



Tereos

PRODUÇÃO DE VAPOR >>>

Outubro | 2022

Fernando M. de Mello
Gerente Corporativo de Processos



AGENDA



Tereos

1

TEREOS

2

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

3

APLICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA

An aerial photograph of a sugarcane field. The top half of the image shows lush green sugarcane stalks. The bottom half shows a harvested area with rows of cut cane lying on the ground. A semi-transparent blue horizontal bar spans across the middle of the image, containing the text '1 A TEREOS'.

1

A TEREOS

A TEREOS PELO MUNDO

PRESENTE EM

13
PAÍSES

44

UNIDADES
INDUSTRIAIS

AMÉRICA LATINA

- 8 unidades industriais
- 1 centro de P&D
- **Países:** Brasil

EUROPA

- 31 unidades industriais
- 2 centros de P&D
- **Países:** Alemanha, França, Bélgica, Espanha, Itália, República Tcheca, Reino Unido

ÁSIA

- 1 unidade industrial
- 1 centro de P&D
- **Países:** Índia, Indonésia, Singapura

ÁFRICA & OCEANO ÍNDICO

- 4 unidades industriais
- 1 centro de P&D
- **Países:** Quênia, Ilha da Reunião (FR) e Tanzânia

PRESENÇA MUNDIAL E ATUAÇÃO LOCAL



Tereos Açúcar & Energia Brasil

- Tanabi
- Severínia
- São José
- Mandu
- Andrade
- São José do Rio Preto (Escritório)
- Cruz Alta
- Usina Vertente
- São Paulo (Escritório)
- CDE Rio de Janeiro



LIDERANÇA EM DIFERENTES MERCADOS



4º maior **produtor de açúcar** mundial

3º maior **produtor de açúcar** no Brasil

2º maior **produtor** mundial de **proteína de trigo**

3º maior **produtor** europeu de **amido**



19,8 mil colaboradores

12 mil cooperados

13 países

44 instalações industriais

6 centros de P&D



6 mercados

- Alimentos
- Energia
- Ração animal
- Química verde
- Farmacêuticos e Cosméticos
- Papel e papelão



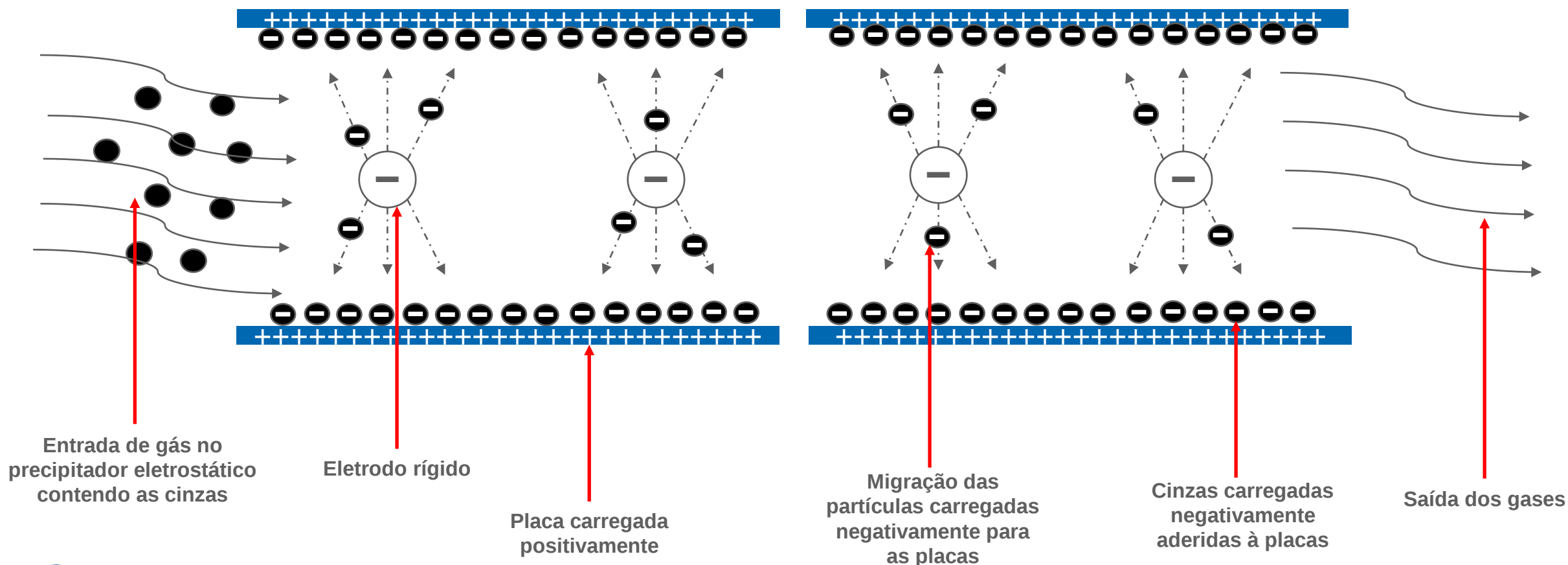
2

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

FUNCIONAMENTO

Um precipitador eletrostático consiste num gerador de carga elétrica negativa (-). O aparelho emite a carga em partículas poluentes e estas ficam carregadas negativamente. As paredes do precipitador têm carga positiva e atraem as partículas, estas ficam retidas. Este encontro deve-se à atração entre cargas opostas.

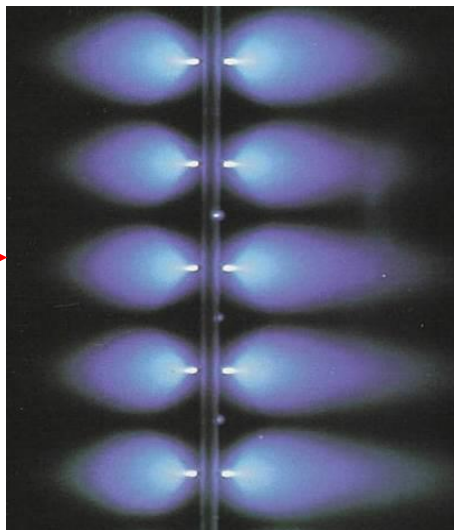


PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

FUNCIONAMENTO



Eletrodo rígido responsável por
gerar o campo elétrico
negativando as partículas



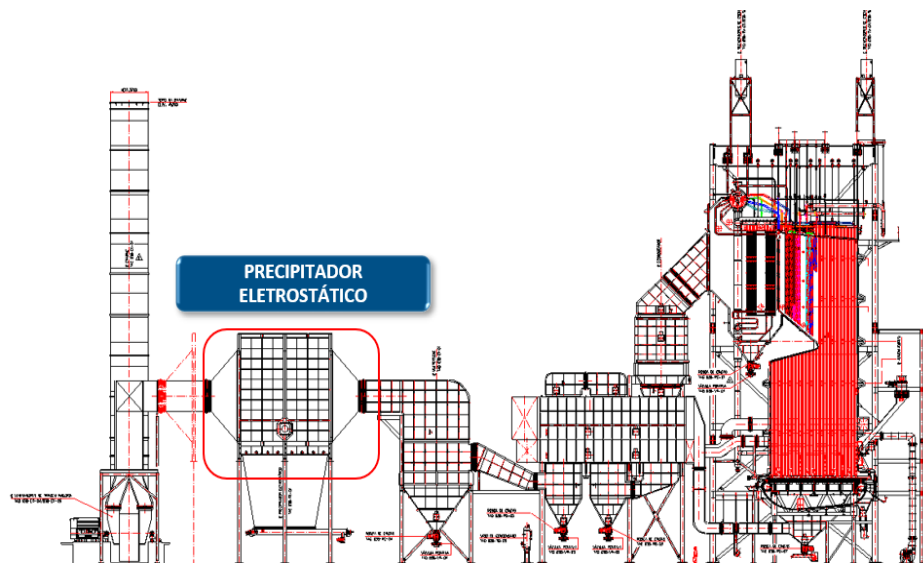
Campo elétrico gerado entre as
placas



Pistão de golpeamento para o
desprendimento das partículas
da placas

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

VANTAGENS



- Maior eficiência na remoção do material particulado;
- Não existe condensação do gás no circuito evitando gastos com manutenção;
- Não utiliza água no circuito;

O Lavador de gás consome $1,5\text{m}^3\text{H}_2\text{O}/\text{tvapor}$

Caldeira 67kg - 270t/h

Vazão do sistema = vazão de vapor x 1,5

Vazão do sistema = $270 \times 1,5$

Vazão do sistema = $405\text{m}^3/\text{h}$

Vazão de reposição = vazão do sistema x taxa de reposição

Vazão de reposição = $405 \times 10\%$

Vazão de reposição = $40,5\text{ m}^3/\text{h}$

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

VANTAGENS

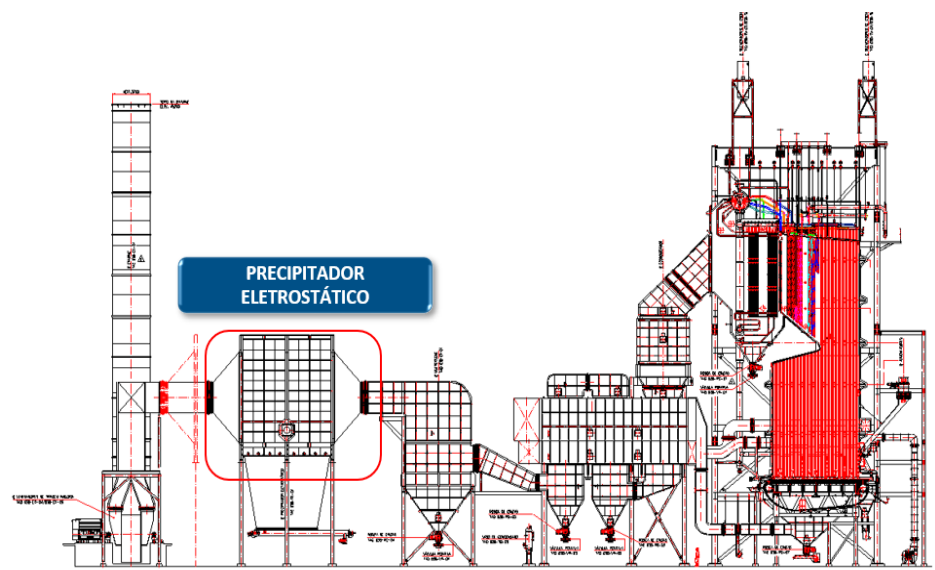


Tabela 3 - Comparativo da Emissão de Material Particulado (MP)

Parâmetro	Unidades	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	LE
Material Particulado (MP)	mg/Nm ³	113	104	121	200
Óxidos de Enxofre (SO _x)	mg/Nm ³	76,9	70	78,2	NA

Tabela 4 - Comparativo da Emissão de Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

Parâmetros	Unidades	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	LE
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	mg/Nm ³	131	163	127	350

NA = Não Aplicável (parâmetro não exigido pela legislação citada abaixo para o tipo de fonte em questão).

LE = Limite de Emissão conforme Resolução Conama N° 382 de 26 de Dezembro de 2006 - Anexo III - Limites de Emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar (Potência Térmica Nominal Maior que 75 MW). Os resultados devem estar corrigidos a 8% de oxigênio. Capacidade Térmica da Caldeira 239,7 MW (dado fornecido pelo cliente).

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

CUSTO DE MANUTENÇÃO

EQUIPAMENTO	Ano Projeto	Vida útil estimada (anos)	Última Troca	Idade Equipamento (anos)	Próxima troca prevista (Operação Safra)	Valor do Investimento (R\$)
Precipitador - Costado	2019	20	2019	4	2039	R\$ 1.000.000,00
Precipitador Internos - Eletrodos	2019	20	2019	4	2039	R\$ 400.000,00
Precipitador Internos - Placas	2019	20	2019	4	2039	R\$ 700.000,00
Precipitador Internos - Isoladores Porcelana	2019	20	2019	4	2039	R\$ 1.000.000,00



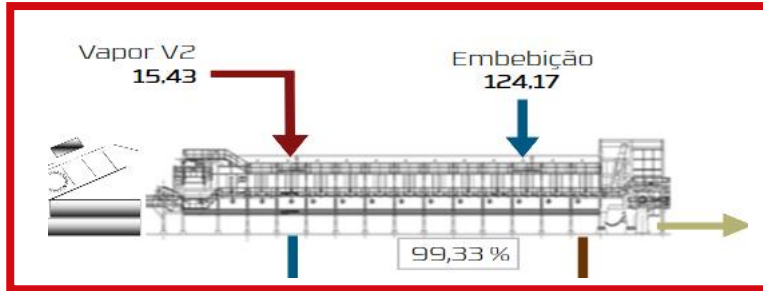
3

APLICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

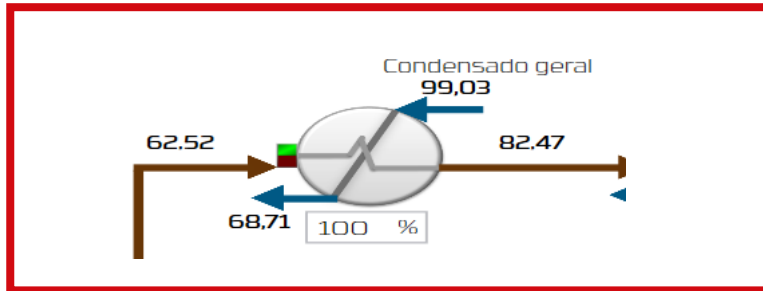
APLICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

OPERAÇÕES EXISTENTES

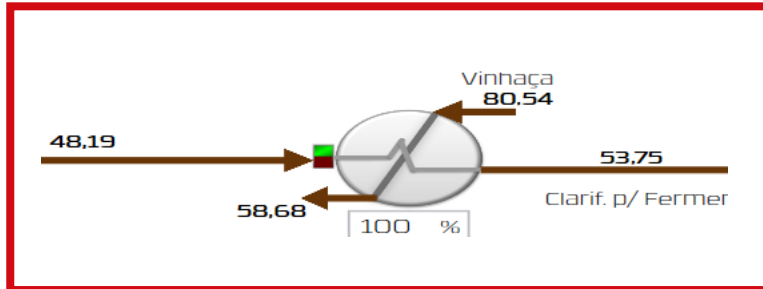
Aquecimento difusores no V2



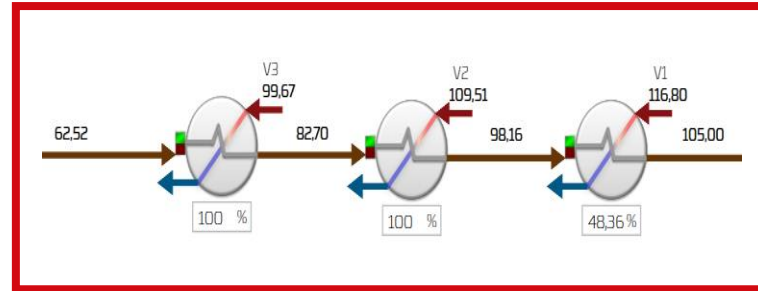
Condensado geral/caldo



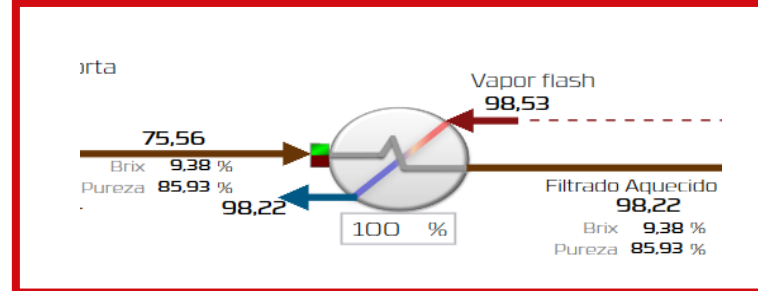
Caldo vinhaça



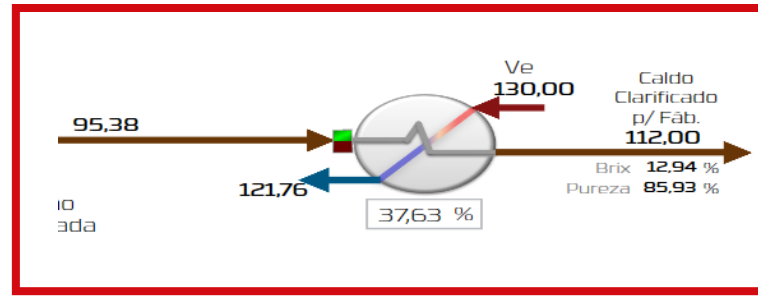
Aquecimento de caldo V3, V2 e V1



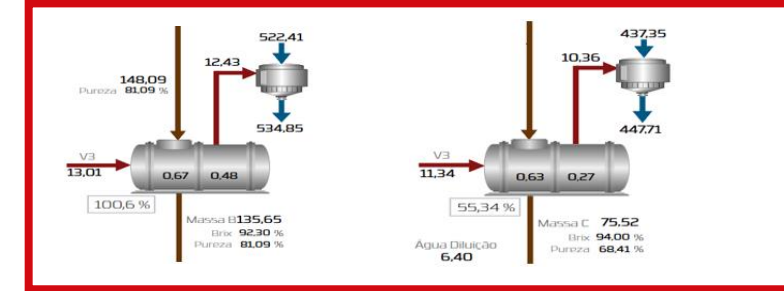
Trocador com vapor flash no filtrado



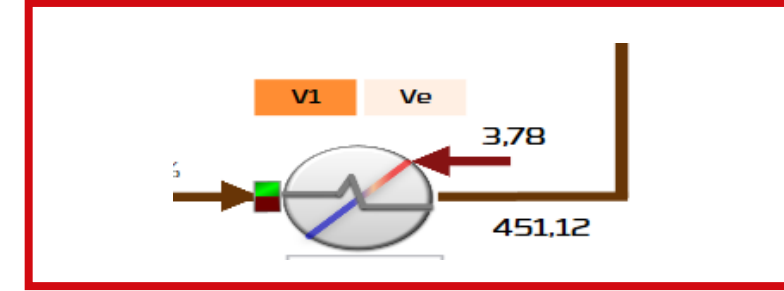
Aquecimento do clarificado



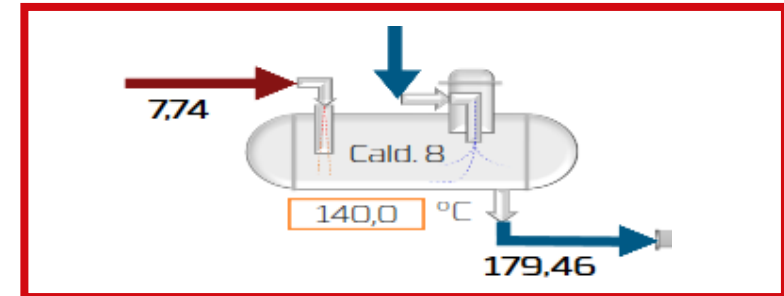
Massa B e Massa C com V3



Dissolução da refinaria no V1

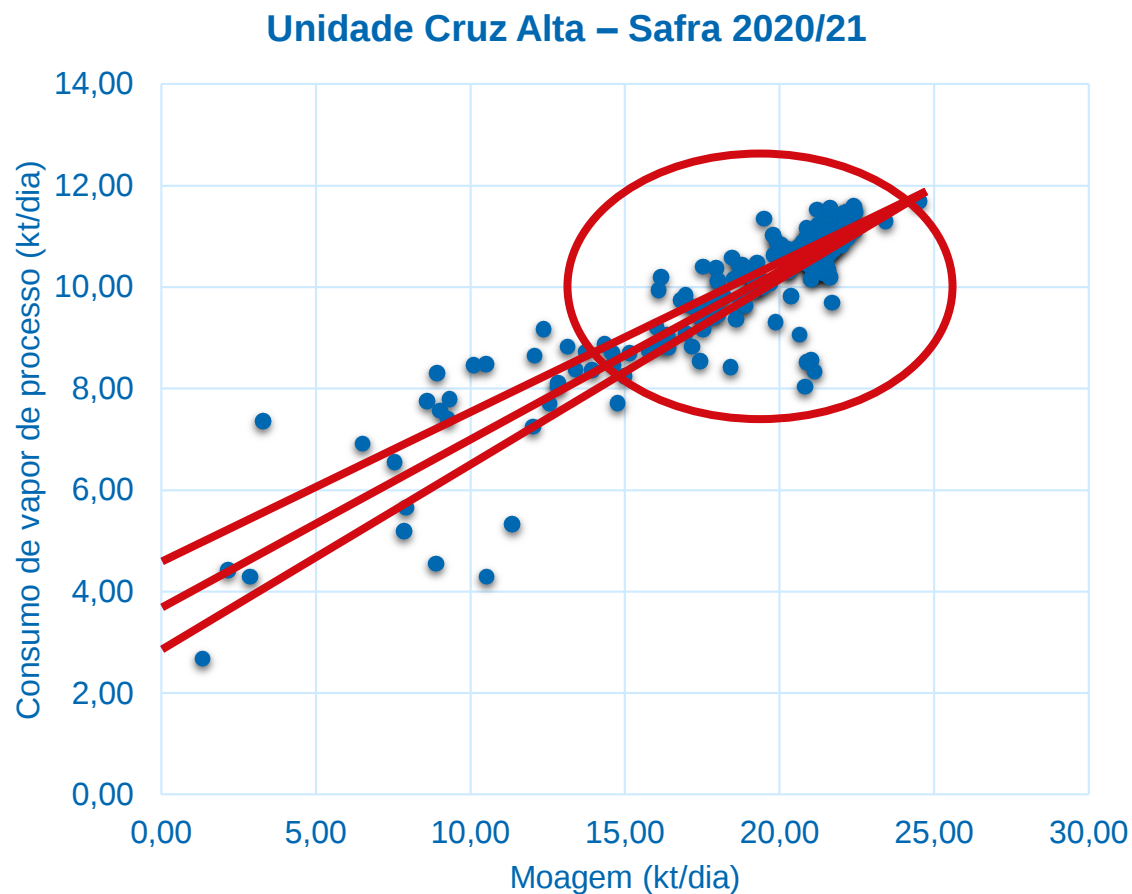


Ciclo regenerativo



O PERFIL ENERGÉTICO DEPENDE DE ALGUNS FATORES

CONFIGURAÇÃO DA PLANTA E RITMO DE MOAGEM



- Assim como o consumo elétrico, o consumo térmico apresenta comportamento de ter 2 parcelas:
- Consumo fixo (F), que não varia com a moagem – ex. vapor de liquidação de material em processo, refinaria de açúcar, geração de energia em turbinas de condensação, dissipação térmica, etc.
- Consumo variável (V) – varia conforme o ritmo de moagem
- O consumo de vapor total (CT) é obtido pela soma das 2 parcelas

$$CT = F + V \cdot moagem \longrightarrow \text{equação de uma reta}$$

- Incerteza para determinar com maior precisão a parcela fixa e variável, devido à grande concentração dos dados nas faixas de maior ritmo de moagem

MUDANDO A ANÁLISE PARA CONSUMO ESPECÍFICO DE VAPOR

MELHORA A DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS E PERMITE OBTER A CURVA DE DEMANDA TÉRMICA

- Dividindo todos os termos da equação do consumo total pela moagem:

$$CT = F + V \cdot moagem$$

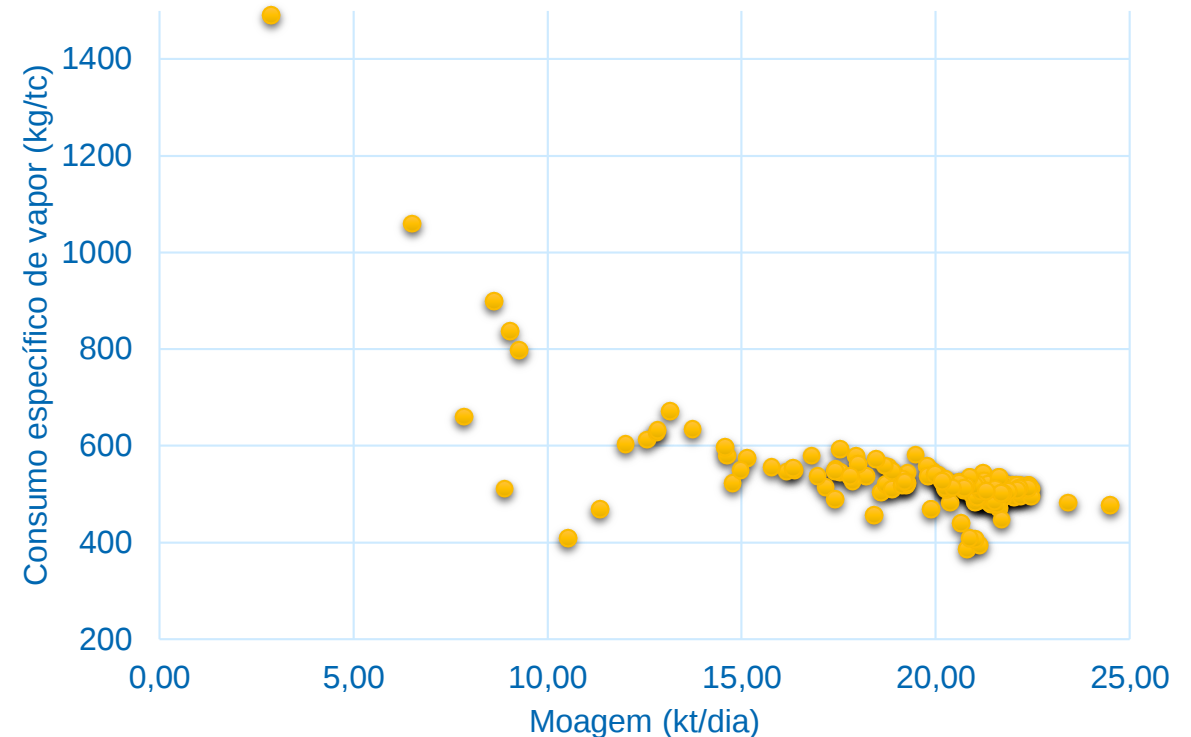
$$\underbrace{\frac{CT}{moagem}} = \frac{F}{moagem} + \frac{V \cdot moagem}{moagem}$$

Consumo Específico de Vapor (CEV), em kg/t cana

$$CEV = \frac{F}{moagem} + V$$

Curva de consumo
(load curve)

Unidade Cruz Alta – Safra 2020/21



● Consumo específico de vapor de processo (kg/t cana)

CURVA DE DEMANDA TÉRMICA E OS TIPOS DE CONSUMO

COMO IDENTIFICAR OS PRINCIPAIS TIPOS DE CONSUMO ENERGÉTICO NA PLANTA COM BASE NOS DADOS HISTÓRICOS E BALANÇO DE MASSA/ENERGIA

- Para obter a curva de consumo, encontramos os valores de consumo fixo (F) e variável (V) que melhor se ajustam aos dados históricos.
- A curva separa os 10% menores consumos.
- Esta curva é importante para entender 3 tipos de consumo energético:

1. Configuração ou design da planta

Definido pelo balanço de massa e energia da planta, normalmente requer investimento (capex) em integração energética para reduzir.

2. Ritmo de moagem

Quando a usina opera em regime de moagem reduzida, a parcela do consumo fixo passa a ser mais representativa.

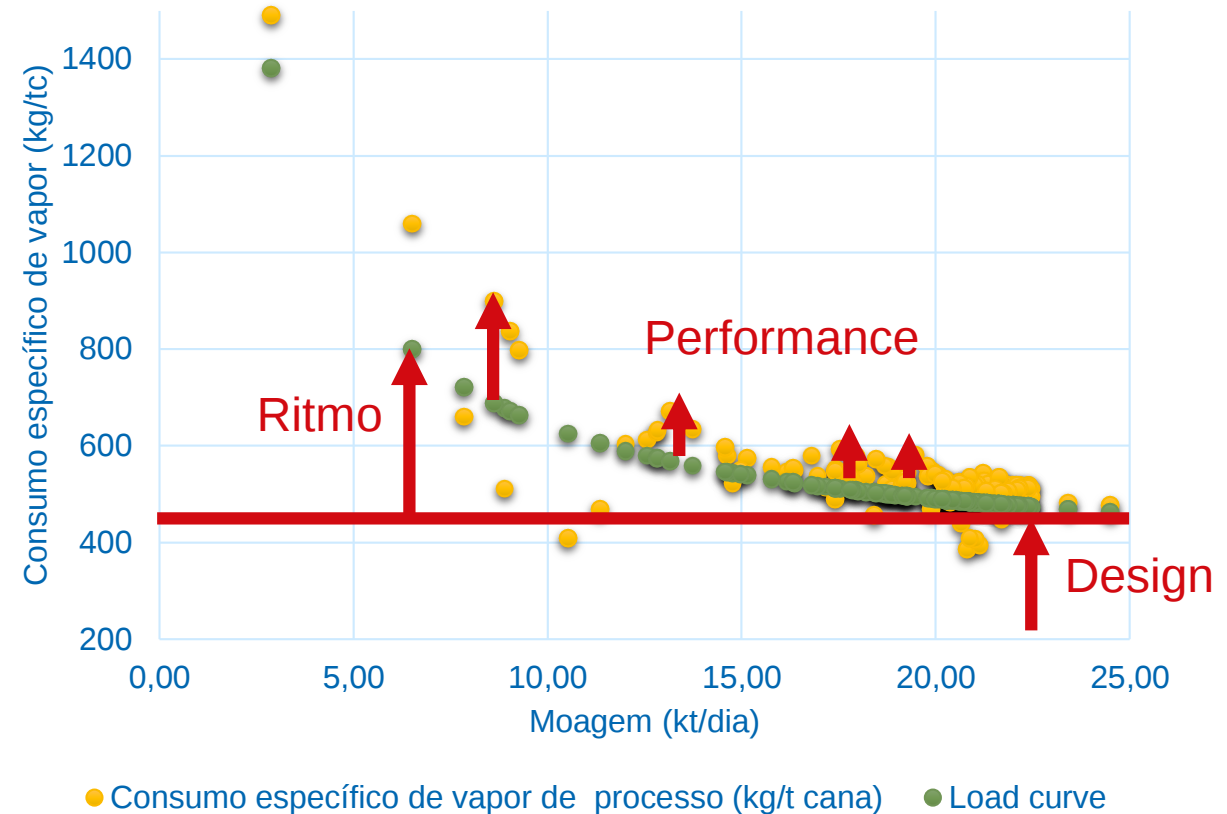
3. Performance

Devido à variabilidade do processo. Parte dessa variabilidade é inerente ao negócio (ex. decisão estratégica de produzir mais ou menos etanol anidro, açúcar refinado, etc.), mas outra parcela é possível reduzir com otimizações operacionais.



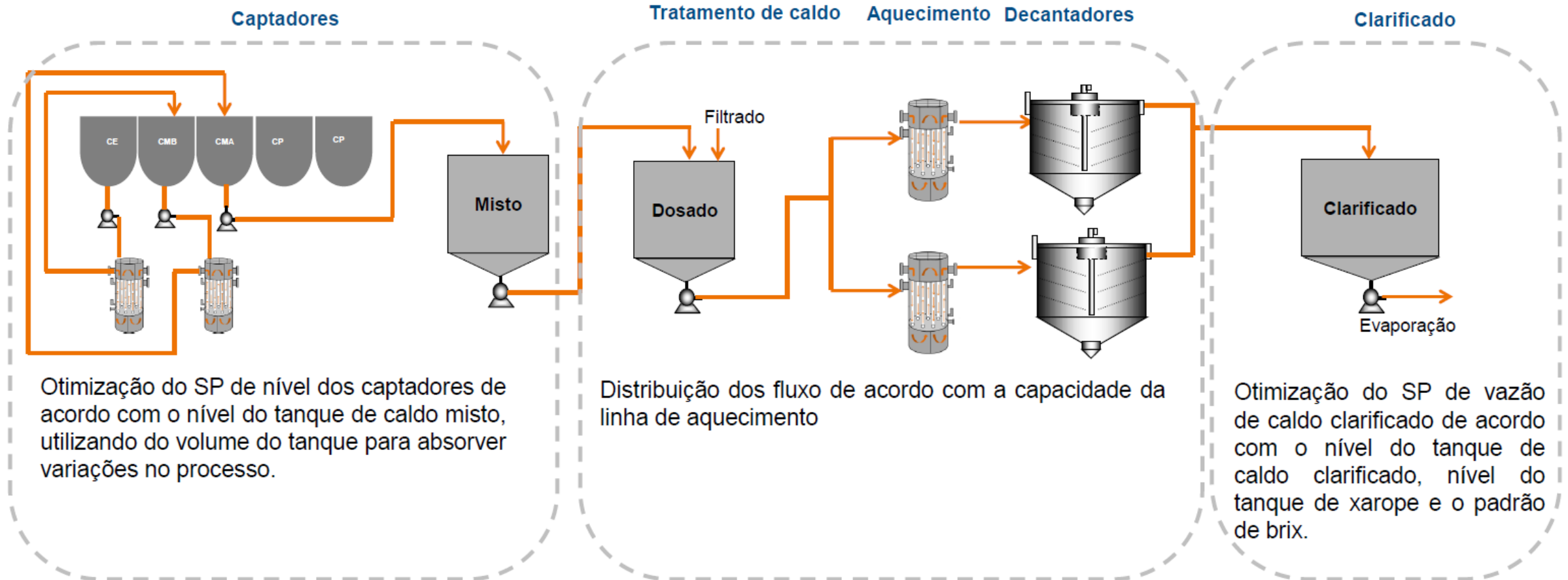
Baixo ou nenhum investimento, atuação em procedimentos operacionais, malhas de controle e/ou otimização de processos.

Unidade Cruz Alta – Safra 2020/21



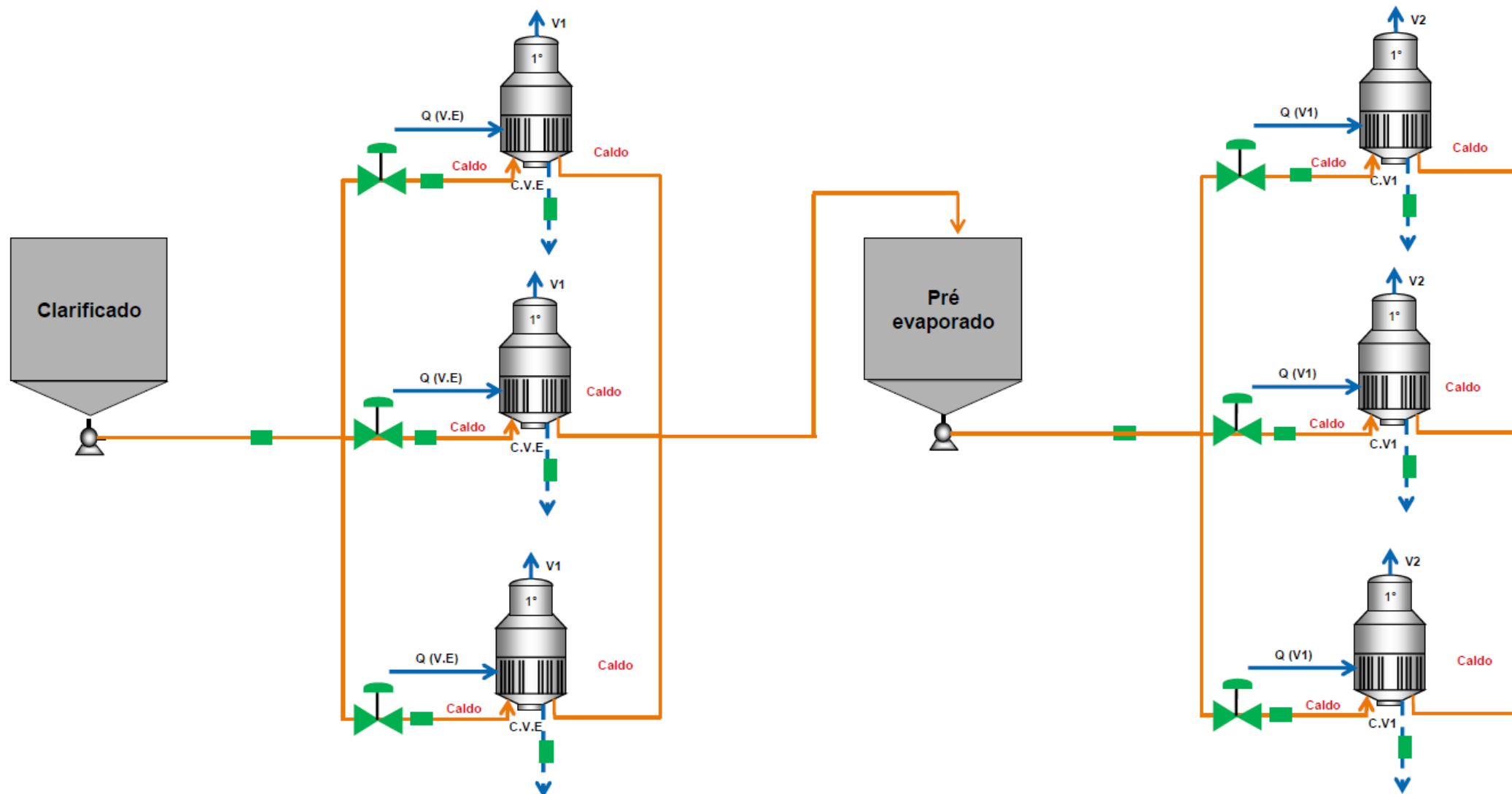
APLICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ESTABILIZAÇÃO DO PROCESSO E MAXIMIZAÇÃO DE TROCA TÉRMICA



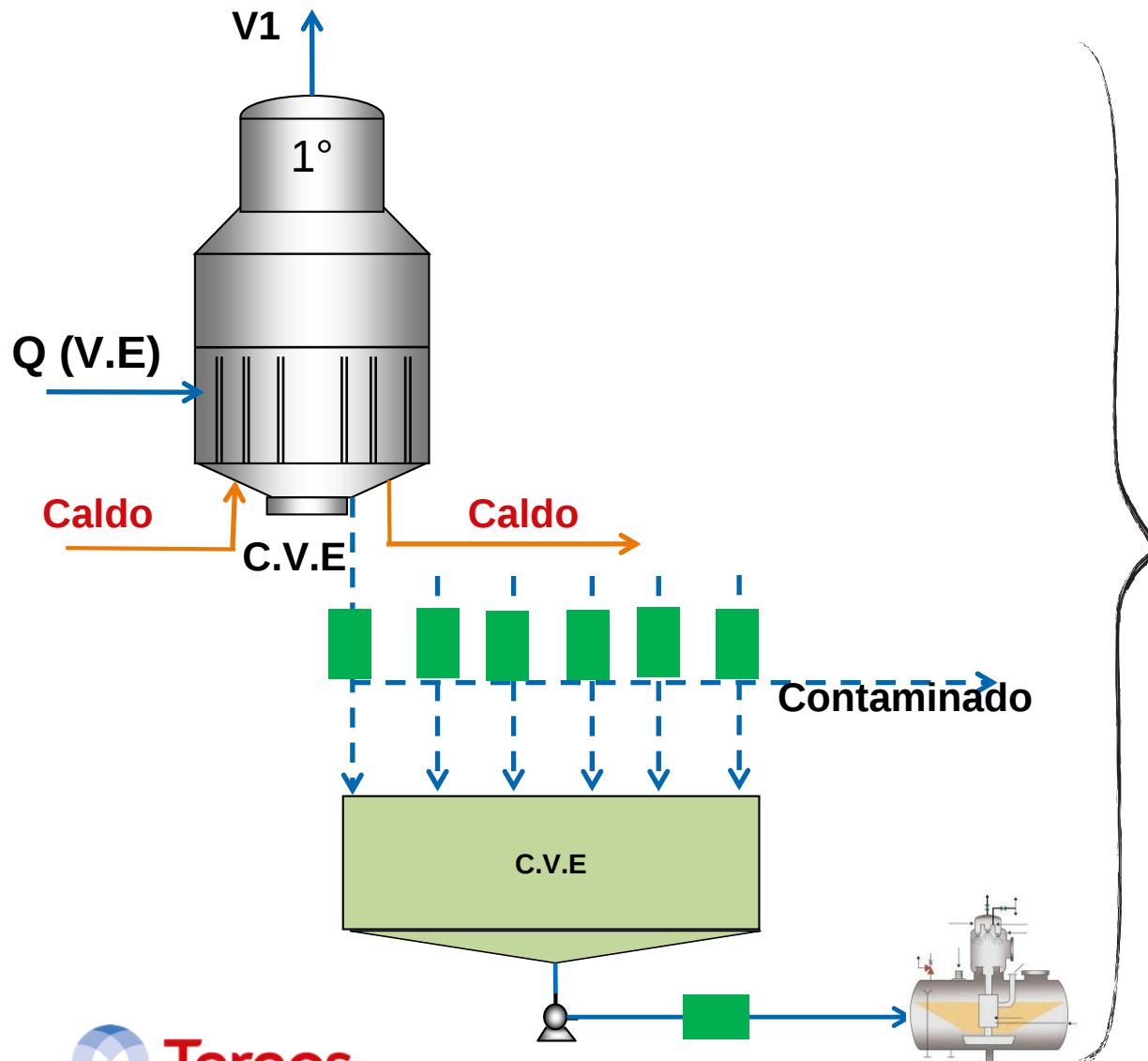
SISTEMA DE CONTROLE DA EVAPORAÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DE CALDO



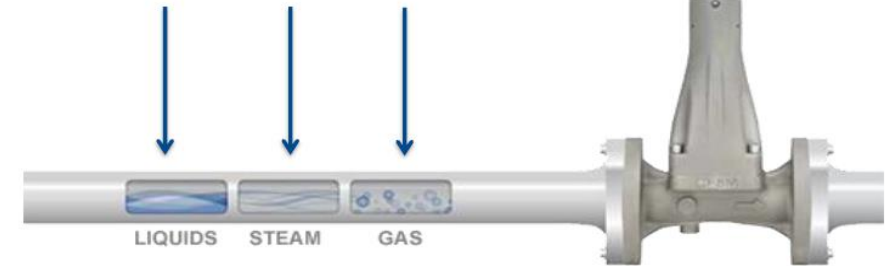
CONTROLE DE CONDENSADOS

INSTRUMENTAÇÃO



Medidor do tipo vortex

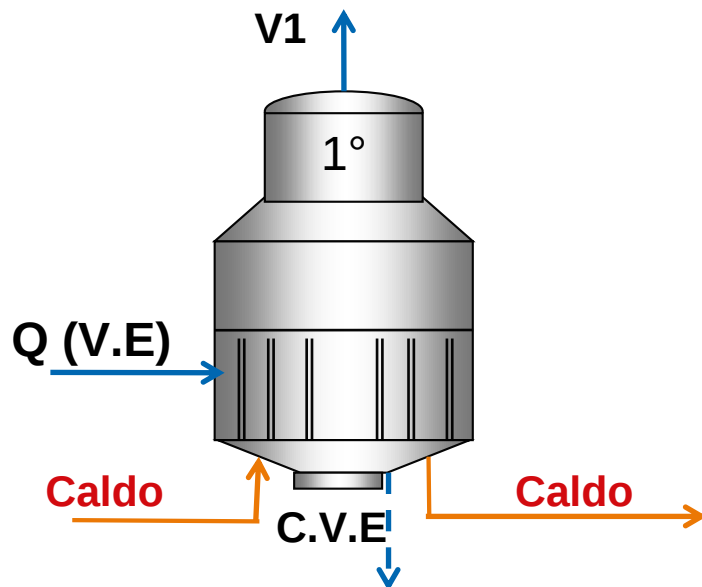
- Mede Líquidos, Vapor e Gases



- Fechar o balanço de consumo de V.E;
- Entender a performance de cada caixa;
- Garantir o retorno de condensado;
- Refinar o balanço hídrico da planta

TAXA DE EVAPORAÇÃO ONLINE

RTO



Estimando o $V1$ gerado:

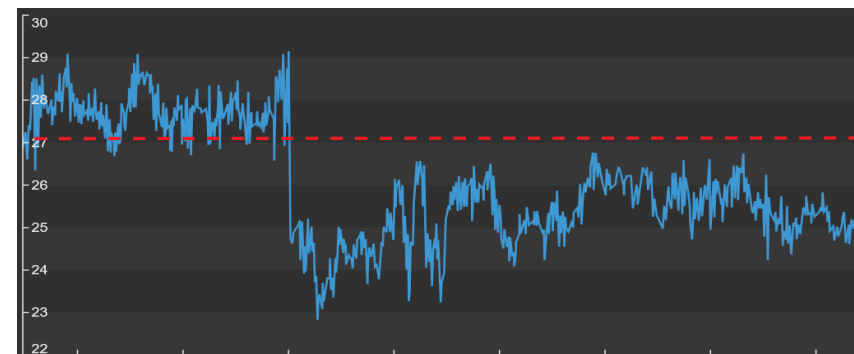
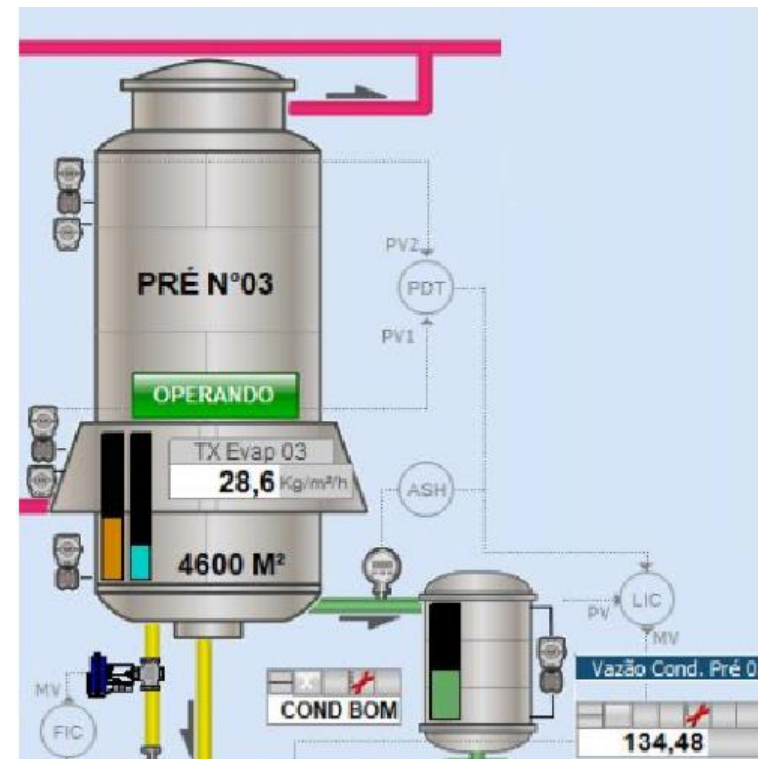
$$C.V.E \sim V.E$$

$$V.E \sim V1$$

$$V1 = \frac{\text{Calor latente do vapor de alimentação} \times V.E \text{ útil}}{\text{Calor latente do vapor gerado}}$$

Estimando a taxa de evaporação:

$$\text{Taxa de Evaporação} = \frac{\text{Água Evaporada}}{\text{Área}} \times 1000$$



RESULTADOS JÁ CAPTURADOS

OTIMIZAÇÃO TAXA DE EVAPORAÇÃO

O que foi feito?



14 MEDIDORES DE VAZÃO VORTEX
INSTALADOS



16 MEDIDORES DE NÍVEL RADAR INSTALADOS



MONITORAMENTO DA PERFORMANCE DO
EVAPORADOR ONLINE



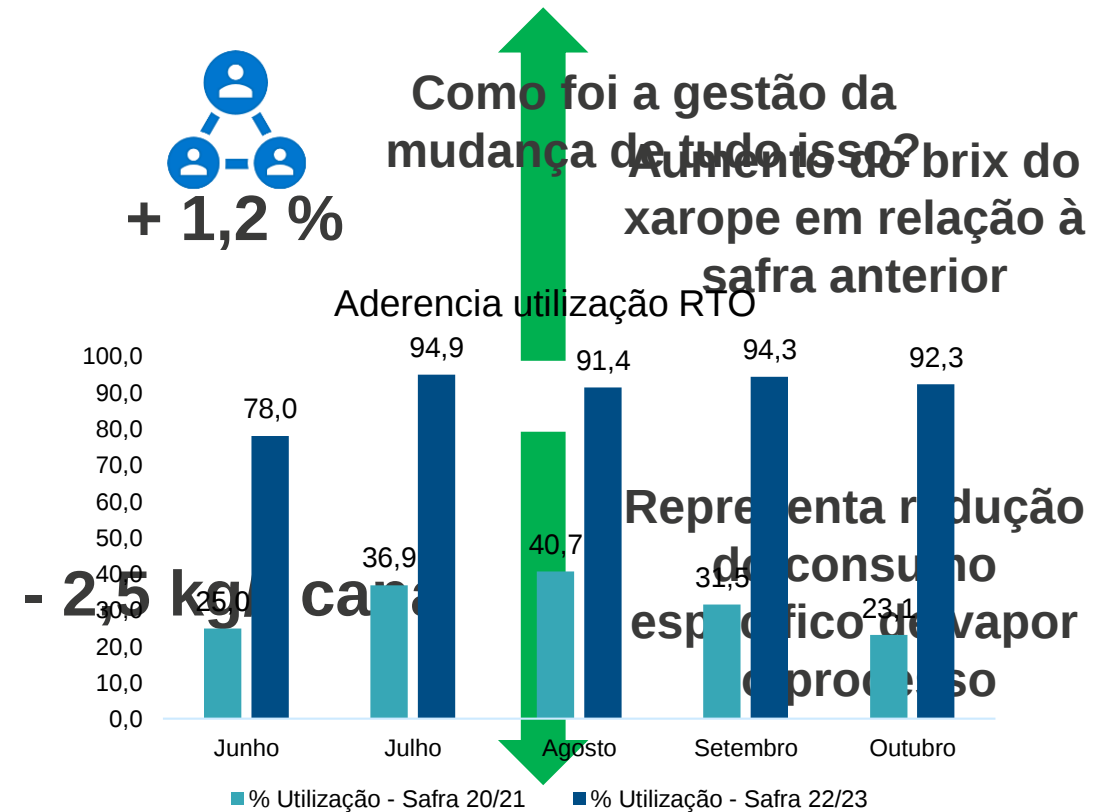
DADOS INTEGRADOS AO RTO (SPAA) PARA
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO



MEDIDOR DE BRUX INSTALADOS

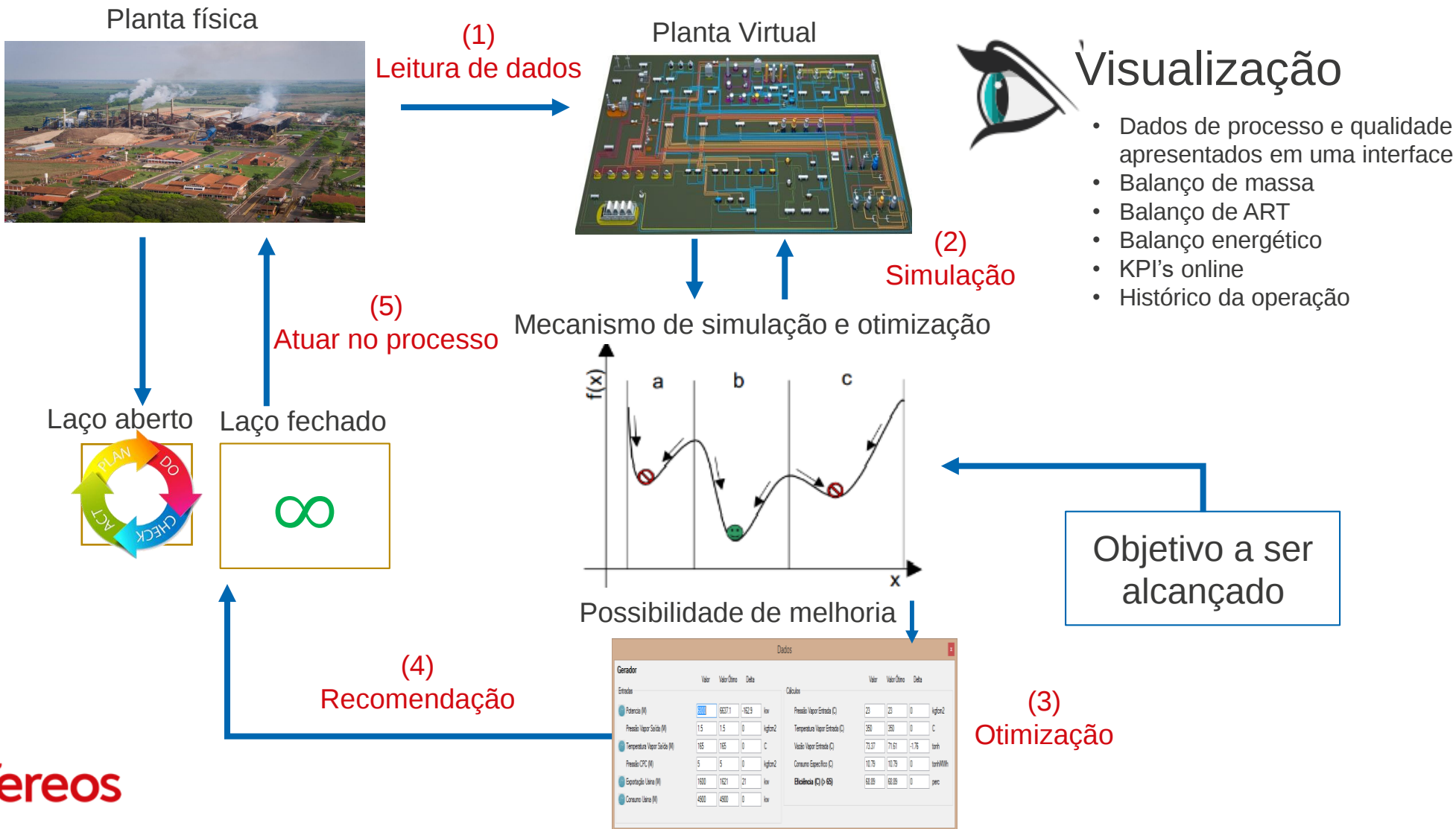
Benefícios capturados

- Maior equilíbrio térmico do processo



OTIMIZAÇÃO EM TEMPO REAL (RTO)

INGREDIENTE SECRETO PARA OTIMIZAR O PROCESSO



PONTOS DE CONFIGURAÇÃO PARA DIFERENTES CENÁRIOS

RESPEITANDO AS RESTRIÇÕES DA UNIDADE (CRUZ ALTA)

LIMITES DE POTENCIA PARA
LIBERAÇÃO SPAA

	MINIMO	MAXIMO
GERADOR 04	3000 kW	3000 kW
GERADOR 05	20000 kW	25000 kW
EXPORTAÇÃO UTE01	10000 kW	29700 kW
EXPORTAÇÃO UTE02	2000 kW	22000 kW

PRIORIDADE DE EXPORTAÇÃO

UTE-01

UTE-02

PRIORIDADE DE EXPORTAÇÃO

PROCESSO

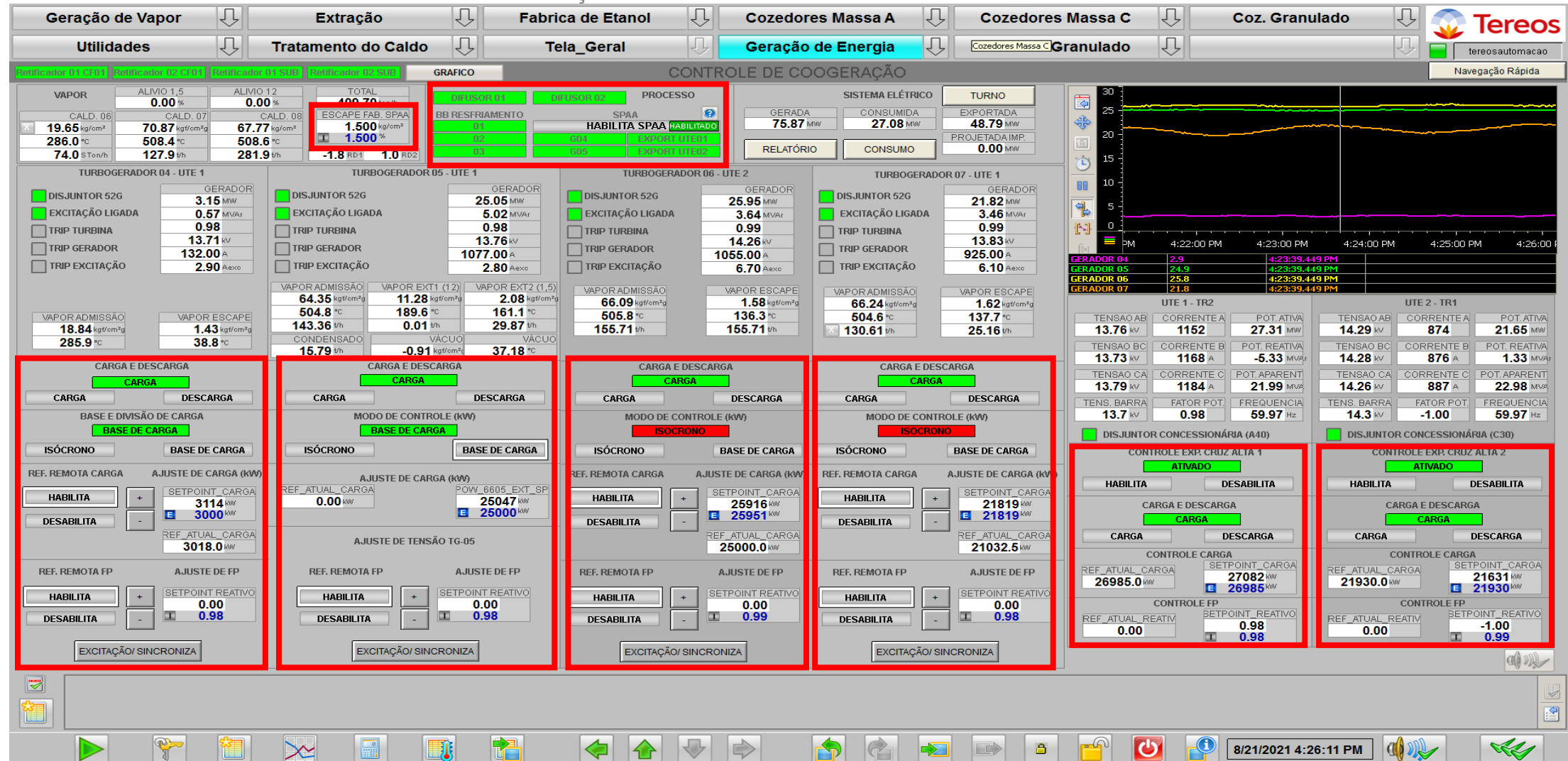
EXPORTAÇÃO

REDUTORAS 67-1,5	NORMAL
CONTROLE ESCAPE	VALOR MUITO ACIMA DO SP
P3 TG4 ACIMA 90%	NORMAL
P3 TG5 ACIMA 87%	NORMAL
P3 TG6 ACIMA 87%	NORMAL
P3 TG7 ACIMA 90%	NORMAL
TEMP MANCAL TG06	NORMAL
TEMP MANCAL TG07	NORMAL

VAZAO MAXIMA C07	NORMAL
VAZAO MAXIMA C08	NORMAL
PRESSAO MIN. C07	NORMAL
PRESSAO MIN. C08	NORMAL
POTENCIA MINIMA TG06	6000
POTENCIA MAXIMA TG06	25000
POTENCIA MINIMA TG07	12000
POTENCIA MAXIMA TG07	25000

INDICAÇÃO DOS PONTOS CONTROLADOS NO SUPERVISÓRIO

CONFIGURAÇÕES E BOTÕES PARA HABILITAR



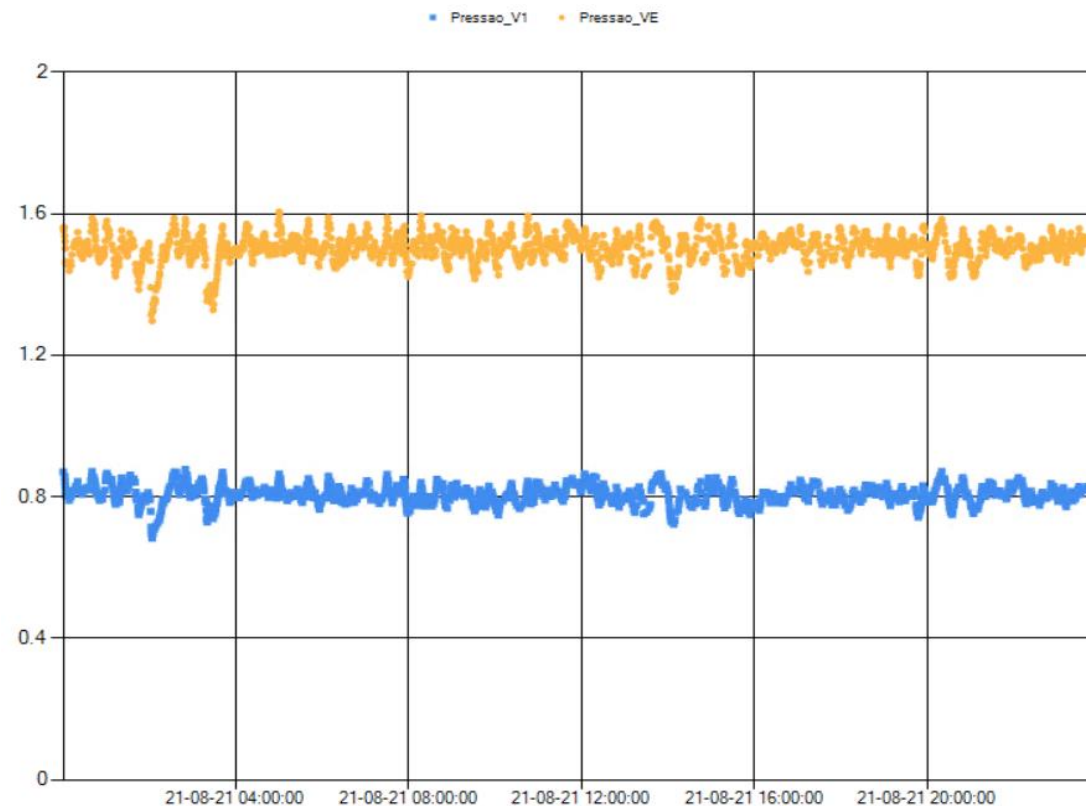
RESULTADOS OBSERVADOS NA SAFRA 2021

PRESSÕES DE VAPOR DE ESCAPE (VE) E VAPOR VEGETAL 1º EFEITO (V1)

RTO desabilitado



RTO habilitado



Melhor patamar de V1 e 57% da redução na variabilidade

RESULTADOS COMPARATIVOS DA SAFRA 2021

DADOS DE VAPOR E ENERGIA

*Apenas moagem acima de 800 t/h com o objetivo de equalizar os cenários de análise	RTO Desabilitado	RTO Habilitado	RTO Habilitado
	10/05/2020 – 17/05/2020 Máxima Exportação	25/07/2021 – 31/07/2021 Máxima Exportação	09/08/2021 – 15/08/2021 Mínima Exportação
Moagem *	877,1 t/h	881,7 t/h	898,8 t/h
Caldeira 06	85,4 t/h	81,9 t/h	70,5 t/h
Caldeira 07	128,9 t/h	133,4 t/h	136,7 t/h
Caldeira 08	250,1 t/h	268,2 t/h	265,4 t/h
Soma Caldeiras	464,4 t/h	483,6 t/h	472,60 t/h
Pressão Caldeira 6	19,1 kgf/cm ²	19,9 kgf/cm ²	20,7 kgf/cm ²
Pressão Caldeira 7	61,6 kgf/cm ²	62,7 kgf/cm ²	62,97 kgf/cm ²
Pressão Caldeira 8	62,1 kgf/cm ²	65,4 kgf/cm ²	65,7 kgf/cm ²
Pressão Vapor Escape	1,47 ± 0,87 kgf/cm ²	1,51 ± 0,47 kgf/cm ²	1,50 ± 0,31 kgf/cm ²
Pressão Vapor V1	0,72 ± 0,19 kgf/cm ²	0,77 ± 0,09 kgf/cm ²	0,76 ± 0,12 kgf/cm ²
Potência gerada	71,55 MW	78,57 MW	75,51 MW
Potência exportada	44,15 MW	51,35 MW	46,55 MW
Cons. Espec. Geração	6,49 kg vapor/kWh	6,16 kg vapor/kWh	6,25 kg vapor/kWh

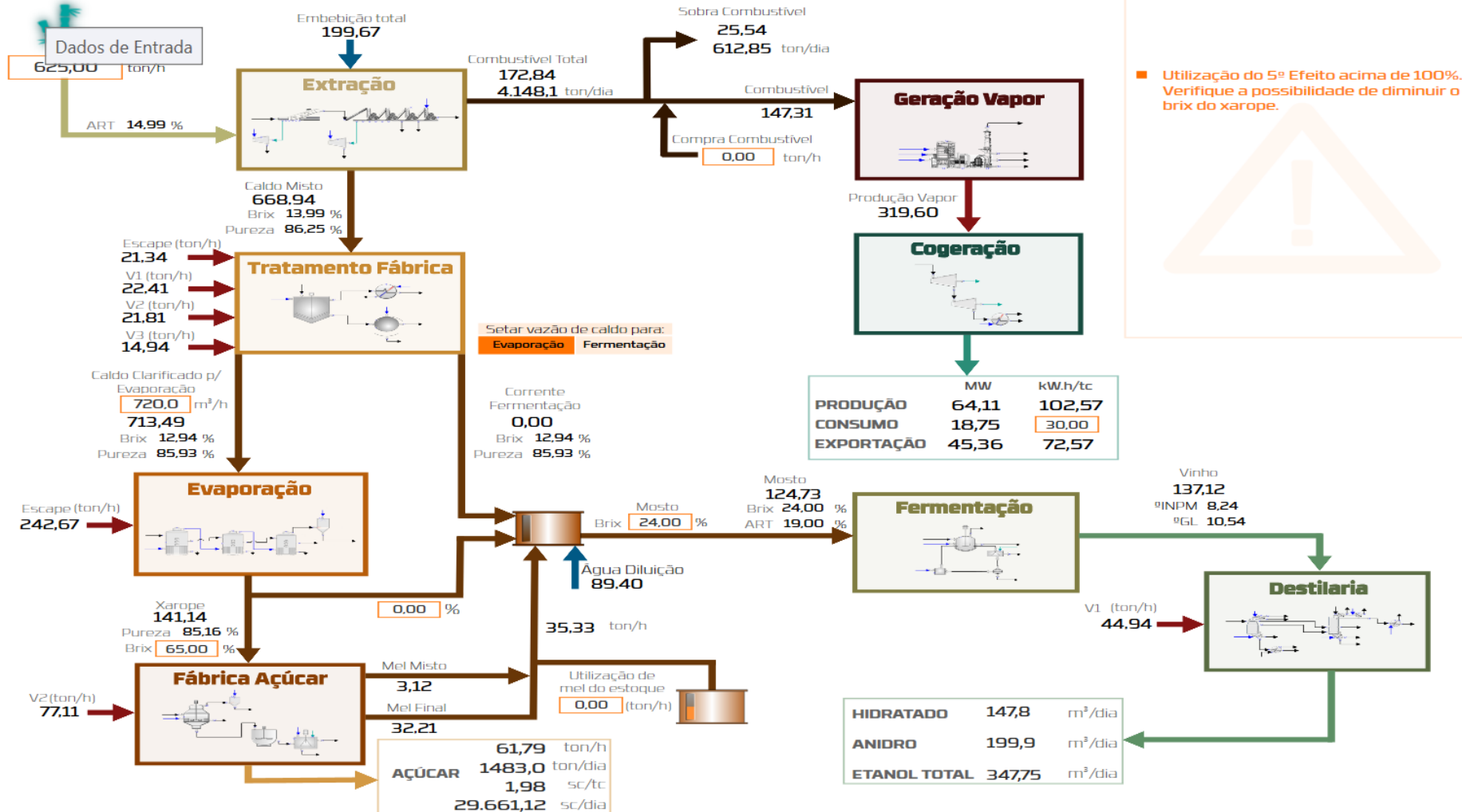
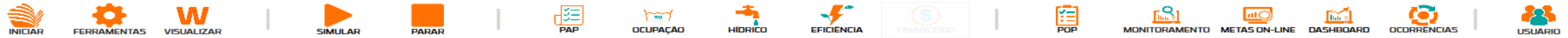
GESTÃO DE PROCESSOS

GÊMEO DIGITAL

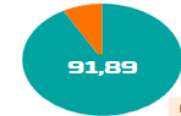
Pentagro PGDI ©

Modelo PAP: Cenário Produção 241022.

Olá, administrador.



Eficiência Industrial ART



Configurar perdas

Perda

	ART % Cana
Bagaga	2,954
Torta	0,540
Fermentações	2,139
Destilaria	0,038
Residuais e Lav.	0,140
Multijato	0,050
Infermentecíveis	0,840
Indeterminadas	1,390
Total das perdas	8,101

Eficiência RTC (%) 94,72

Indicadores

MIX Açúcar (%)	72,75
Potência Gerada (kW.h / t bag)	370,9
Export. Esp. Energia (kW.h/tc)	72,57
Consumo Esp. Água (m³/tc)	0,55
Consumo Vapor Vivo (kg/tc)	511,36
Consumo Escape (kg/tc)	462,17
Consumo V1 Processo (kg/tc)	115,20
Recuperação da Fábrica (%)	78,57

Produção Efetiva

	Simulado	Meta
Moagem (tc/dia)	15.000,00	∞
Açúcar (ton/dia)	1.483,06	∞
Hidratado (L/dia)	147.846,96	∞
Anidro (L/dia)	199.974,00	∞
Energia (MW.h/dia)	1088,55	∞

120 SIMULAÇÕES DO GÊMEO DIGITAL PARA CONSTRUÇÕES DE PLANOS DE PRODUÇÃO



Estruturação do plano

- Estruturação dos planos atrelados aos gargalos e taxas de ocupações de equipamentos e matéria prima



MTP

- 15 simulações** para criação do MTP.



BGT

- 24 simulações** para criação do BGT.



S&OP

- 36 simulações** para criação do plano S&OP.



Cenários

- 45 estudos** de cenários e viabilidade operacional.



Interface amigável para estudos



Visualização de gargalos de processos e equipamentos



Facilidade e agilidade nas simulações



Mais acessível aos integrantes da equipe

Acompanhamento em

tempo real da aderência ao plano S&OP

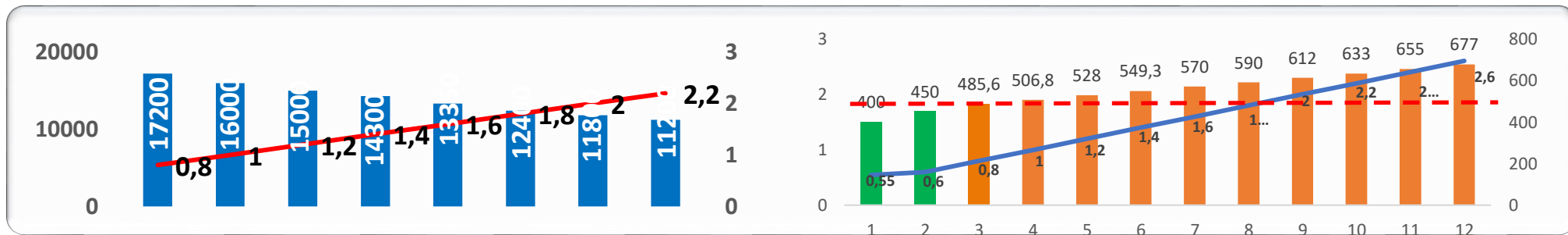
	MOAGEM ton	AÇÚCAR Cristal ton	AÇÚCAR Granulado ton	HIDRATADO m³	ENERGIA MWh
DIA 24/01/2022	PROJEÇÃO 0.003,52	META ON-LINE 0,00	META ON-LINE 0,00	META ON-LINE 0,00	META ON-LINE 0,00
	REALIZADO 0.000,00	PROJEÇÃO NaN%	PROJEÇÃO NaN%	PROJEÇÃO NaN%	PROJEÇÃO NaN%
	RITMO P/ META MENSAL 0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
	RITMO ATUAL 0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
MÊS JANEIRO	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%
	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%
	META 0.000,00	META 0.000,00	META 0.077,50	META 0.000,00	META 0.000,00
	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN
SAFRA 0 Dias	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%	REALIZADO 0%
	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%	ADERÊNCIA NaN%
	META 4.111.019,00	META 453.397,80	META 277.560,25	META 59.686,63	META 16.206,00
	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN	META REL. NaN
	REALIZADO 000,00	REALIZADO 000,00	REALIZADO 000,00	REALIZADO 000,00	REALIZADO 000,00
	FALTA 4.111.019,00	FALTA 453.397,80	FALTA 277.560,25	FALTA 59.686,63	FALTA 16.206,00

O GÊMEO DIGITAL PROPORCIONOU ESTUDOS PARA MUDANÇAS DE ROTAS DURANTES OS DESVIOS DE MATÉRIA PRIMA E OPERACIONAIS



Estudo de cenários e Capacitação de pessoas

- Criação de estratégias que foram cruciais para processar a cana de baixa pureza com concentração de AR elevado.
- A partir do PGDI foi possível entender a curva de moagem de acordo com o AR visando não exceder as taxas de ocupações



Ações operacionais antecipatórias a partir de pré análises



Visualização das taxas de ocupações online



Possibilidade de mudança de rota sem grandes distúrbios no processo

- Foram realizados estudos de projetos que foram implantados.



Ampliação granulado



Projeto Etanol Entressafra

