o ele for ativado, deixando o Status *OK* (verde). A Figura 12 exhibe esse caso.

4.2.2 VARIÁVEIS DISCRETAS - *TEMPLATE*

Para a Variável Discreta, foram criados *Templates* do *Control Module* e de elemento de tela.

4.2.2.1 *TEMPLATE* - *CONTROL MODULE*

Utilizando blocos próprios do Control Studio, foi possível criar uma lógica padrão, que atende as necessidades dos testes discretos, independente da variável testada, desde que seja discreta. Na Figura 15 é possível visualizar toda a lógica, onde foram utilizados parâmetros

internos. Eles serão definidos de acordo com o TAG. O significado de cada parâmetro, é o seguinte:

- COND_ACT

Exibe o valor do teste discreto que foi configurado. Como pode ser realizado para diversos tipos de variáveis discretas, é o comando no código que define qual deverá ser a saída com o resultado esperado. Por exemplo, a condição esperada é o alarme do LAL-023 desativado, ou seja, COND_ACT = 0, nesse caso.

- CND

É um bloco nativo do DeltaV Control Studio, que possibilita escrever uma condição em forma de linguagem de programação própria do sistema. Para esse caso, o código pode ser visualizado na Figura 14.

- TAG

É o Tag da variável.

- DESCRICAO

É a descrição da variável. Esse texto pode ser alterado de acordo com o que faça mais sentido para os operadores.

- CRITICO

Define se é uma variável crítica ou não. Pode ser True ou False.

- BYPASS

É um parâmetro boolean (0 ou 1). Ele estará em 0 como padrão, e será ativado quando o operador realizar a ação de bypass na tela. Porém, a opção só estará disponível para ser ativada, quando o COND_ACT estiver fora do especificado.

Figura 14 – Código de comando no CND - Variável Discreta

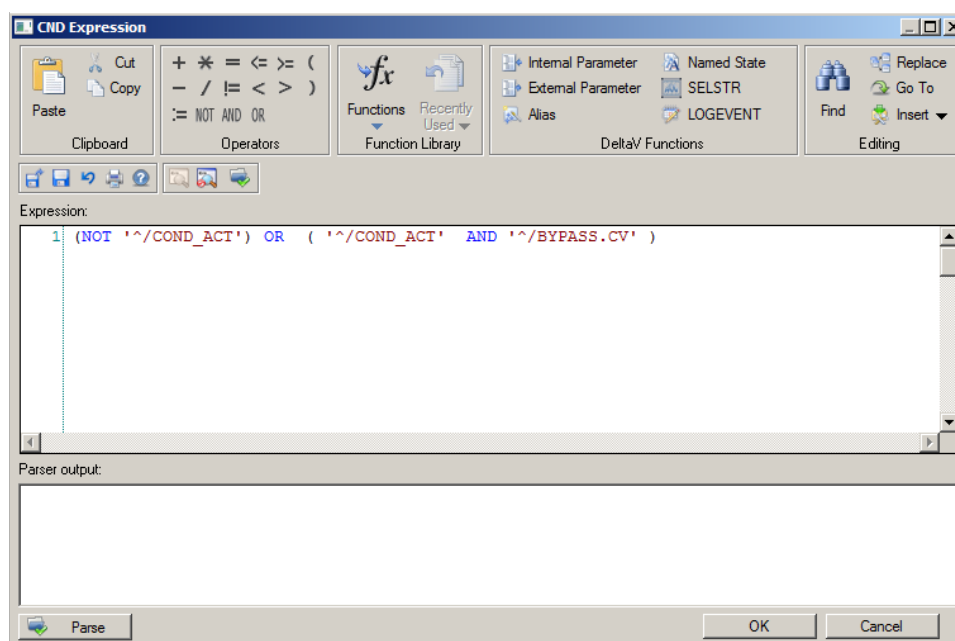
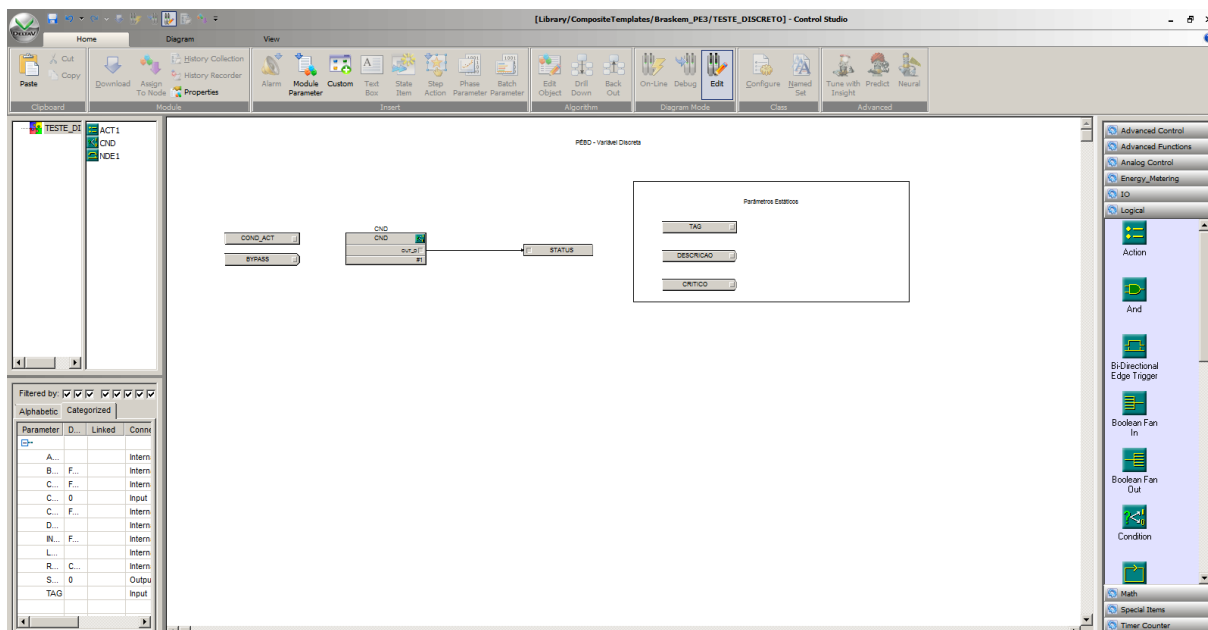


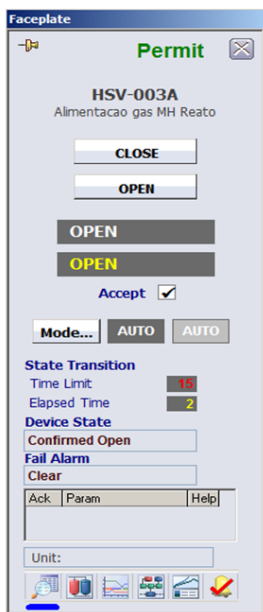
Figura 15 – Template do Control Module - Variável Discreta



Fonte: Autoria Própria

4.2.2.2 TEMPLATE - TELA GRÁFICA

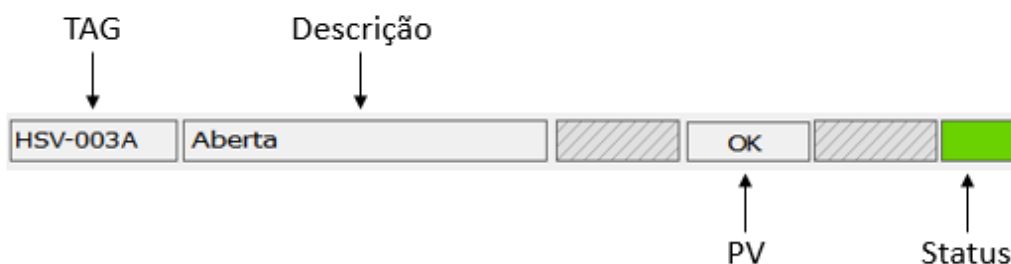
Figura 16 – Visualização geral do Faceplate - Variável Digital



Fonte: DeltaV

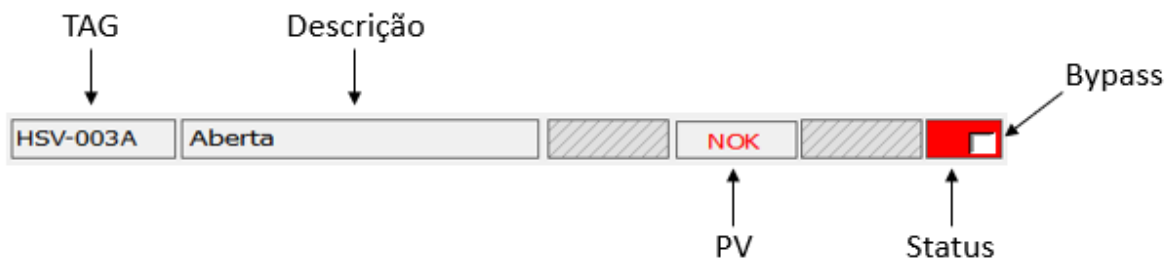
Esse *Template* foi criado para seguir um padrão semelhante ao de Tela Gráfica da Variável Analógica.

Figura 17 – *Template* da Tela de Operação - Variável Digital com PV dentro da condição programada



Fonte: Autoria Própria

Figura 18 – *Template* da Tela de Operação - Variável Digital com PV fora da condição programada



Fonte: Autoria Própria

Figura 19 – *Template* da Tela de Operação - Variável Digital com *Bypass* ativado



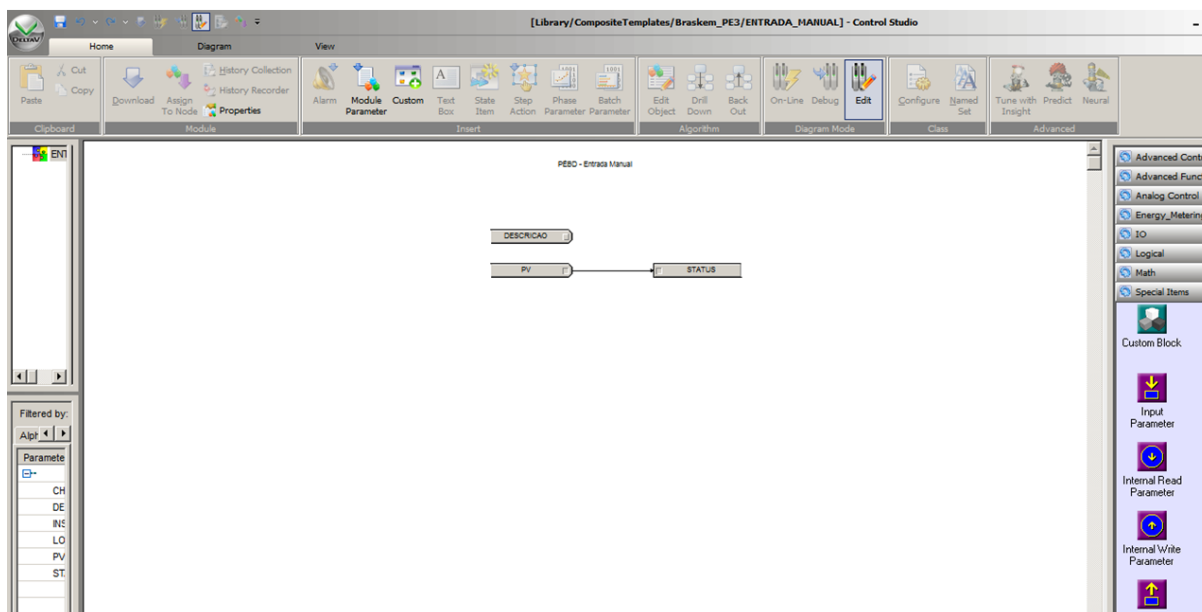
Fonte: Autoria Própria

O significado de cada parâmetro, é o seguinte:

- TAG

Exibe o instrumento que está sendo testado. Esse campo oferece ao operador a função de clique,

Figura 20 – Template do Control Module - Entrada Manual



Fonte: Autoria Própria

que abre o faceplate, possibilitando a visualização e manipulação do instrumento através do SDCCD, além de outras possibilidades internas do próprio DeltaV. A Figura 16 exibe um exemplo, o que pode conter nesse layout de *Faceplate*. Pode ser um alarme, ou uma ativação/desativação de um motor.

- Descrição

Exibe a descrição do equipamento. Pode ser a mesma do módulo original (exibida também no *Faceplate*), ou a que melhor se aplique ao teste em questão.

- PV

Exibe se a condição de teste programada, foi atendida. Se foi atendida, será visualizado "OK" na cor preta, como mostra a Figura 17. Se não foi atendida, o texto será "NOK" na cor vermelha, como mostra a Figura 18.

- Bypass

O operador terá a opção de clicar no botão de *Bypass*, caso a condição programada não esteja sendo atendida, mas que por algum motivo externo, ela assume o risco de permitir que a partida continue. Essa opção não estará disponível quando um TAG esteja definido como "crítico". A Figura 19 mostra um exemplo do funcionamento dessa função. Quando ele for ativado, a PV estará exibindo "NOK" na cor vermelha, enquanto o *Status* está verde.

4.2.3 ENTRADAS MANUAIS - TEMPLATE

Para as Entradas Manuais, também foram criados *Templates* do *Control Module* e de elemento de tela.

4.2.3.1 TEMPLATE - CONTROL MODULE

Utilizando uma linha de desenvolvimento semelhantes aos *Templates* anteriores, porém bem mais simplificado, foi criado o de Entradas Manuais, segundo mostra a Figura 20.

Ele é constituído dos seguintes parâmetros:

- DESCRICAO

É a instrução que será exibida na tela de operação e o operador deverá seguir.

- PV

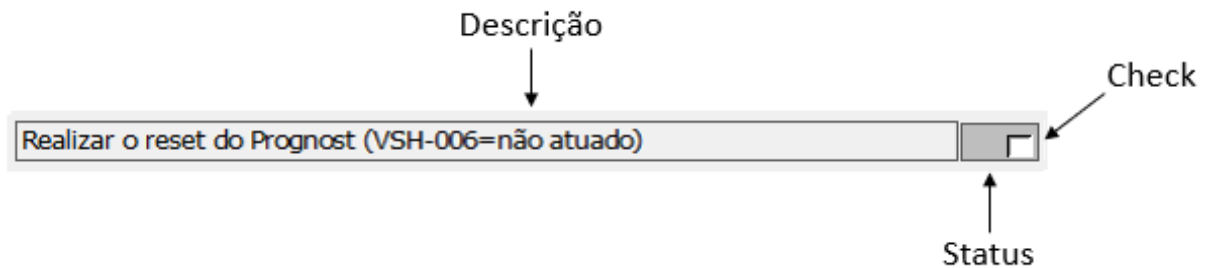
É um parâmetro *boolean*. Ele assume valor *true* quando o operador assinala o *check* na tela de operação.

- STATUS

É o parâmetro de saída, que assume o mesmo valor da PV.

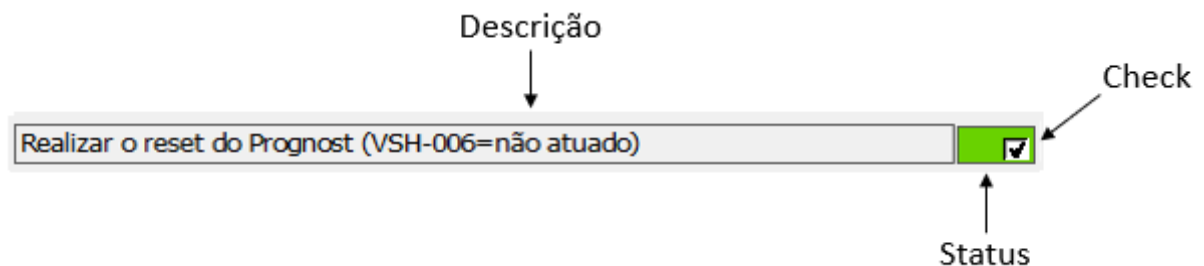
4.2.3.2 TEMPLATE - TELA GRÁFICA

Figura 21 – *Template* da Tela de Operação - Entrada Manual sem *check*



Fonte: Autoria Própria

Figura 22 – *Template* da Tela de Operação - Entrada Manual com *check*



Fonte: Autoria Própria

Esse *Template* foi criado para seguir um padrão semelhante ao de Tela Gráfica dos anteriores.

O significado de cada parâmetro, é o seguinte:

- Descrição

Exibe a instrução para o operador. A partir disso, ele deve tomar uma ação.

4.3 PASSOS DO PROCEDIMENTO DE PARTIDA

Figura 23 – Área PARTIDA_PEBD com os *Control Modules* de cada etapa que a compõe

Name	Type	Description	Work In ...	Node Assignment	Scan Rate	Primary Control	Detail	Faceplate
PARTIDA_COMP_PRI	Control Module	Etapa: Compressão Primária	No	DVINST	1 sec			MOD_FP
PARTIDA_COMP_SEC	Control Module	Etapa: Compressão Secundária	No	DVINST	1 sec			MOD_FP
PARTIDA_EXTRUSAO	Control Module	Etapa: Extrusão	No	DVINST	1 sec			MOD_FP
PARTIDA_REACAO	Control Module	Etapa: Reação	No	DVINST	1 sec			MOD_FP
PARTIDA_SEPARA	Control Module	Etapa: Separação	No	DVINST	1 sec			MOD_FP
PARTIDA_SILAGEM	Control Module	Etapa: Silagem	No	DVINST	1 sec			MOD_FP

Fonte: Autoria Própria

Com os *Templates* já criados e definidos, foi possível criar *Control Module* e Telas de maneira padronizada, ou seja, cada etapa do Processo de Partida do PEBD, tem seu próprio *Control Module* e Tela de Operação, mas que interagem entre si. Os dois irão conter os parâmetros já sintetizados após as reuniões com os operadores, como pode ser visto, por exemplo, na Tabela 5.

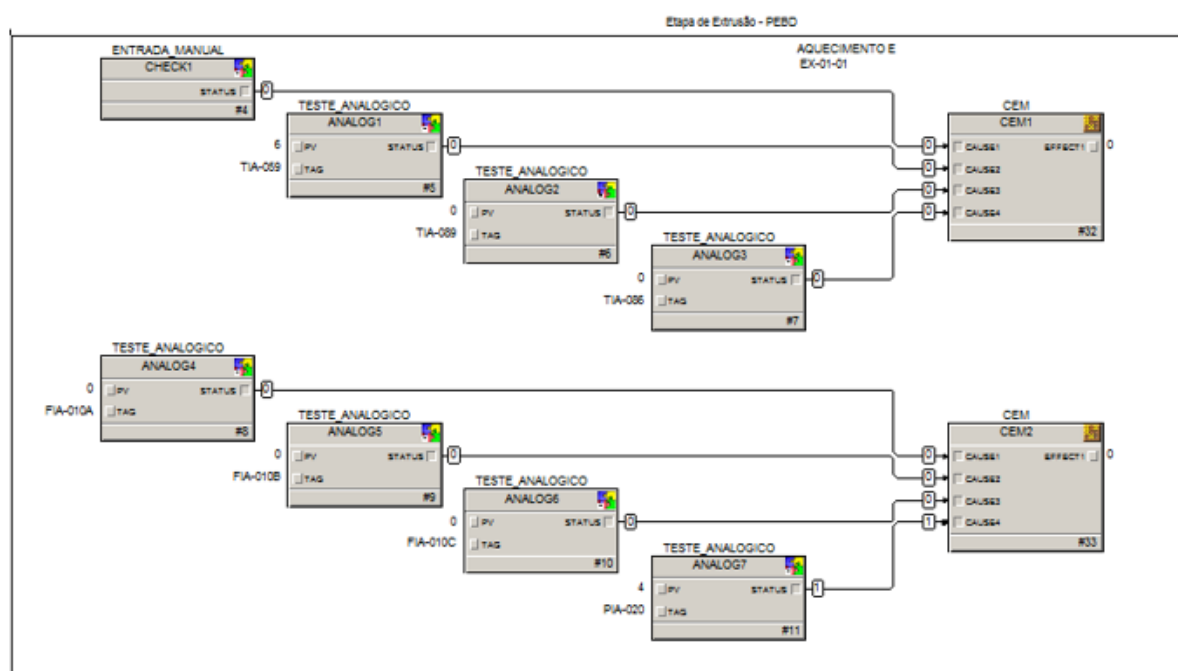
Por tratar-se de um padrão construído através dos *Templates* já mostrados e explicados, não há a necessidade de explicar o *Control Module* de cada etapa do Processo. A etapa da Extrusão foi escolhida para ser demonstrada, pois possui todos os tipos de variáveis que podem ser testadas.

4.3.1 CRIAÇÃO DO CONTROL MODULE

Foi criada uma Área no DeltaV Explorer, denominada "PARTIDA_PEBD", para possibilitar a criação dos módulos de controle, referentes a cada etapa do Processo do PEBD, como pode ser visualizado na Figura 23.

Cada módulo de controle é constituído de alguns blocos padrões:

Figura 24 – Control Module online da Etapa de Extrusão



Fonte: Autoria Própria

- Bloco Analógico

É utilizado a partir do *Template* de Variável Analógica, já existente, como visto na Figura 9. Caso, na etapa em questão não haja a necessidade de teste em variáveis analógicas, ele não será utilizado.

- Bloco Discreto

É utilizado a partir do *Template* de Variável Discreta, já existente, como visto na Figura 15. Caso, na etapa em questão, não haja a necessidade de teste em variáveis discretas, ele não será utilizado.

- Bloco Manual

É utilizado a partir do *Template* de Entrada Manual, já existente, como visto na Figura 20. Caso, na etapa em questão, não haja a necessidade de teste com entrada manual, ele não será utilizado.

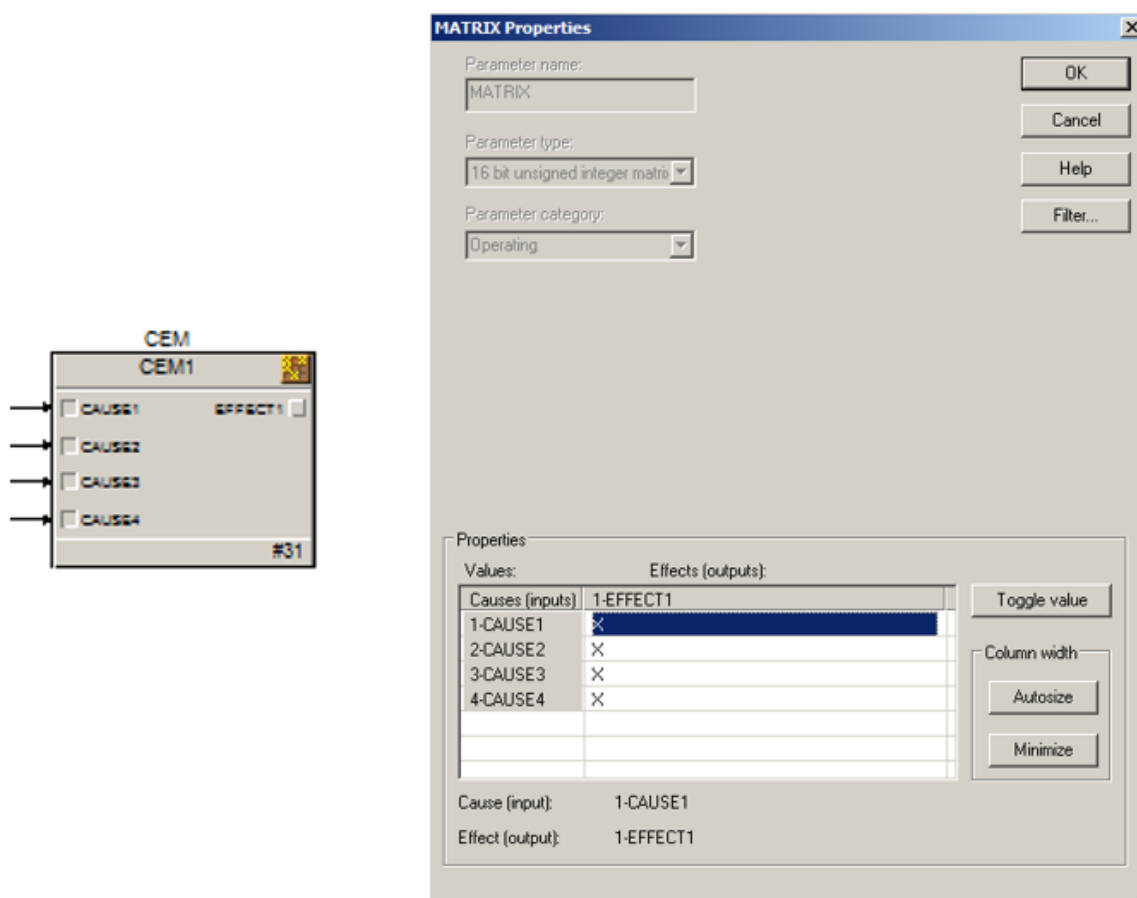
- Bloco CEM

É um bloco nativo do *Control Studio*, utilizado como matriz de causa-efeito. A Figura 25 mostra como é a configuração dele. Ele pode ter até 16 entradas, e nesse caso, foi padronizado com apenas 1 saída. Entradas e saídas são *booleanas*, ou seja, só podem assumir valor 0 ou 1. A saída terá valor lógico 1, se todas as entradas estiverem também em nível alto, conforme foi configurado. Dentro de um mesmo Módulo, podem existir vários blocos CEM, de acordo com a necessidade da configuração.

- LIMITES

É um parâmetro que foi definido como *array*. Nele está contido os limites das variáveis analógicas.

Figura 25 – Bloco CEM - Matriz de Causa-Efeito



Fonte: DeltaV

O *array* contém n linhas e 2 colunas, que são respectivamente, o Limite Mínimo e o Limite Máximo. Essa estratégia foi utilizada para facilitar a mudança dos limites no futuro, se houver a definição que algum deles serão diferentes dos que foram programados inicialmente. Além, de facilitar a inclusão de novos.

- Bloco ACT

São dois blocos ACT, ou *Action*. Nele é possível escrever comandos, em forma de código, que serão executados quando o bloco receber um pulso na entrada *IN_D*. Para melhorar a organização, os comandos foram divididos em dois blocos, conforme Figura 27.

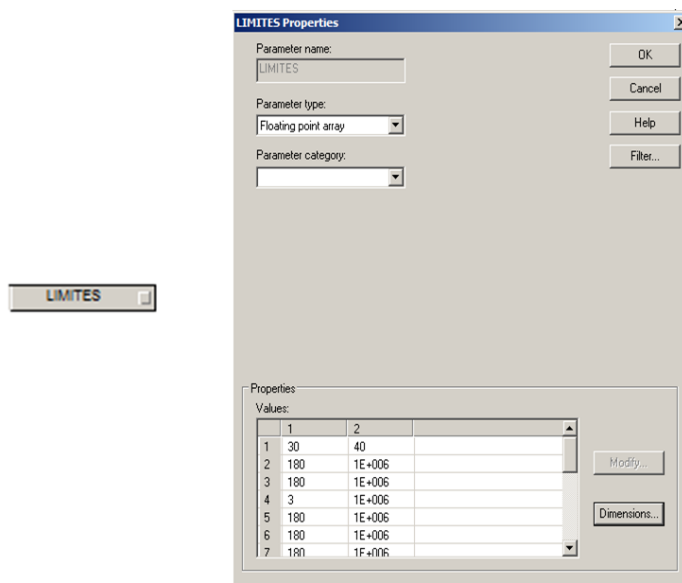
- ACT 1

Bloco com código de parâmetros dinâmicos, ou seja, os testes que são realizados em tempo real, de acordo com o que está acontecendo no processo. A PV, para variáveis analógicas e o COND_ACT para variáveis discretas. Na Figura 28 é possível ver a configuração através do código. O valor da PV é um parâmetro em tempo real, fornecida pela PV do módulo original, e os limites são definidos pelas respectivas posições do *array* do parâmetro Limites.

- ACT 2

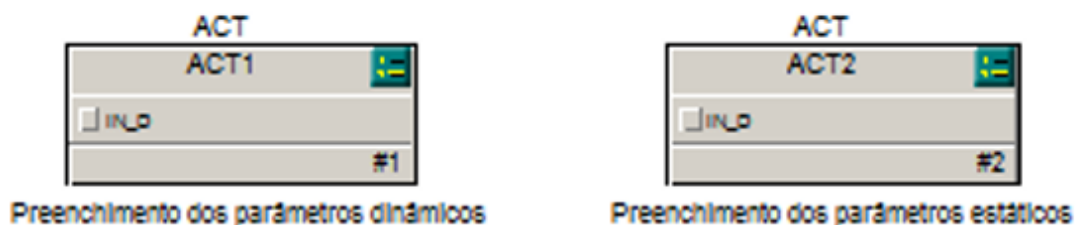
Bloco com código de parâmetros estáticos, ou seja, são definições que precisam ser feitas

Figura 26 – Parâmetro - Array Limites



Fonte: DeltaV

Figura 27 – Blocos ACT - Códigos de Comando



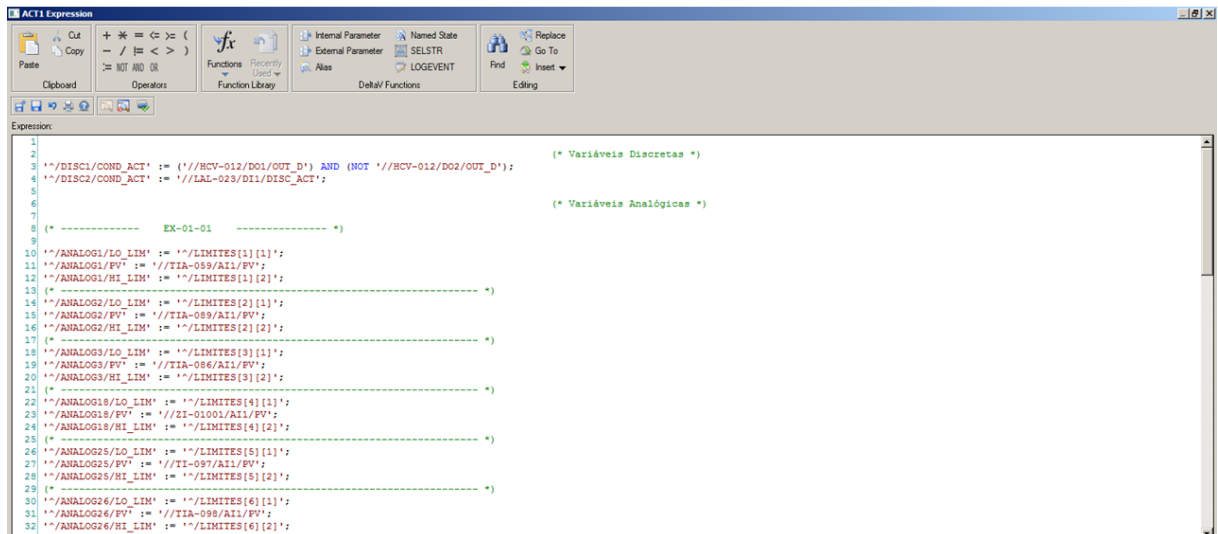
Fonte: DeltaV

apenas um vez antes de iniciar o Procedimento de Partida, pois, os valores do TAG, tipo de limites e criticidade, não irão alterar durante todo o procedimento. A Figura 29 mostra um exemplo de código para esse caso.

4.3.2 PROCEDIMENTO DE PARTIDA - TELA DE OPERAÇÃO

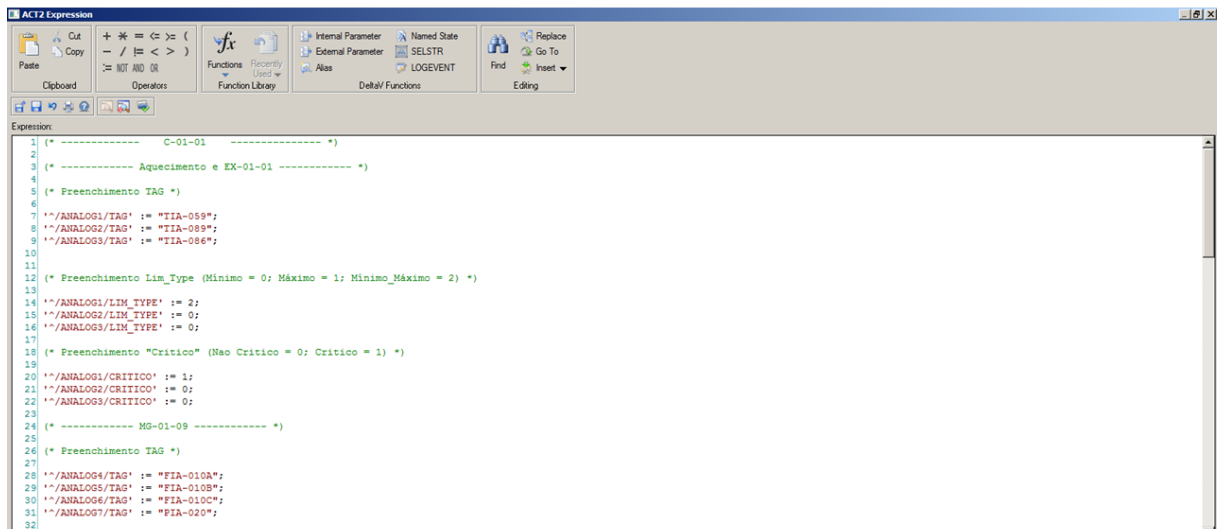
O Procedimento de Partida do PEBD, no DeltaV Operate, foi construído para ser totalmente interativo, ou seja, os operadores vão ter a possibilidade de navegar entre todas as etapas do processo, utilizando o mesmo menu. A Figura 30 mostra como é o menu principal da ferramenta.

Figura 28 – Bloco ACT1 - Comandos dos Parâmetros Dinâmicos



Fonte: DeltaV

Figura 29 – Bloco ACT2 - Comandos dos Parâmetros Estáticos



Fonte: DeltaV

O menu superior é dinâmico e oferece a capacidade única de o operador clicar em uma etapa desejada, para visualizar as variáveis associadas que estão sendo testadas nela.

O Temporizador Geral, e os botões de Iniciar Partida e Parar Partida, são elementos

comuns de todas as telas, também contidas no menu superior.

- Iniciar Partida

O Procedimento de Partida só terá o seu início de forma oficial, quando o operador apertar no botão de Iniciar Partida, ele que dará o comando para que os ACT dos módulos tenham valor lógico 1 nas suas respectivas entradas. Quando a partida começar, ele ficará indisponível para ser utilizado, até que a parada seja interrompida ou concluída. Essa configuração pode ser visualizada na Figura 30.

- Temporizador Geral

O Temporizador começará a contar a partir do momento que o operador apertar o botão de iniciar a partida. Ela continuará contando até que uma das duas condições aconteçam: A partida seja parada pelo operador, ou concluída.

- Parar Partida

A ação desse botão é parar todos os testes relacionados ao Procedimento de Partida do PEBD. Pois, de acordo com os operadores, é comum que a partida seja interrompida caso alguma variável crítica, como por exemplo, a pressão do Reator, não se comporte da forma esperada. Nesses casos, eles reiniciam todo o processo, realizando algumas manobras que são relacionadas a parada da planta. O botão só estará disponível, após o início da partida. Essa configuração pode ser visualizada na Figura 31 e também nas demais que abordam o procedimento em andamento.

Figura 30 – Layout do Menu Superior do Procedimento de Partida do PEBD antes de iniciar



Fonte: Autoria Própria

Figura 31 – Layout do Menu Superior durante o Procedimento de Partida do PEBD



Fonte: Autoria Própria

4.3.2.1 VERIFICAÇÃO DA TELA DE EXTRUSÃO

Os testes são padronizados, como já foi explicado, e por esse motivo, nesse trabalho, não há a necessidade de testar todas as variáveis do Procedimento de Partida.

A Figura 32 mostra a Tela de Operação da Extrusão, retratando que estão sendo realizados os testes das variáveis, de acordo com a definição da Tabela 5.

Primeiramente foi realizado o teste no TAG TIA-059, com os limites definidos entre 30°C e 40°C. Na Figura 32 é possível visualizar que essa condição não estava sendo atendida, consequentemente, o *Status* apresentava a cor vermelha. Porém, quando visualizamos a Figura 33, a realidade é outra, pois o valor da PV do instrumento começou a variar, até entrar no range previamente designado. O *faceplate* é a constatação que o valor exibido na PV do teste da Variável Analógica, é o mesmo do medido no instrumento.

Outra observação no teste do TIA-059, é a presença de um asterisco (*) ao lado do TAG, indicando que estamos diante de uma variável crítica. Nesse caso, o *bypass* não está disponível para o operador, obrigando que esse teste esteja dentro do definido.

É possível visualizar na Figura 34 o teste do LAL-023. Foi definido que ele não deve estar alarmado, para que atenda a condição. Nesse caso, não é o que acontece, pois o alarme está ativa, e consequentemente, o teste está fora de conformidade. Porém, por não ser uma variável crítica, o operador acionou o *bypass*, e consequentemente, o *Status* ficou verde.

Na Figura 35 é possível visualizar o teste da Entrada Manual sendo realizado. Anteriormente, na Figura 32 esses campos não estavam marcados, exibindo a cor cinza no *Status*, ou seja, estavam aguardando serem checados. Agora, com esse teste realizado, todos eles apresentam a cor verde no *Status*, garantindo que o operador executou aquela instrução.

Figura 32 – Tela de Extrusão - Verificações em andamento

PROCEDIMENTO DE PARTIDA - PEBD

Temporizador Geral: 14:57:02 Permissivos de Partida

Compressão Primária Compressão Secundária Reação

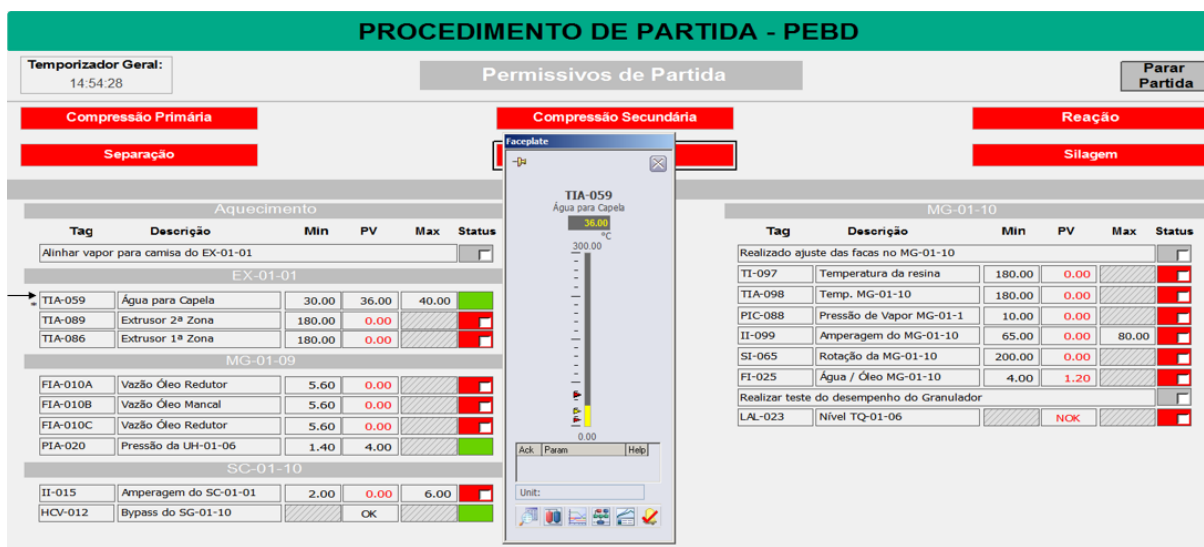
Separação Extrusão Silagem

Extrusão

Aquecimento						MG-01-10					
Tag	Descrição	Min	PV	Max	Status	Tag	Descrição	Min	PV	Max	Status
Alinhar vapor para camisa do EX-01-01 <input type="checkbox"/>						Realizado ajuste das facas no MG-01-10 <input type="checkbox"/>					
EX-01-01											
* TIA-059	Água para Capela	30.00	6.00	40.00	Red	TI-097	Temperatura da resina	180.00	0.00		Red
TIA-089	Extrusor 2ª Zona	180.00	0.00		Red	TIA-098	Temp. MG-01-10	180.00	0.00		Red
TIA-086	Extrusor 1ª Zona	180.00	0.00		Red	PIC-088	Pressão de Vapor MG-01-1	10.00	0.00		Red
MG-01-09											
FIA-010A	Vazão Óleo Redutor	5.60	0.00		Red	II-099	Amperagem do MG-01-10	65.00	0.00	80.00	Red
FIA-010B	Vazão Óleo Mancal	5.60	0.00		Red	SI-065	Rotação da MG-01-10	200.00	0.00		Red
FIA-010C	Vazão Óleo Redutor	5.60	0.00		Red	FI-025	Água / Óleo MG-01-10	4.00	1.20		Red
PIA-020	Pressão da UH-01-06	1.40	4.00		Verde	Realizar teste do desempenho do Granulador <input type="checkbox"/>					
SC-01-10											
II-015	Amperagem do SC-01-01	2.00	0.00	6.00	Red	LAL-023	Nível TQ-01-06		NCK		Verde
HCV-012	Bypass do SG-01-10		OK		Verde						

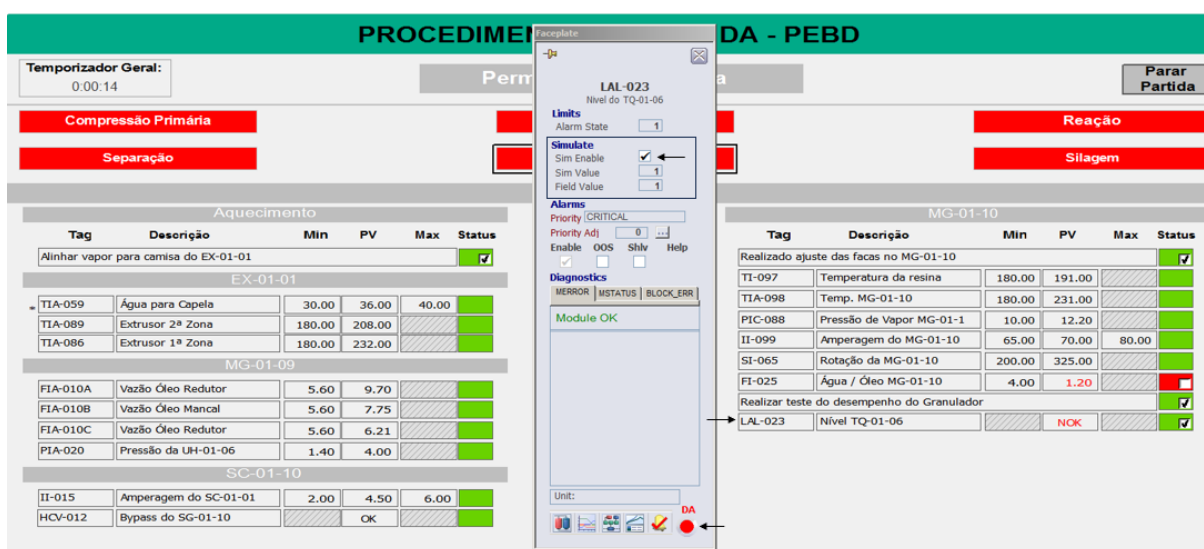
Fonte: Autoria Própria

Figura 33 – Tela de Extrusão - Teste do TIA-059



Fonte: Autoria Própria

Figura 34 – Tela de Extrusão - Teste do LAL-023



Fonte: Autoria Própria

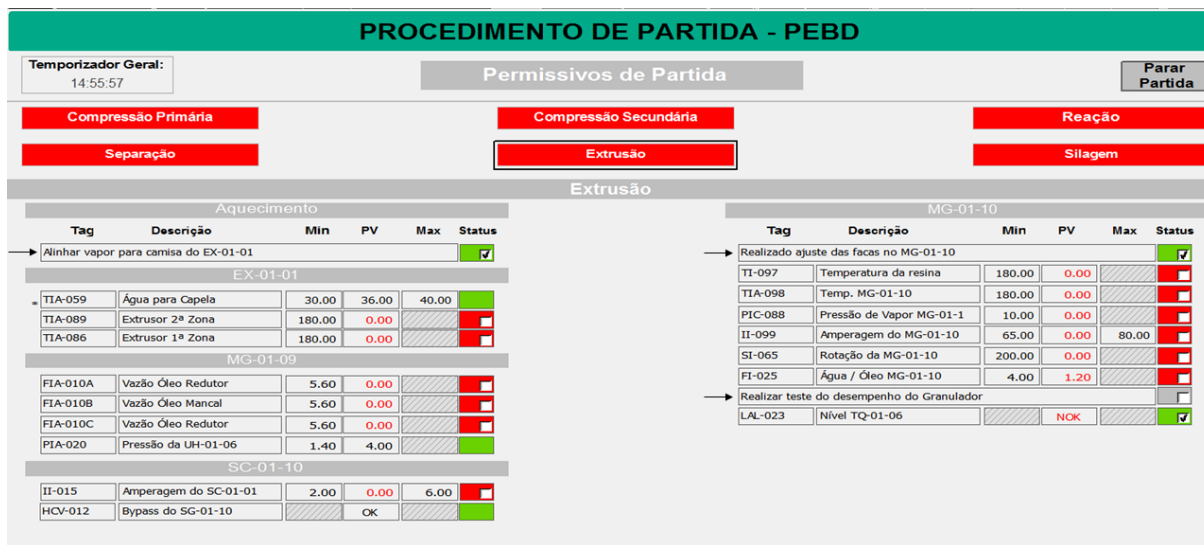
4.3.2.2 TELA DE OPERAÇÃO - TODAS AS ETAPAS

De acordo com o que foi discutido com os operadores, foram construídas telas para todas as etapas do Procedimento de Partida do PEBD.

À medida que cada etapa atinge os critérios predefinidos, o campo correspondente no menu superior transita de uma cor vermelha para verde. A conclusão bem-sucedida de todas as etapas, indicada pelo menu totalmente verde, confirma que o Procedimento de Partida foi executado com sucesso.

É importante salientar, que embora as etapas sejam sequenciais durante o processo de

Figura 35 – Tela de Extrusão - Entradas Manuais



Fonte: Autoria Própria

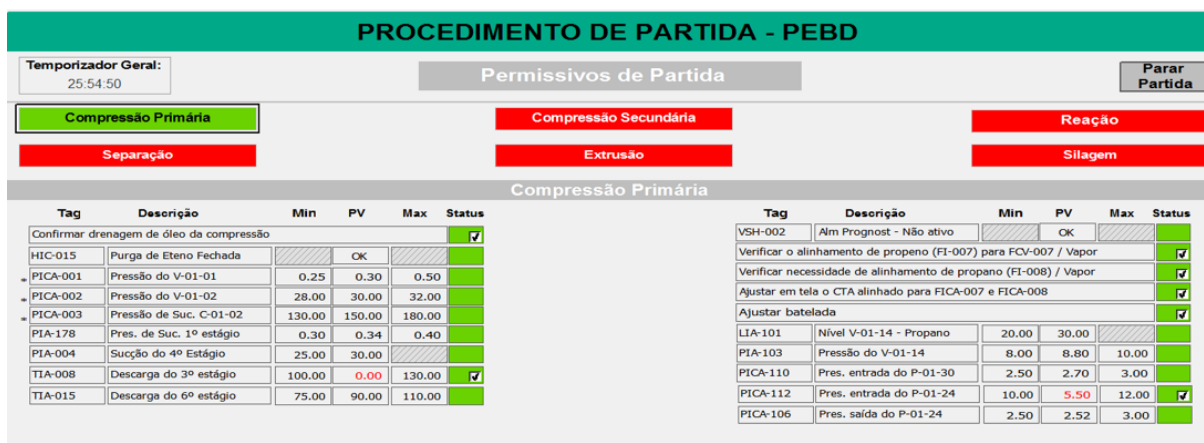
produção do PEBD, no Procedimento de Partida, não há a necessidade de uma verificação sequencial. Todas as variáveis estão sendo verificadas simultaneamente, e é possível que, quando o operador iniciar o procedimento e for verificar as variáveis, parte delas já esteja na condição desejada.

Em alguns casos, o operador terá que realizar alguma manobra para atender às condições exigidas, além de checar as instruções da Entradas Manuais.

- Compressão Primária

Primeira etapa do PEBD, e uma das mais sensíveis, pois se o controle de algum instrumento medidor de pressão não estiver funcionando corretamente, a partida é comprometida. A Figura 36 mostra as variáveis que são testadas nessa etapa. Elas já foram colocadas dentro da faixa desejada de operação.

Figura 36 – Tela da Compressão Primária - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

- Compressão Secundária

Nessa etapa, há um foco maior para os teste de temperatura, e manuseio de válvulas. Todas as variáveis podem ser manipuladas, como mostra a Figura 37.

Figura 37 – Tela da Compressão Secundária - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

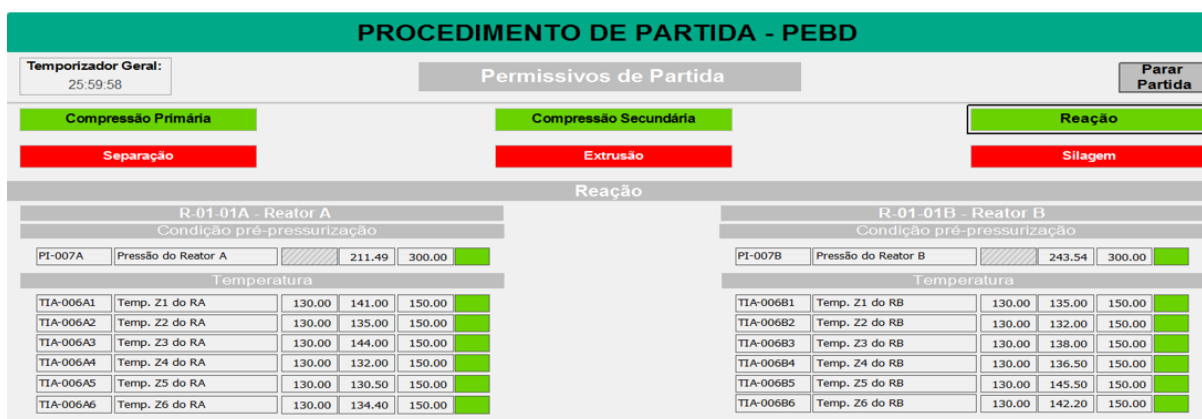
- Reação

Etapa mais sensível do PEBD. De acordo com os operadores, as temperaturas fora do range ideal, é um dos principais motivos de abortar uma partida. A Figura 38 mostra os testes de temperatura e pressão do Reator A e B.

- Separação

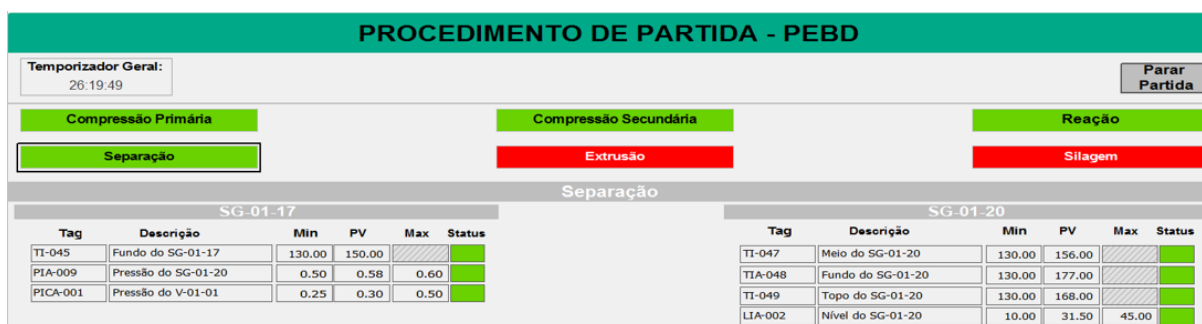
Uma das etapas com menor número de testes, focado em temperatura e pressão. A Figura 39 mostra os testes realizados nessa tela.

Figura 38 – Tela da Reação - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

Figura 39 – Tela da Separação - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

- Extrusão

A Figura 40 mostra um cenário diferente do que foi abordado anteriormente, pois todas as variáveis da Extrusão estão com o *Status* verde.

- Silagem

Última etapa do processo. Os operadores relataram que é comum os silos apresentarem algum problema, por isso a importância da verificação prévia. Porém, não é um fator agravante se algum não tiver em operação naquele momento. As variáveis que serão testadas são exibidas na Figura 41.

Figura 40 – Tela da Extrusão - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

Figura 41 – Tela da Silagem - Variáveis OK



Fonte: Autoria Própria

4.3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem interativa, centralizando variáveis essenciais em um único local, simplifica o processo para os operadores, promovendo uma execução mais ágil e precisa. A dinâmica do menu, indicando visualmente o progresso, oferece um acompanhamento intuitivo do status das etapas. Além disso, a flexibilidade na verificação simultânea de variáveis contribui para uma partida mais eficiente. Essa implementação não apenas aprimora a operação diária, mas também estabelece uma base sólida para melhorias contínuas, reforçando a segurança do processo e a adaptabilidade às demandas do ambiente industrial.

A realização dos testes na forma de simulação no DeltaV não apenas permite a ambientação dos operadores com o novo procedimento, mas também se revela fundamental

para o treinamento de novos membros da equipe. A ausência de intervenção no ambiente real possibilita que operadores em treinamento se familiarizem com os processos sem expor a planta a riscos desnecessários durante a fase de aprendizado.

Durante o Teste de Aceitação de Fábrica (TAF), a participação inicial dos operadores mais experientes desempenha um papel crucial na garantia da eficácia e adequação dos sistemas e procedimentos antes da implementação na planta industrial. A expertise desses operadores é essencial, pois oferecem insights valiosos e conhecimento prático sobre as operações da planta, contribuindo significativamente para a validação dos sistemas.

Para além dos benefícios já mencionados, a participação ativa dos operadores experientes no TAF facilita a aceitação e adoção do novo sistema pela equipe operacional como um todo. Eles assumem um papel de defensores do novo sistema, fornecendo treinamento e orientação aos colegas. Esse engajamento é fundamental para uma transição suave e bem-sucedida durante a implementação do sistema de automação na planta industrial, promovendo eficiência operacional e garantindo a continuidade das operações com segurança.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, Os objetivos gerais de documentar os requisitos essenciais para uma pré-partida eficaz e desenvolver o projeto de automação de procedimentos foram alcançados por meio da integração de entrevistas com operadores experientes, elaboração da arquitetura da plataforma e realização de testes extensivos. Ao longo deste trabalho, foram exploradas as complexidades do processo de partida, identificação de desafios operacionais e a proposta de uma solução inovadora.

A implementação do Procedimento de Partida do PEBD, integrado ao DeltaV Operate, representa um marco crucial na otimização da eficiência operacional e na promoção da segurança do processo. A abordagem interativa, juntamente com a centralização das variáveis essenciais, simplifica significativamente as operações para os operadores quando forem realizar esse procedimento, contribuindo para uma execução mais ágil e precisa.

Este trabalho não apenas cumpre o propósito de documentação da plataforma, mas estabelece uma base sólida para melhorias contínuas e inovações futuras. Ao integrar tecnologia avançada com práticas operacionais eficientes, tornando-se não apenas uma solução atual, mas também uma estrutura flexível para enfrentar desafios emergentes na automação de procedimentos em plantas petroquímicas. Este projeto representa um passo significativo em direção a operações mais seguras, eficientes e adaptáveis nas indústrias petroquímicas.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Considerando a implementação bem-sucedida deste projeto, surge uma perspectiva promissora para futuras investigações relacionadas às métricas de desempenho após a instalação.

Um caminho a ser explorado reside na análise sistemática do impacto operacional e financeiro decorrente da aplicação do Procedimento de Partida do PEBD. Métricas de eficiência, como o tempo de partida reduzido, podem ser avaliadas para quantificar os benefícios operacionais alcançados. Além disso, a análise do histórico de ocorrências e a correlação com a implementação do novo procedimento ofereceriam insights valiosos sobre a eficácia das mudanças introduzidas.

A avaliação do desempenho de segurança também representa um componente essencial. A análise de eventos críticos, a redução de riscos e a correlação com o novo procedimento podem fornecer indicadores robustos sobre os ganhos em segurança de processos.

Referências

- FINKEL, V. S. et al. **Instrumentação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.
- GUTIERREZ, R. M. V.; PAN, S. S. K. Complexo eletrônico: automação do controle industrial. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 28**, p. 189–231, 9 2008. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9536>>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- LAMB, F. **Automação Industrial na Prática**. 1. ed. São Paulo: AMGH, 2015. Citado na página 4.
- LYDON, B. Isa-106, procedures for automating continuous process operations. **Intech - Official Publication Of The International Society Of Automation, n. 28**, p. 47, 10 2020. Disponível em: <<https://intechdigital.isa.org/september-october-2020>>. Citado na página 5.
- PAREDE, I. M. **Eletrônica: automação industrial**. 6. ed. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- PLADIS, P. A comprehensive investigation on high-pressure ldpe manufacturing: Dynamic modelling of compressor, reactor and separation units. **Computer Aided Chemical Engineering**, p. 595–600, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- TORRES, E. M. M. A evolução da indústria petroquímica brasileira. **Química Nova**, p. 49–54, 09 1997. Citado na página 1.