

Açúcar e Cozimento

4.0

.....
2023



Tereos

AGENDA



Sobre a Tereos



Indústria 4.0

Business Case Cozimento 4.0



Sobre a Tereos

PRINCIPAIS NÚMEROS

2022/23

7

MATÉRIAS-PRIMAS
PROCESSADAS



Beterraba



Trigo



Batata



Alfafa



Mandioca



Cana-de-açúcar



Milho

MAIS DE
41 MILHÕES

DE TONELADAS DE
MATÉRIAS-PRIMAS
PROCESSADAS



11 200

AGRICULTORES
COOPERADOS
NA FRANÇA



15 800

COLABORADORES
PELO MUNDO



6,6

BILHÕES DE EUROS
DE RECEITA

NOSSAS OPERAÇÕES PELO MUNDO

43

UNIDADES INDUSTRIAIS

OPERAÇÃO EM

15
PAÍSES



EUROPA

- 30 unidades industriais
- 1 centro de P&D
- **Países:** Alemanha, Bélgica, Espanha, França, Itália, Reino Unido, República Tcheca

ÁSIA

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

AMÉRICA

- 8 unidades industriais
- **Países:** Brasil e Estados Unidos

ÁFRICA & OCEANO ÍNDICO

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

PRESENÇA MUNDIAL E ATUAÇÃO LOCAL



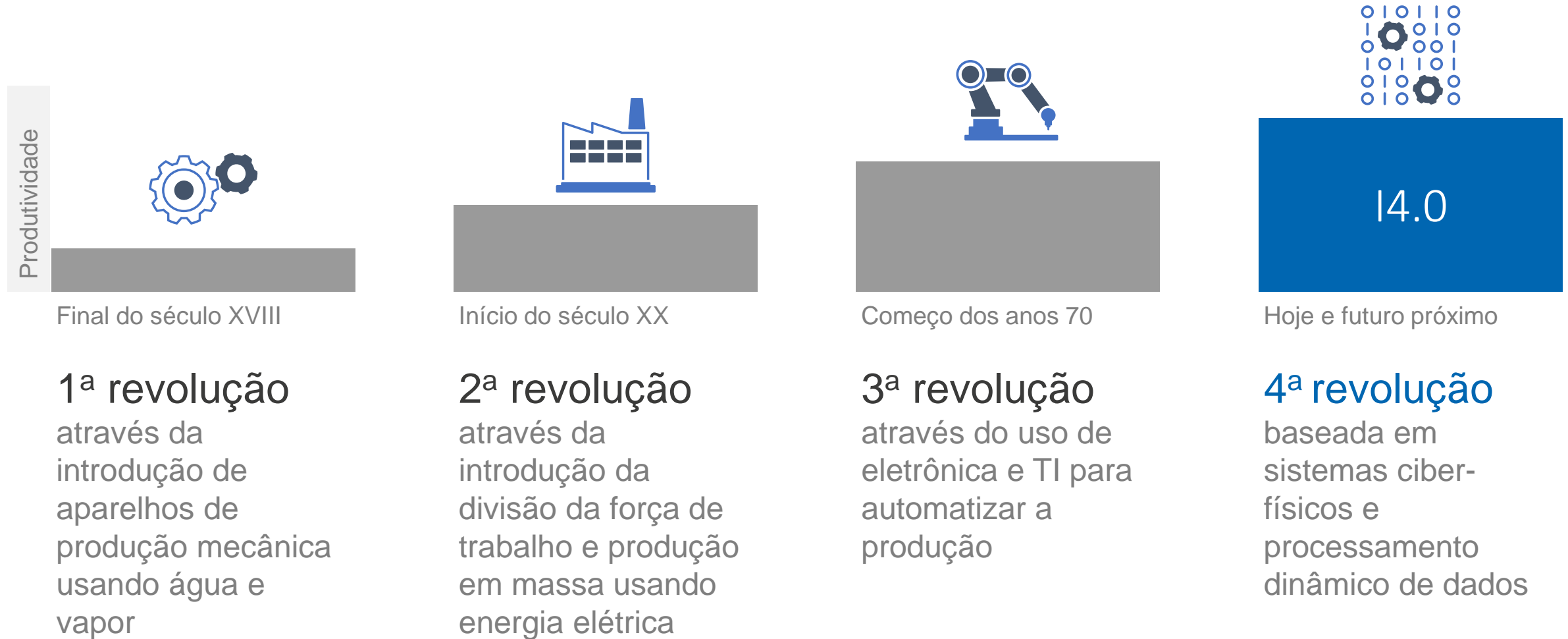
Tereos Açúcar & Energia Brasil

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

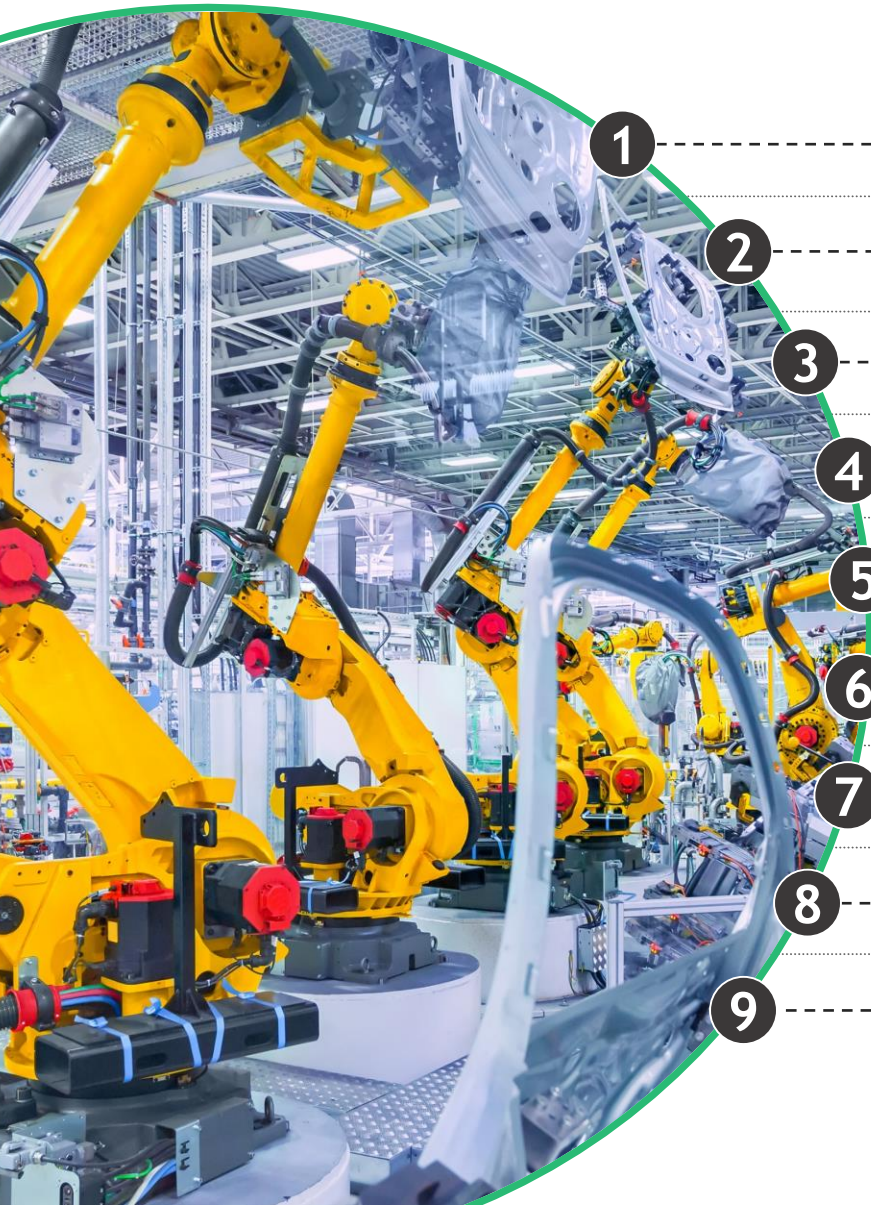


Programa Indústria 4.0

Indústria 4.0 – Quarta (R)evolução Industrial



9 drivers que estão afetando as indústrias



1



Robótica Avançada

2



Manufatura Aditiva

3



Realidade Aumentada

4



Simulação

5



Integração Vertical/Horizontal

6



Industrial internet (IIoT)

7



Cloud

8



Cyber-security

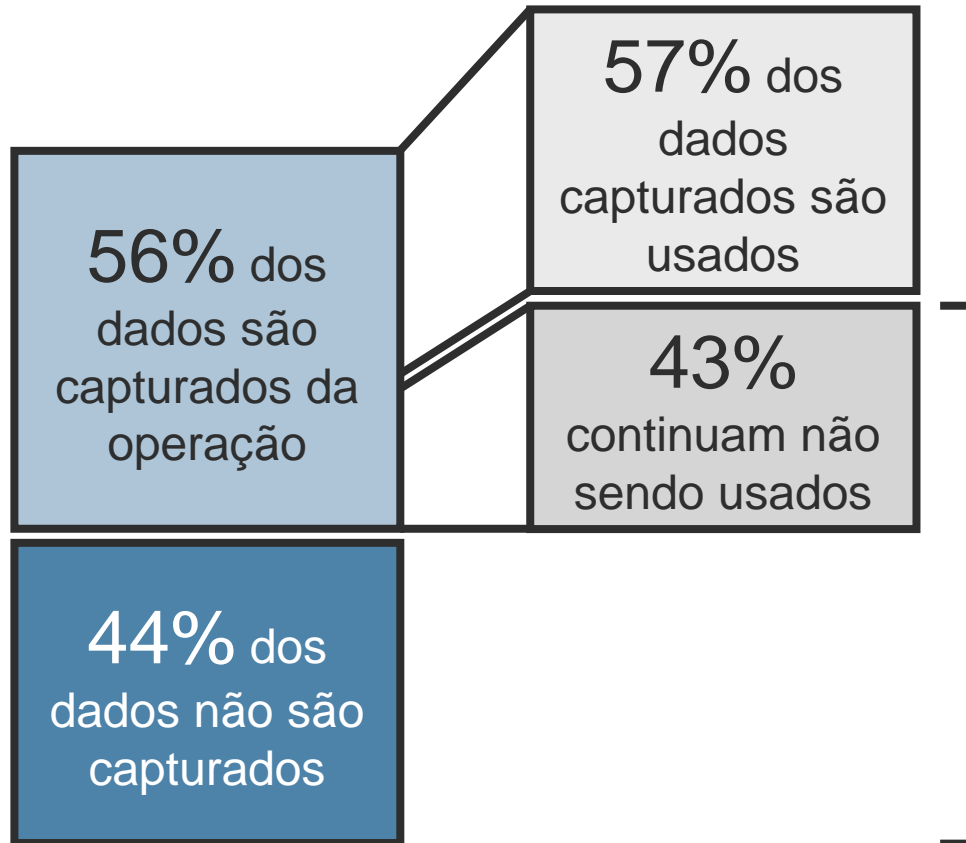
9



Big Data & Analytics

Contextualização

De acordo com a Seagate, apenas **32%** dos dados disponíveis para as empresas são utilizados

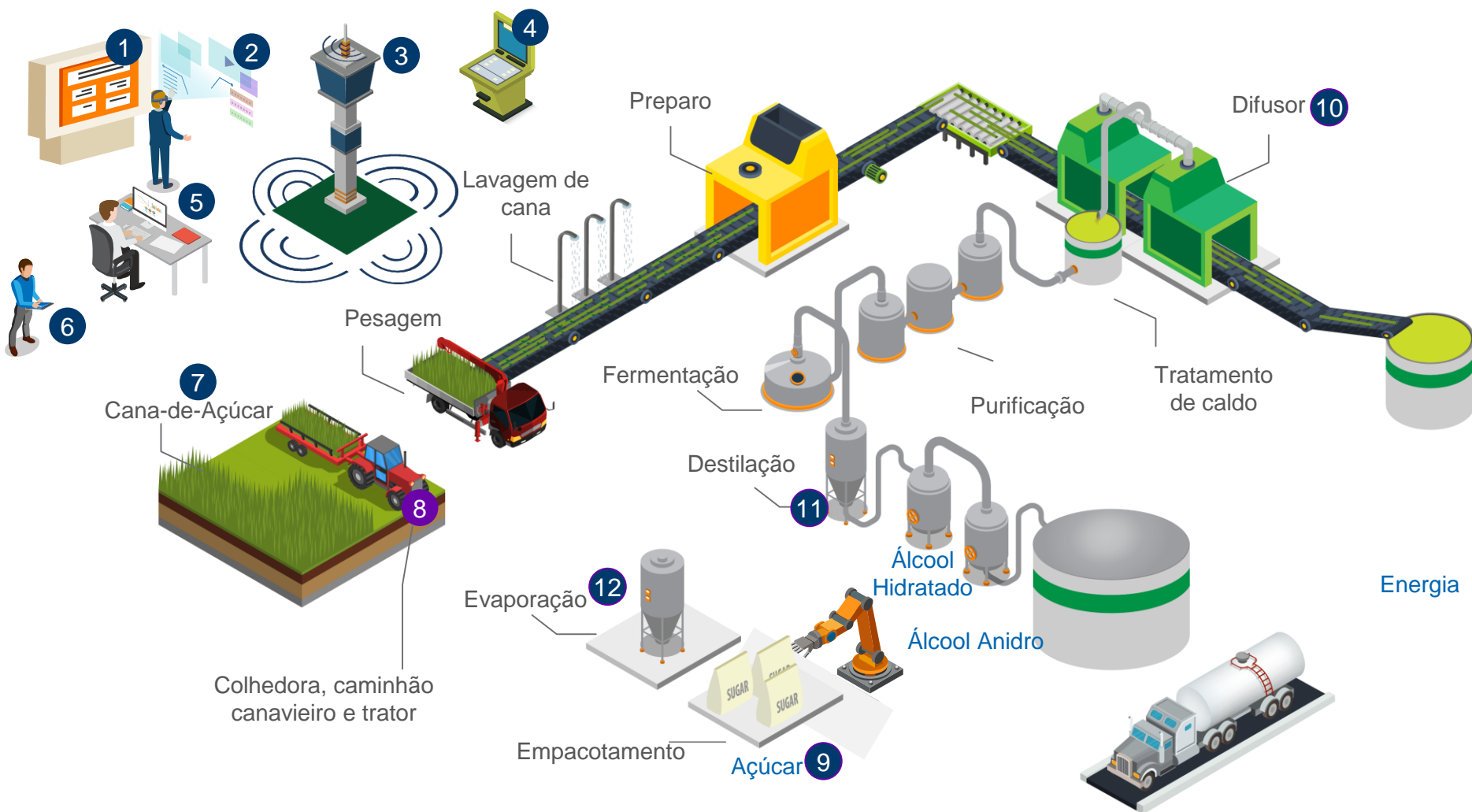


68% dos dados não agregam informação



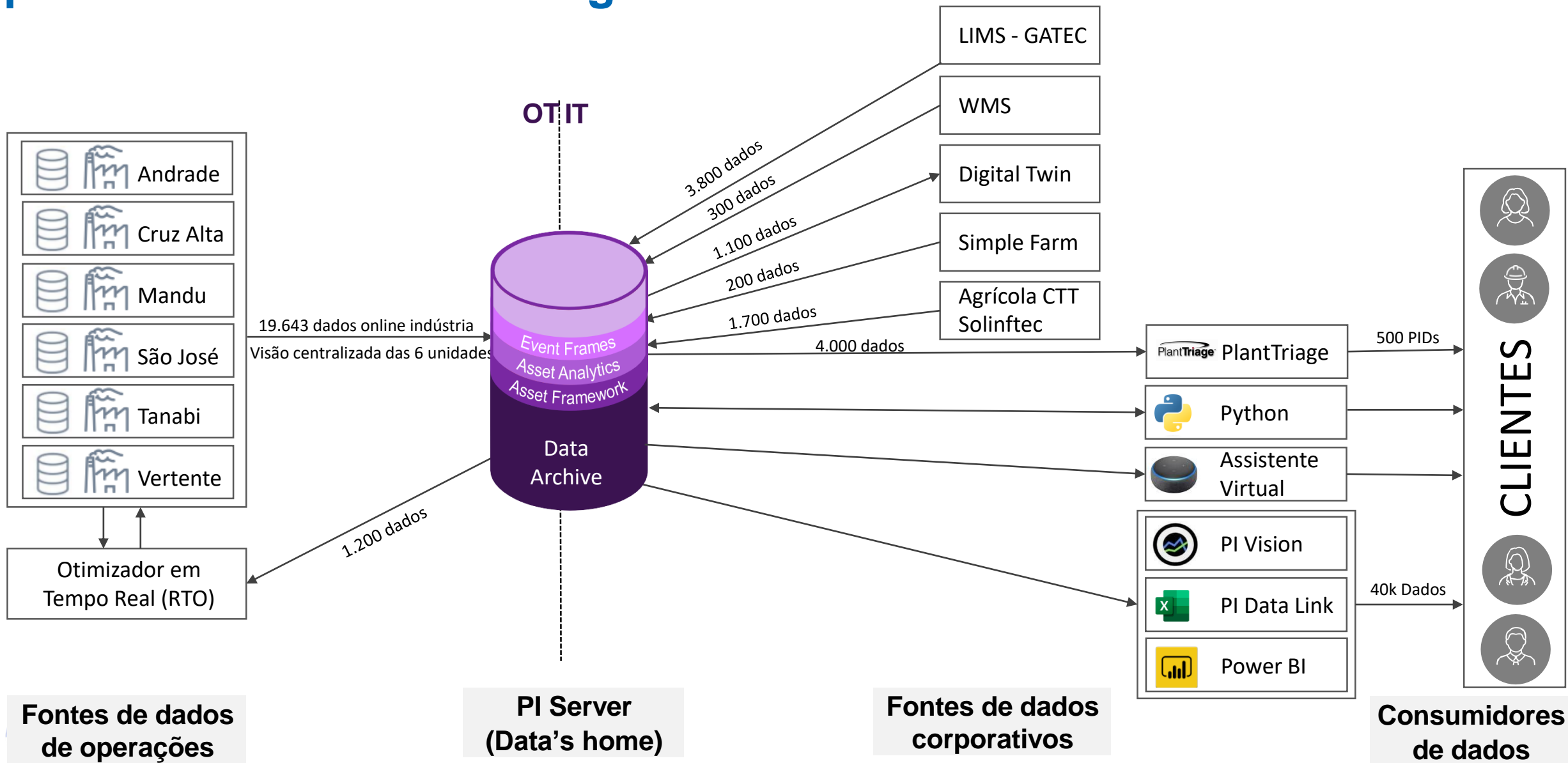
Como as tecnologias de Indústria 4.0 impulsionaram a eficiência das operações na Tereos?

Essa estrutura de dados centralizada tem permitido cases em diversas áreas...



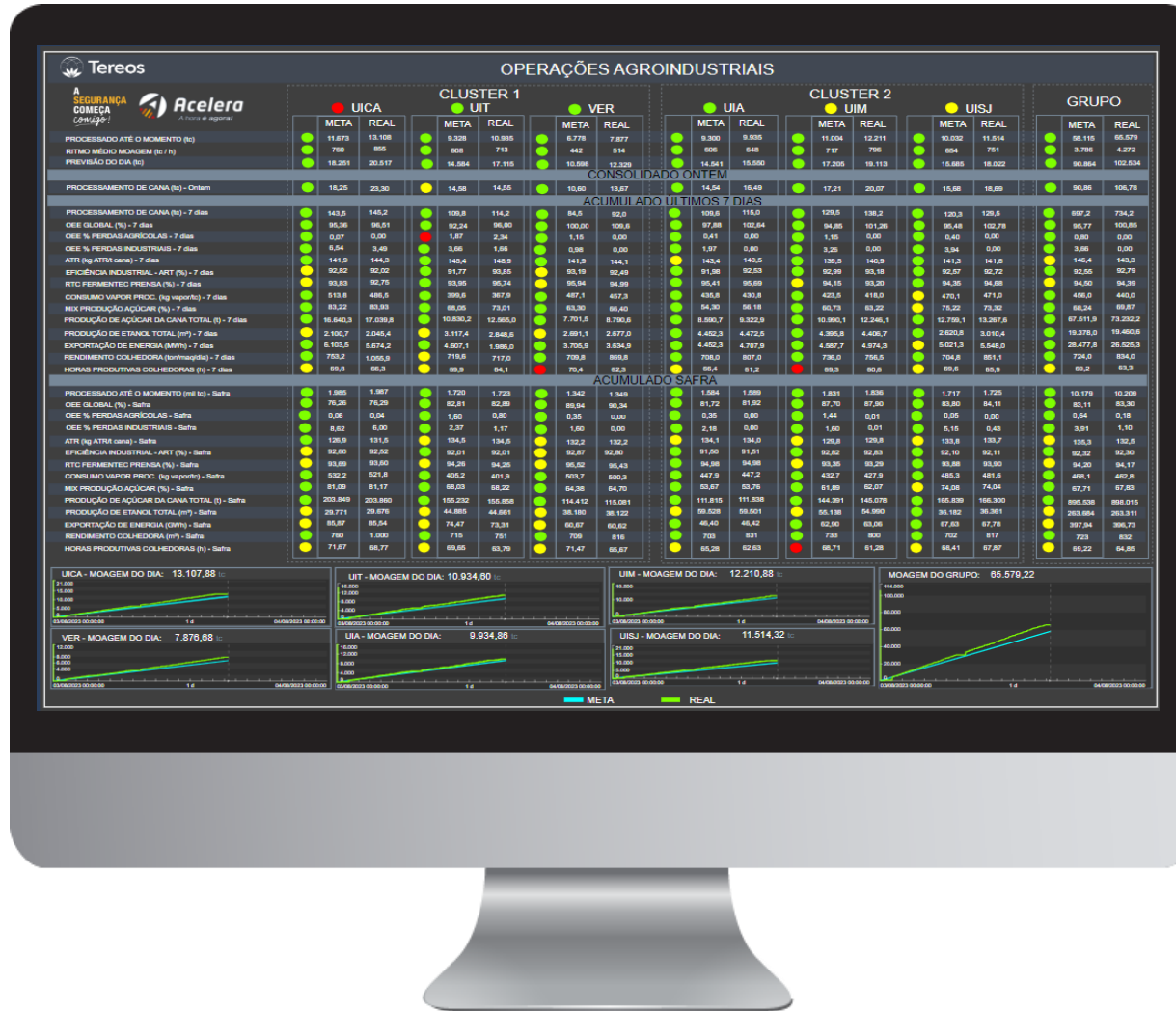
- 1 Visão integrada corporativa
- 2 Gêmeo Digital
- 3 Torre de Controle de Automação e Manutenção
- 4 Monitoramento da performance do PI System
- 5 Analytics – Monitoramento de performance dos controladores PIDs
- 6 Robô virtual – Notificações via Telegram
- 7 Monitoramento da qualidade da matéria prima
- 8 Monitoramento de colhedoras, trator e caminhão canavieiro
- 9 Acompanhamento de performance de produção por turno
- 10 Otimização em tempo real
- 11 Acompanhamento da taxa de utilização e performance dos controles avançados de processos
- 12 Acompanhamento da taxa de evaporação e tempo de campanha

Com a convergência TI/TA, cada vez mais integramos plataformas para fornecer a Visão Integrada de Processos



E permitido a Visão Integrada das Unidades Industriais

Tela Desempenho Agroindustrial



Democratização
do dado



Transferência de
Conhecimento e Tecnologia
Entre Sites



Habilitando o
acompanhamento
remoto da planta



Comparação de
Processos



Incentivando a conexão
e a colaboração



Tomada de decisão
acelerada

Essas informações também são utilizadas pelo Principais Stakeholders do COI:

OPERAÇÃO

- Realiza intervenções
- Opera o processo
- Habilita tecnologias de controle
- Aciona o suporte
- Verificação de alarmes

AUTOMAÇÃO

- Implementa
- Resolve problemas
- Sintonia controladores
- Monitora KPIs de Automação

PROCESSOS

- Monitora KPIs de processos
- Análise de cenários
- Monitoramento e direcionamento de tratativas
- Controle operacional

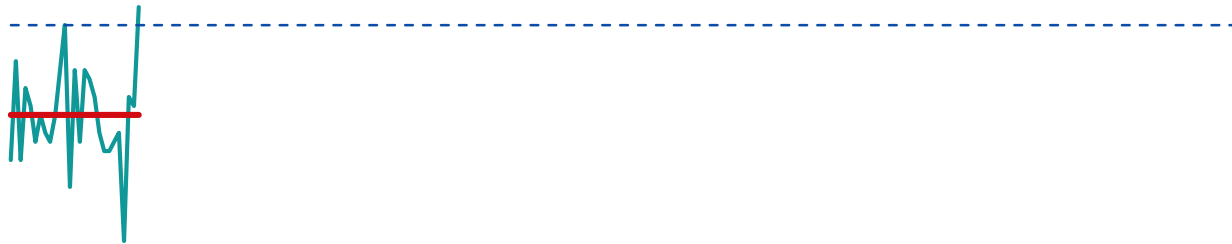
MANUTENÇÃO

- Mantém a confiabilidade dos instrumentos
- Monitora os ativos

Desafios da Operação

Complexidade e Restrições

Limite de operação

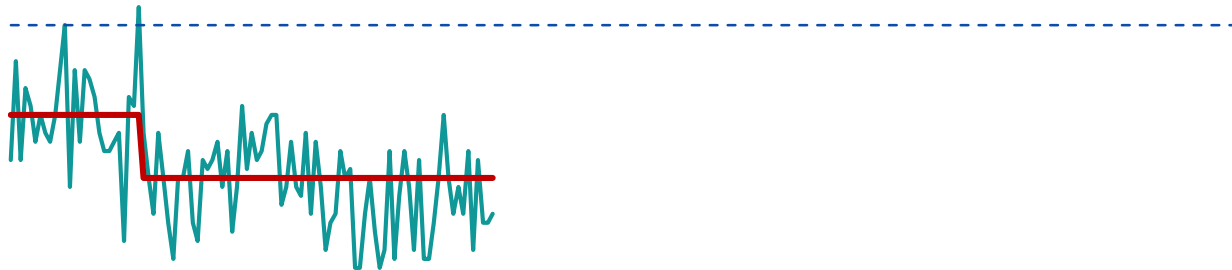


- Muitas malhas para operar simultaneamente
- Operação de forma conservadora
- Manipulação inconsistente de set-points
- Diretrizes baseadas no balanço estacionário

Desafios da Operação

Complexidade e Restrições

Limite de operação

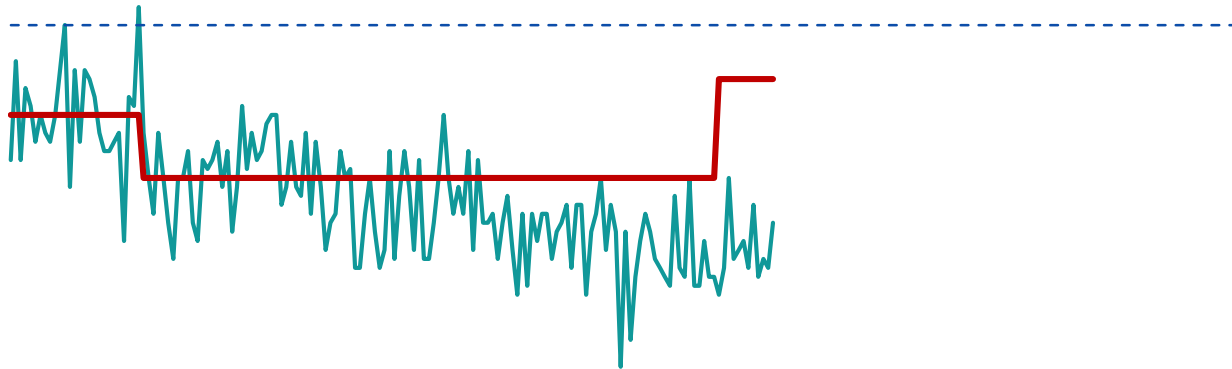


- Muitas malhas para operar simultaneamente
- Operação de forma conservadora
- Manipulação inconsistente de set-points
- Diretrizes baseadas no balanço estacionário

Desafios da Operação

Complexidade e Restrições

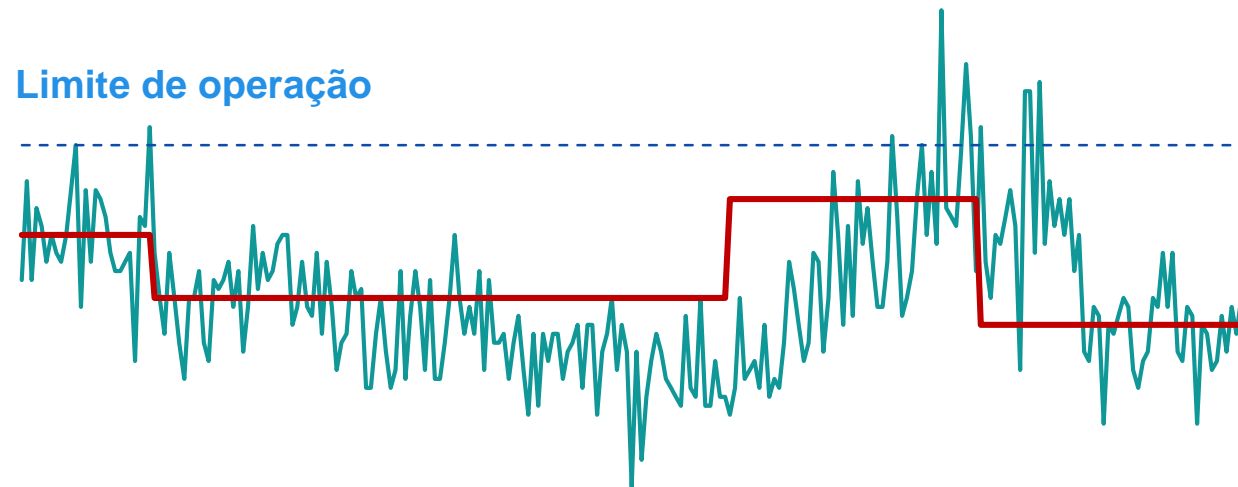
Limite de operação



- Muitas malhas para operar simultaneamente
- Operação de forma conservadora
- Manipulação inconsistente de set-points
- Diretrizes baseadas no balanço estacionário

Desafios da Operação

Complexidade e Restrições



- Muitas malhas para operar simultaneamente
- Operação de forma conservadora
- Manipulação inconsistente de set-points
- Diretrizes baseadas no balanço estacionário

Tecnologias de controle de processos devem ser utilizadas para garantir o processo mais automático

Monitoramento

5. Gerenciamento

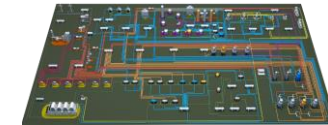
PI System – Monitoramento online



Controle de Processos

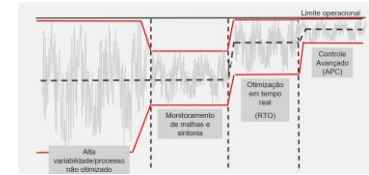
4. Otimização em Tempo Real (RTO)

Otimizador em tempo real



3. Controle Avançado de Processos (APC)

Controle avançado de processos



2. Controle Regulatório (PID)

Controladores PIDs



Sensorização

1. Instrumentos de Campo, IoT

Sensores de campo atuadores

Tecnologias de controle de processos devem ser utilizadas para garantir o processo mais automático

Monitoramento

5. Gerenciamento

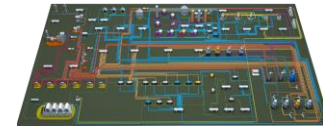
PI System – Monitoramento online



Controle de Processos

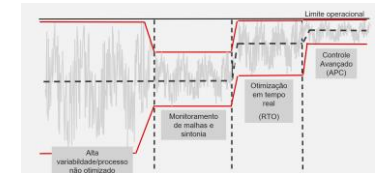
4. Otimização em Tempo Real (RTO)

Otimizador em tempo real



3. Controle Avançado de Processos (APC)

Controle avançado de processos



2. Controle Regulatório (PID)

Controladores PID

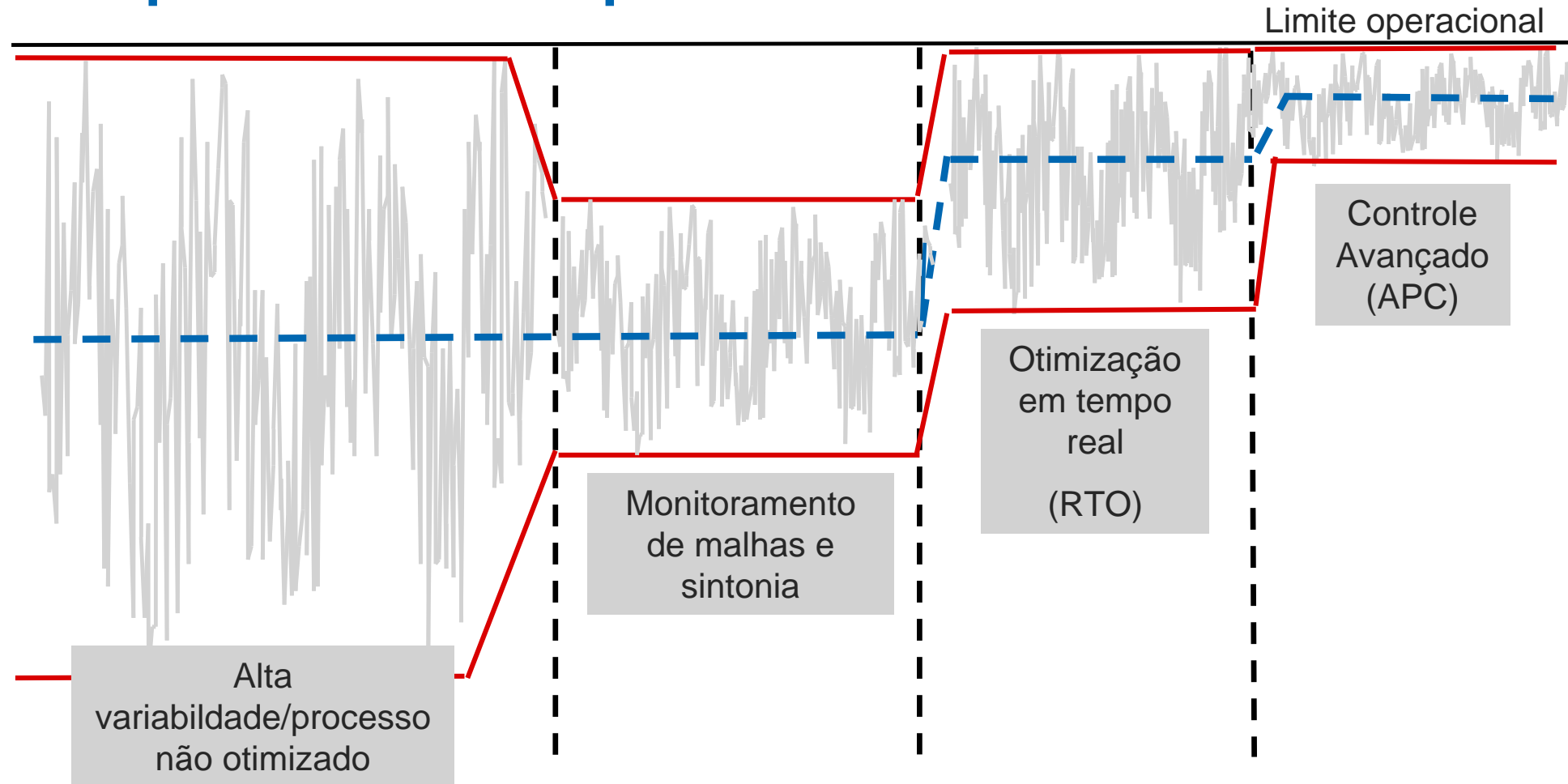


Sensorização

1. Instrumentos de Campo, IoT

Sensores de campo atuadores

A combinação dessas tecnologias reduzem a variabilidade e buscam o ponto ótimo do processo...



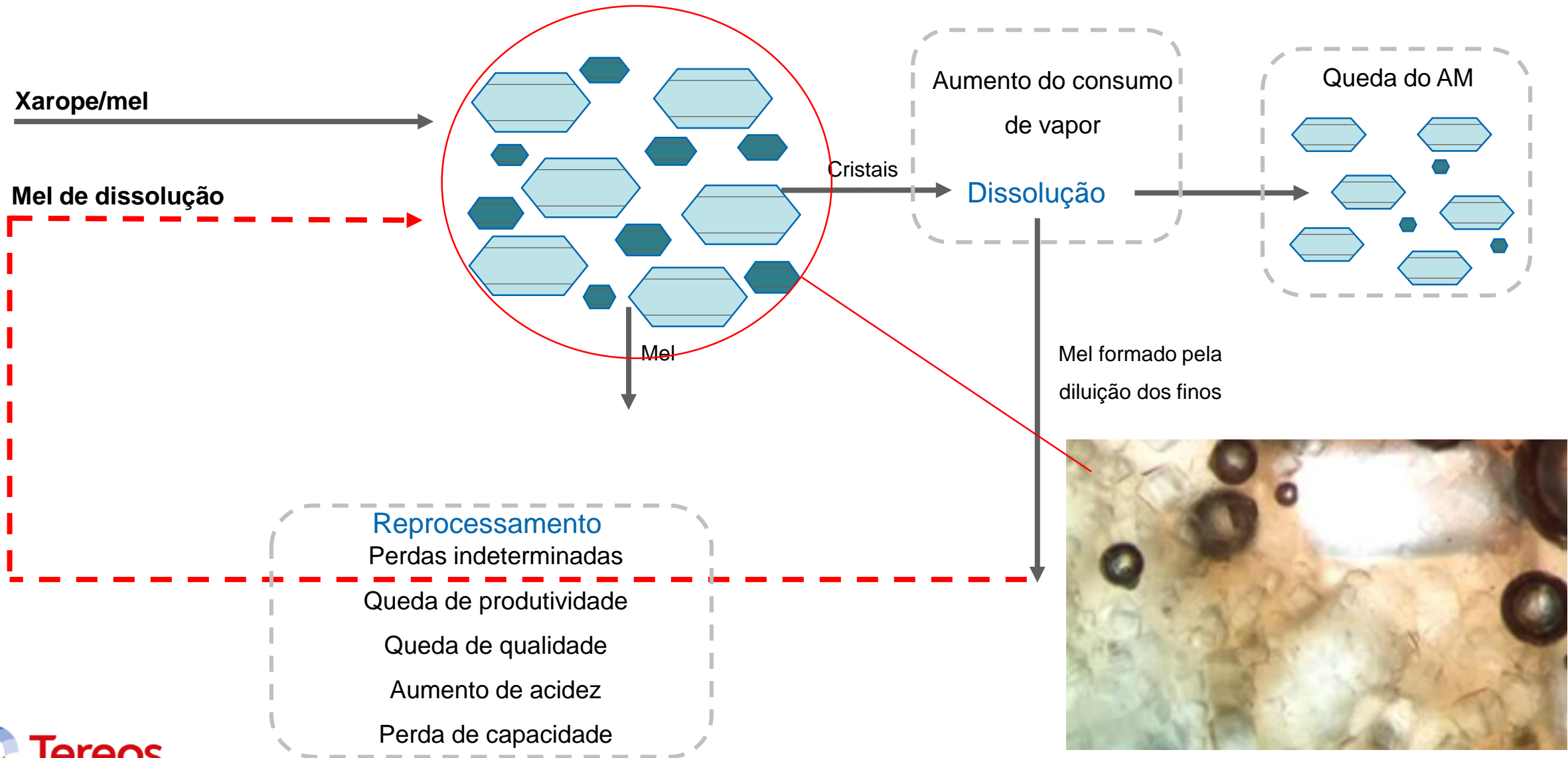
Business Case – Cozimento 4.0

Importância do controle do processo de cozimento na produção de açúcar

- O cozimento é etapa limitante da produção de açúcar.
- Nesta fase, erros de condução pode levar a redução da produção e diminuir o esgotamento do mel.
- Busca do tamanho correto dos cristais e a uniformidade é um dos objetivos principais do processo
- Objetivo do controle: determinar a correta nucleação e garantir o crescimento dos cristais, na zona metaestável de supersaturação.
- Principais componentes dos controles: sensores mais precisos, análise de imagem, sensores virtuais para supersaturação, redes neurais, etc..



Capacidade de produção e rendimento da cristalização



Supersaturação - Conceito

A supersaturação dita a nucleação do cristal e crescimento durante os processos de cristalização. Indica o quanto uma solução de açúcar está acima da solubilidade

- **Função de supersaturação = f (C, Pur, T, m, b, c)**

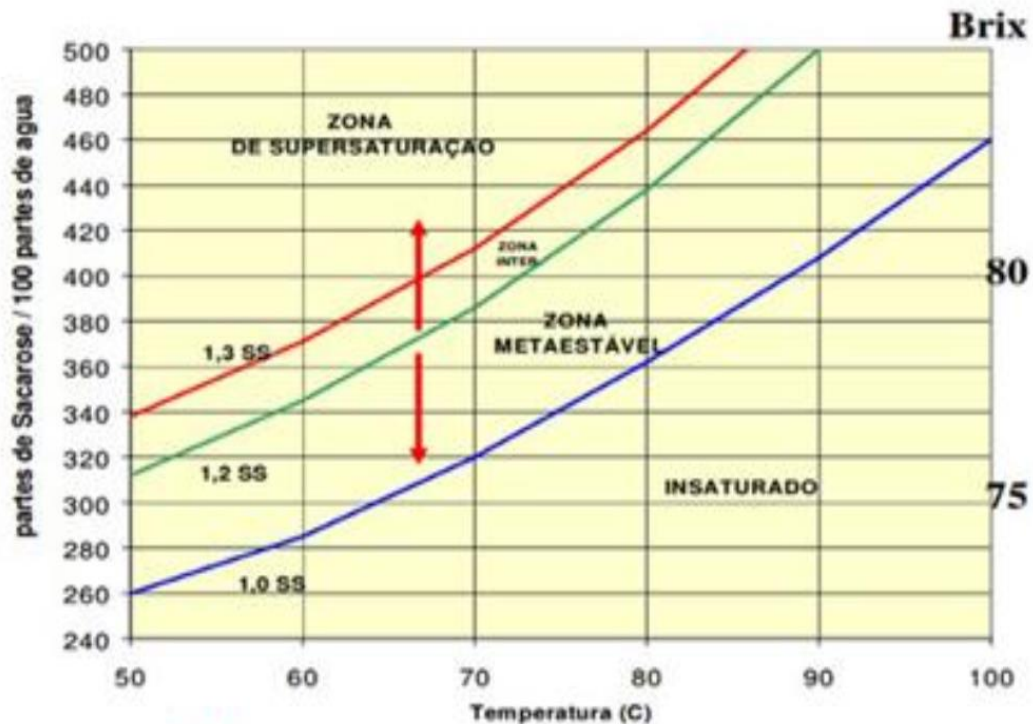
C: concentração (brix) de xarope/licor mãe (%)

Pureza : xarope / licor mãe (%)

T: temperatura xarope/licor-mãe (°C)

m, b, c : Parâmetros de qualidade em função da matéria-prima (-)

Zonas de supersaturação – Como é formado o cristal



Zona metaestável: trata-se de um nível de supersaturação, em que os cristais existentes na solução crescem a partir do açúcar em solução, mas não ocorre a formação espontânea de cristais de sacarose.

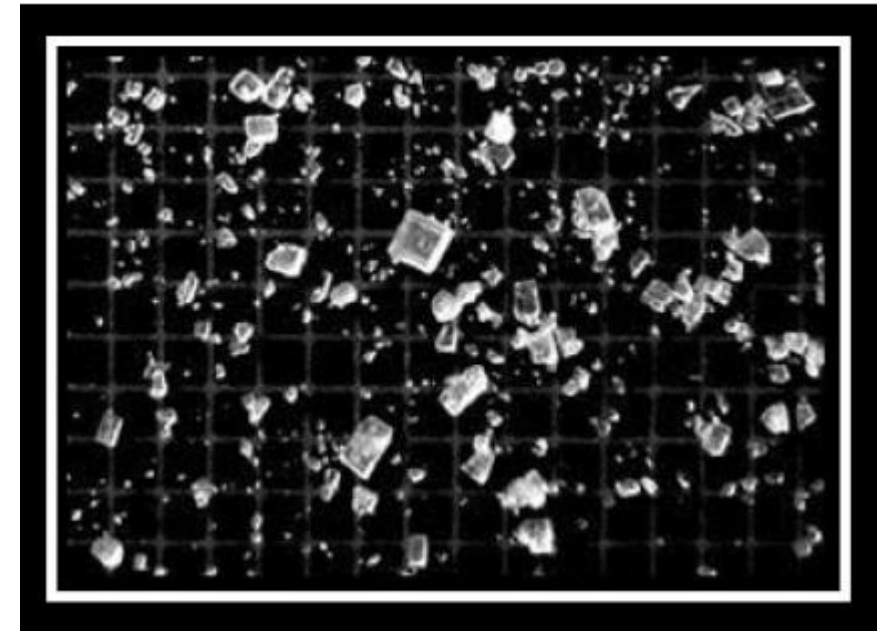
Zona intermediária: nesta região os cristais existentes crescem e podem surgir novos cristais (nucleação espontânea), caso a solução contenha cristais de sacarose que induzem a formação de novos núcleos.

Zona lábil: nesta zona de supersaturação, os cristais surgem espontaneamente, mesmo que na solução não exista nenhum cristal presente. No cozimento, essa zona é descrita como a zona de formação de falso grão ou pó-de-açúcar.

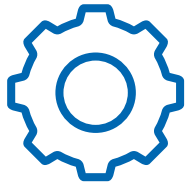
Impacto da supersaturação: qualidade do produto, rendimento e custo de produção

A supersaturação é o mais importante parâmetro de cristalização afetando os seguintes parâmetros:

- Tamanho médio do cristal (AM)
- Uniformidade (Coeficiente de Variação, CV)
- Strike time
- Supersaturação excessiva resulta em má qualidade do cristal e formação de conglomerados



Solução: Cristalização de Alta Performance



Desafio

- Necessidade de otimizar o processo de cozimento através da medição da supersaturação.
- Operador utiliza uma referência de concentração (Brix) para injeção da semente, e coleta uma amostra do cozedor para verificar a consistência com os dedos – “ponto de fio”



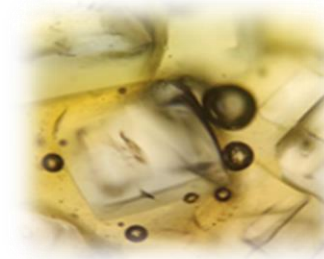
Solução

- Utilizar sensor virtual para injeção da semente em um nível programado de supersaturação, calculado em tempo real, e atuação sobre o vapor e pressão do cozimento para evitar excesso de concentração.



Benefícios

- Aumento da recuperação;
- Economia de vapor;
- Aumento de teor de cristais;
- Ganhos de qualidade;
- Uso de supersaturação para otimizar o controle da cristalização.



Timeline do Projeto

Implantação i4.0

Out/2019

Dentro do programa 4.0 sentimos a necessidade de otimizar o processo de cozimento através da medição da supersaturação.

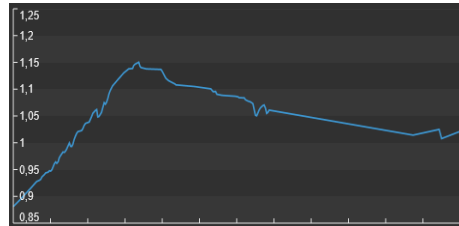


Foram realizados os ajustes preparatórios para a instalação do Seed master

Piloto

2020

Trabalhamos na safra 2020 controlando o cozimento a partir da leitura da supersaturação



O controle da supersaturação atuou trazendo resultados de qualidade

- **CV açúcar: 39,77% - 19,06%**
- **Passante: 2,06% - 0,03%**
- **Economia de 8Kt de biomassa**

Criação do Modelo

Abril/2021

Sentimos a necessidade da replicação da leitura da supersaturação devido ao ganhos capturados.

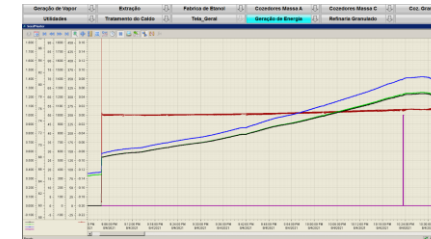


Nosso maior interesse era garantir a semeadura no ponto ideal evitando a formação de finos e sem capex para as unidades do grupo

Teste do Modelo - UICA

Junho/2021

Realizamos o teste do sensor na UICA com o objetivo de realizar comparativos com o SeedMaster.

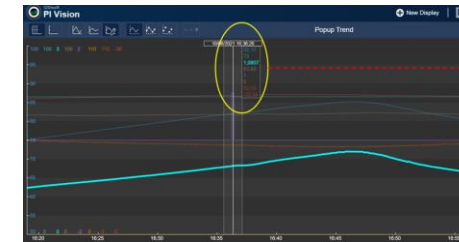


Após o ajuste da curva, o controle atuou com a leitura do sensor virtual.

Replicação

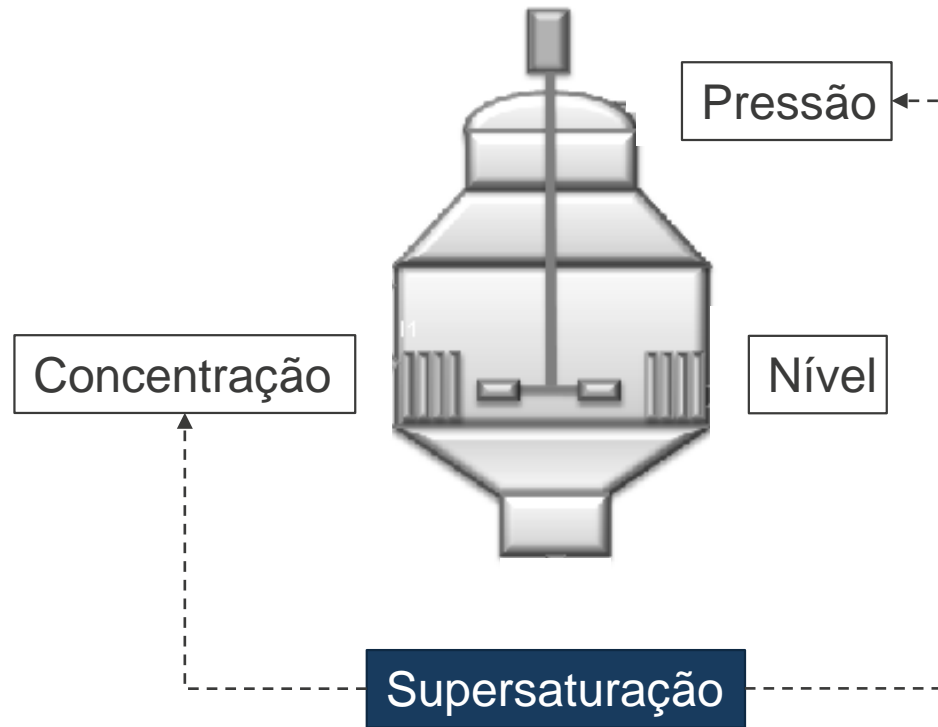
julho/2021

Implantamos o sensor virtual em todas as unidades da TSEB



A partir da leitura da supersaturação, já foi possível corrigir algumas operações.

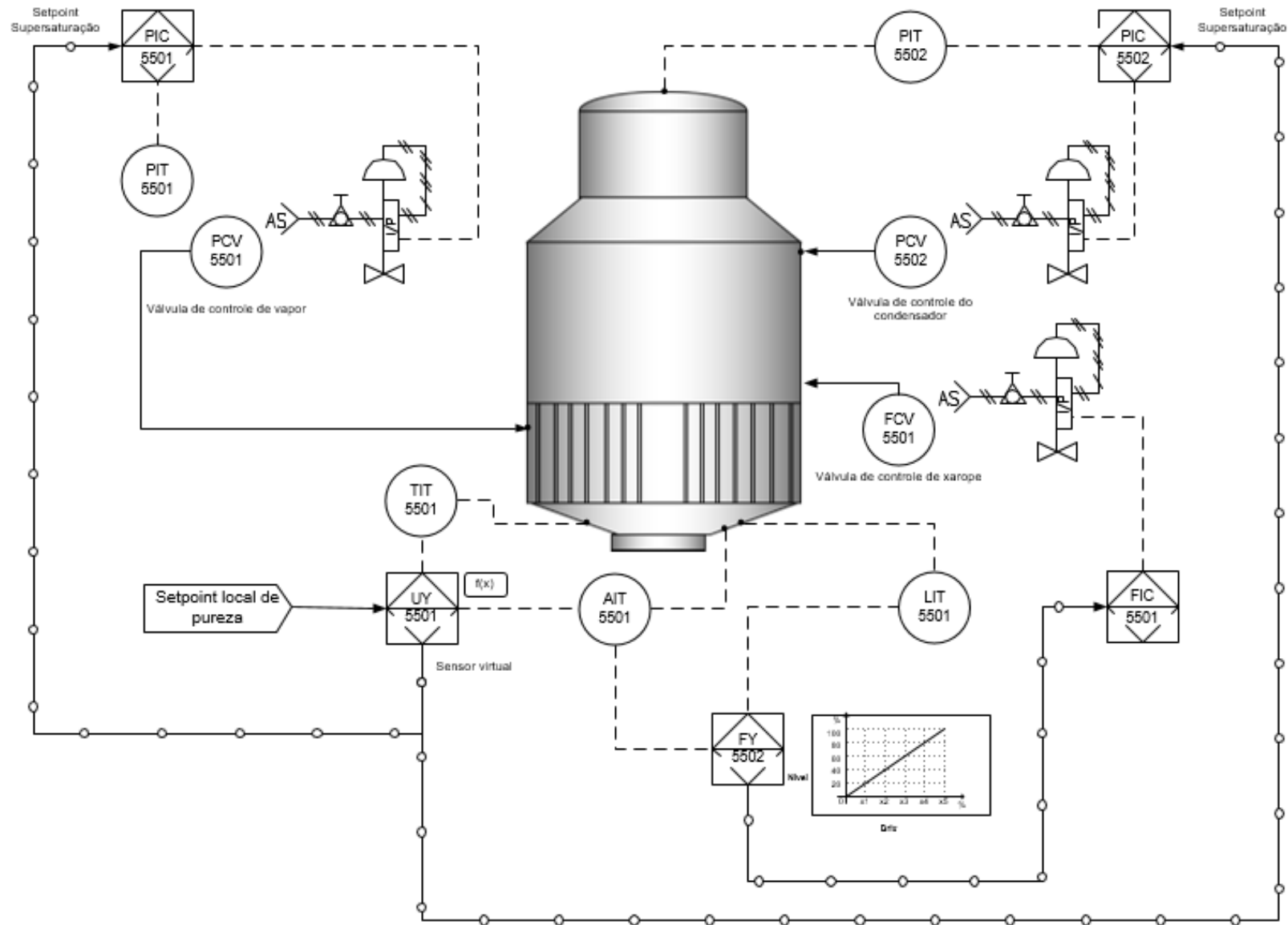
Supersaturação integrada ao controle existente do cozedor



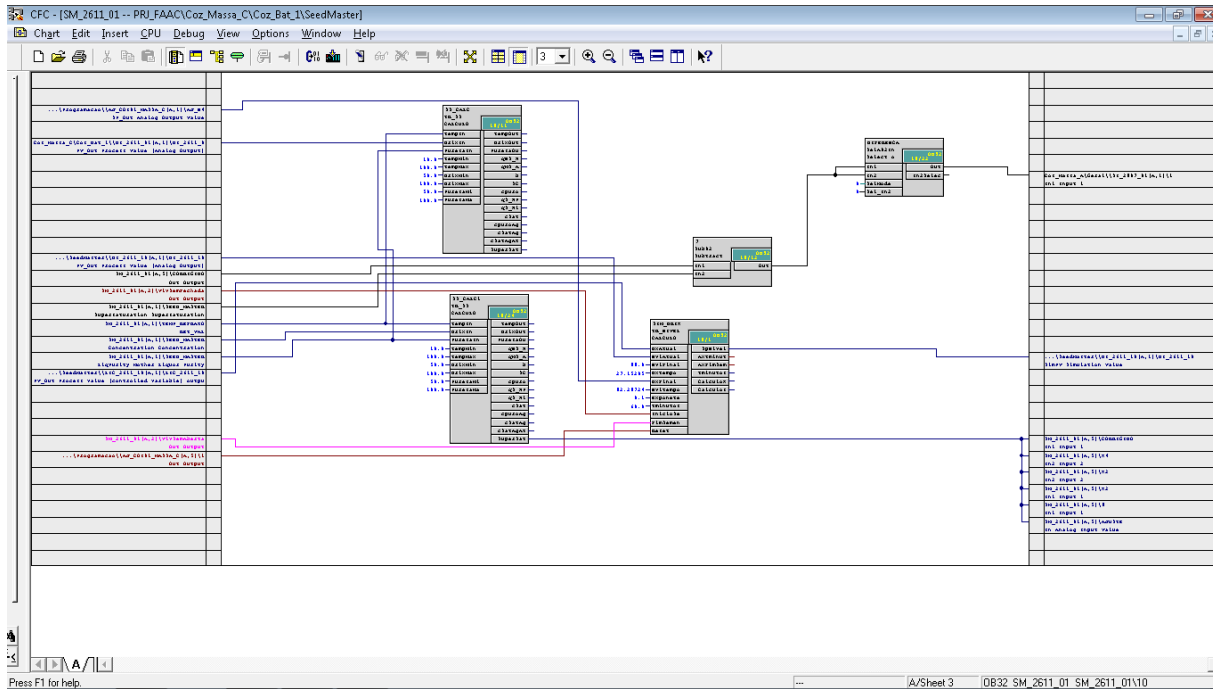
Malhas de controle padrão do cozedor batelada

- Foi desenvolvida uma malha de controle de supersaturação atuando em cascata com as malhas de concentração e pressão (vazio) do cozedor
- Utiliza o valor de supersaturação do sensor virtual
- Atua também sobre a válvula de injeção da semente
- Aplica uma correção na abertura/fechamento da válvula de vapor e da pressão do cozedor no período de injeção da semente

Supersaturação integrada ao controle existente do cozedor



Implementação da lógica no PCS7



```
SCL - [TR_SS -- PRJ_FAAAC\AS_FAAAC\AS_FAAAC_A]
File Edit Insert PLC Debug View Options Window Help
...
FUNCTION BLOCK TR_SS
  TITLE = 'TR_SS'
  // - CALCULO DE SUPERSATURACAO - COZIMENTO
  NAME:TR_SS
  FAMILY:CALCULO
  AUTHOR:TEREOS
  VERSION:'1.0'
  KNOW_HOW_PROTECT
  //-----
  //----- Parametros de Entrada -----
  //-----
  VAR_INPUT
    TempIn      (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 0.0; //Temperatura Real Cozedor
    BrixIn      (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 0.0; //Brix Real Cozedor
    PurezaIn    (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 0.0; //Pureza Real do Cozedor

    TempMin    (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 10.0; //Temperatura Minima
    TempMax    (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 100.0; //Temperatura Maxima

    BrixMin    (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 50.0; //Brix Minimo
    BrixMax    (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 100.0; //Brix Maximo

    PurezaMin  (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 50.0; //Pureza Minima
    PurezaMax  (S7_dynamic='true'; S7_visible :='true'; S7_m_c:='true') :REAL := 100.0; //Pureza Maxima

  END_VAR

  //-----
  //----- Parametros de Entrada e Saída -----
  //-----
  VAR_IN_OUT
  END_VAR
  //-----
  //-----
```

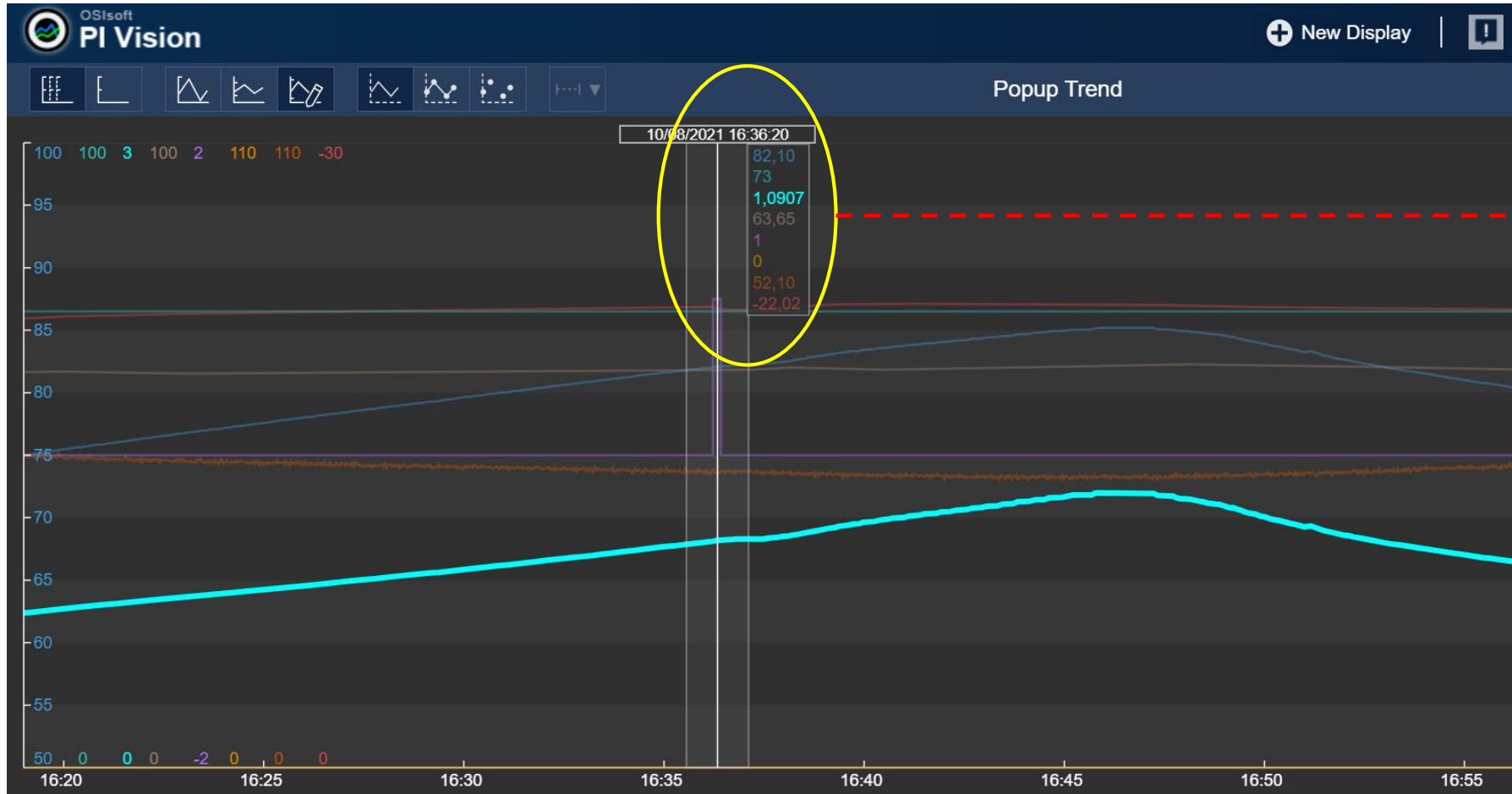
The screenshot shows the SCL editor for a function block named 'TR_SS'. The code is in Portuguese and describes a calculation for supersaturation during the cooking process. It includes a title, author information, and a list of input parameters with their data types and initial values. The parameters are: TempIn, BrixIn, PurezaIn, TempMin, TempMax, BrixMin, BrixMax, PurezaMin, and PurezaMax. The status bar at the bottom indicates 'Ln 1 Col 1' and 'INS'.

Exemplo de aplicação na unidade São José (UISJ) – laço aberto



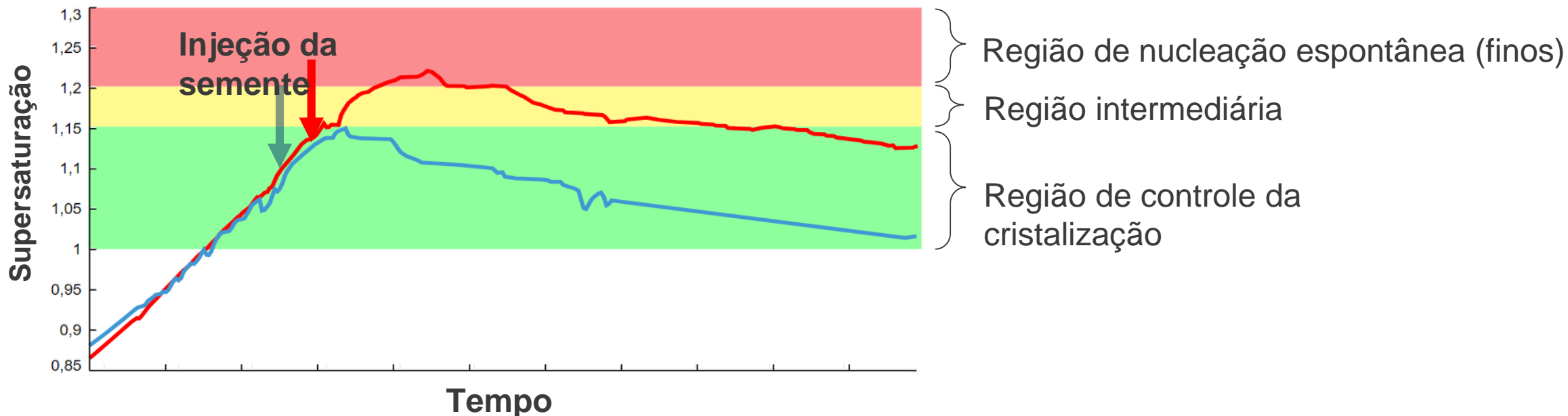
- Válvula de semente abrindo no ponto de concentração indicado.
- Após a implantação do sensor, foi possível notar que a semeadura estava sendo realizada na zona lábil.

Exemplo de aplicação na unidade São José (UISJ) – laço fechado



- UISJ passou a injetar a semente dentro da zona metaestável.
- Foi necessário aumentar o volume de semente.

Resultado em 2 bateladas de cristalização – unidade Cruz Alta



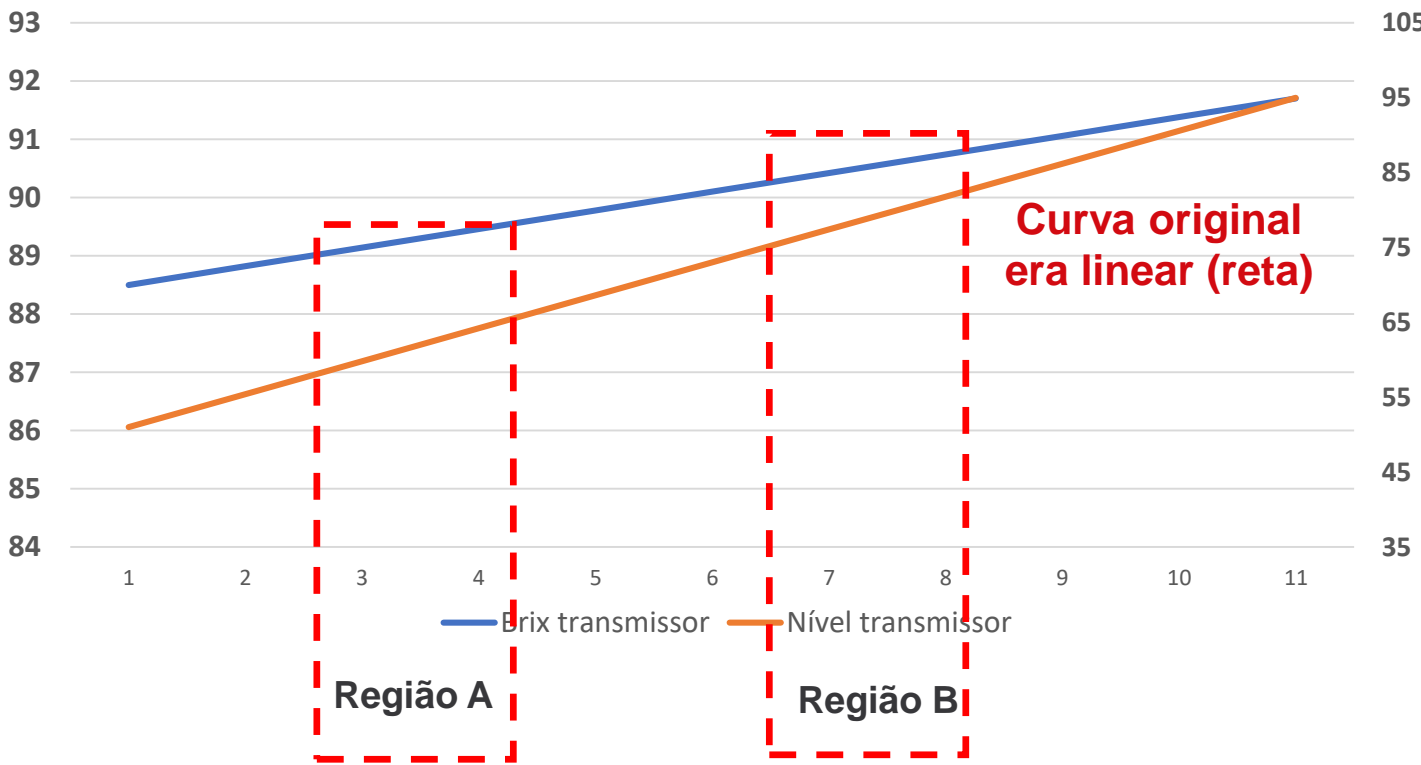
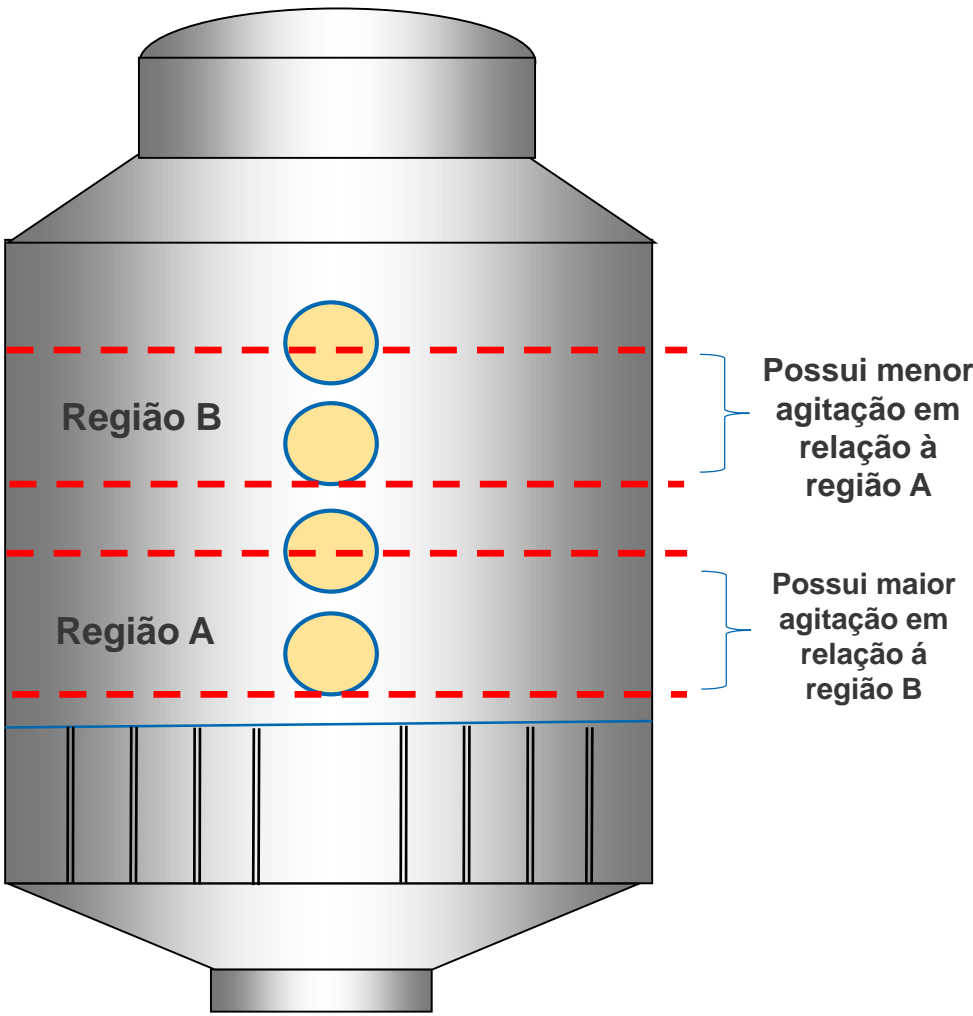
— Sem controle por supersaturação

- Operador utiliza uma referência de concentração (Brix) para injeção da semente, e coleta uma amostra do cozedor para verificar a consistência com os dedos – “ponto de fio”
- CV açúcar: 39,77%
- Passante na peneira – fundo: 2,06%

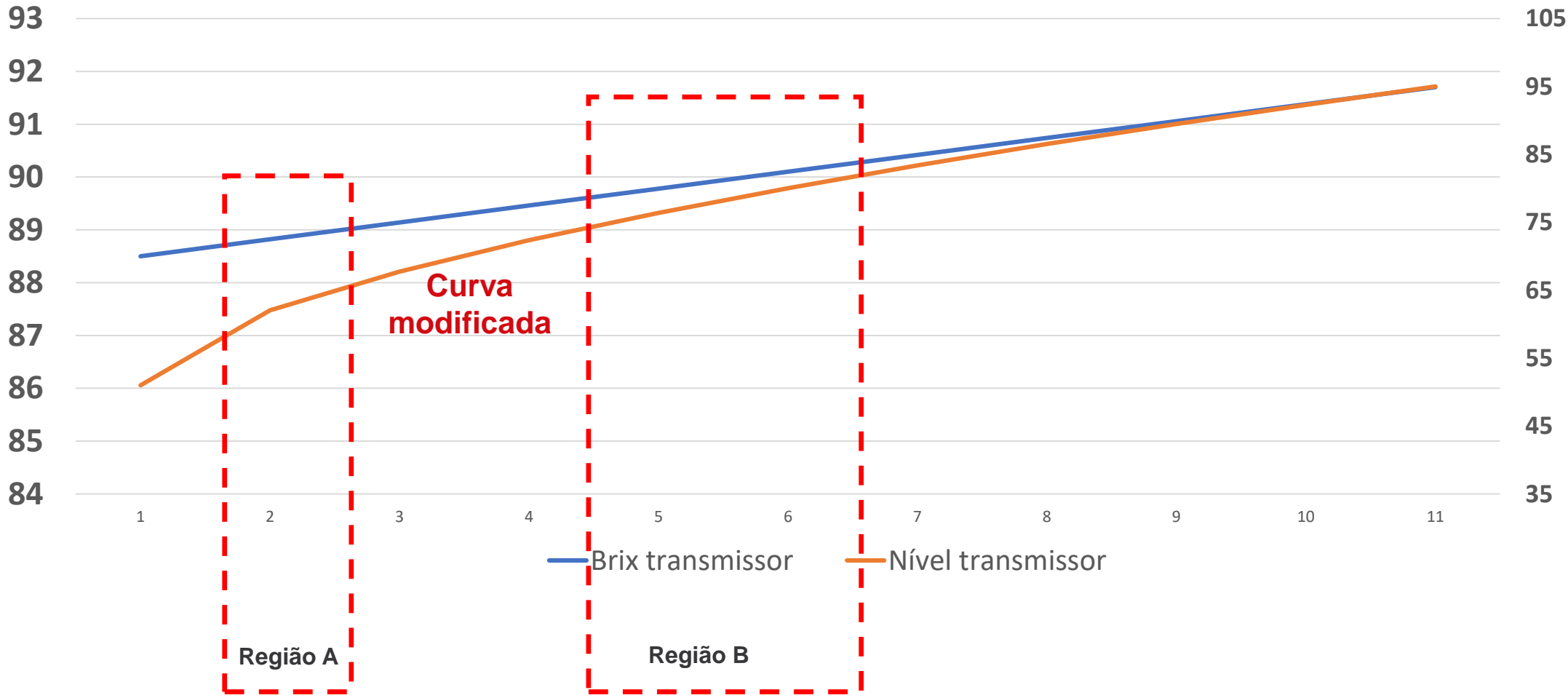
— Com controle por supersaturação

- Injeção da semente em um nível programado de supersaturação, calculado em tempo real, e atuação sobre o vapor e pressão do cozimento para evitar excesso de concentração.
- CV açúcar: 19,60%
- Passante na peneira – fundo: 0,03%

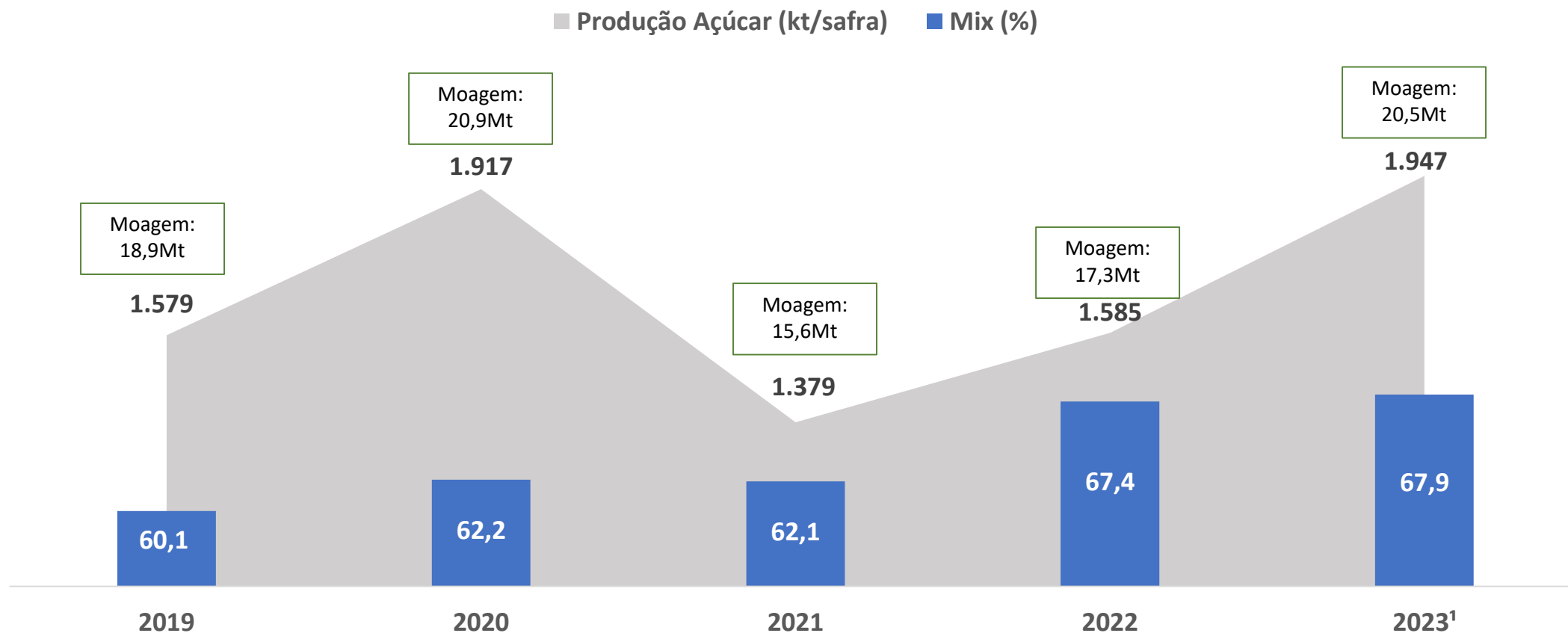
Além do controle de supersaturação, a curva de enchimento também foi otimizada



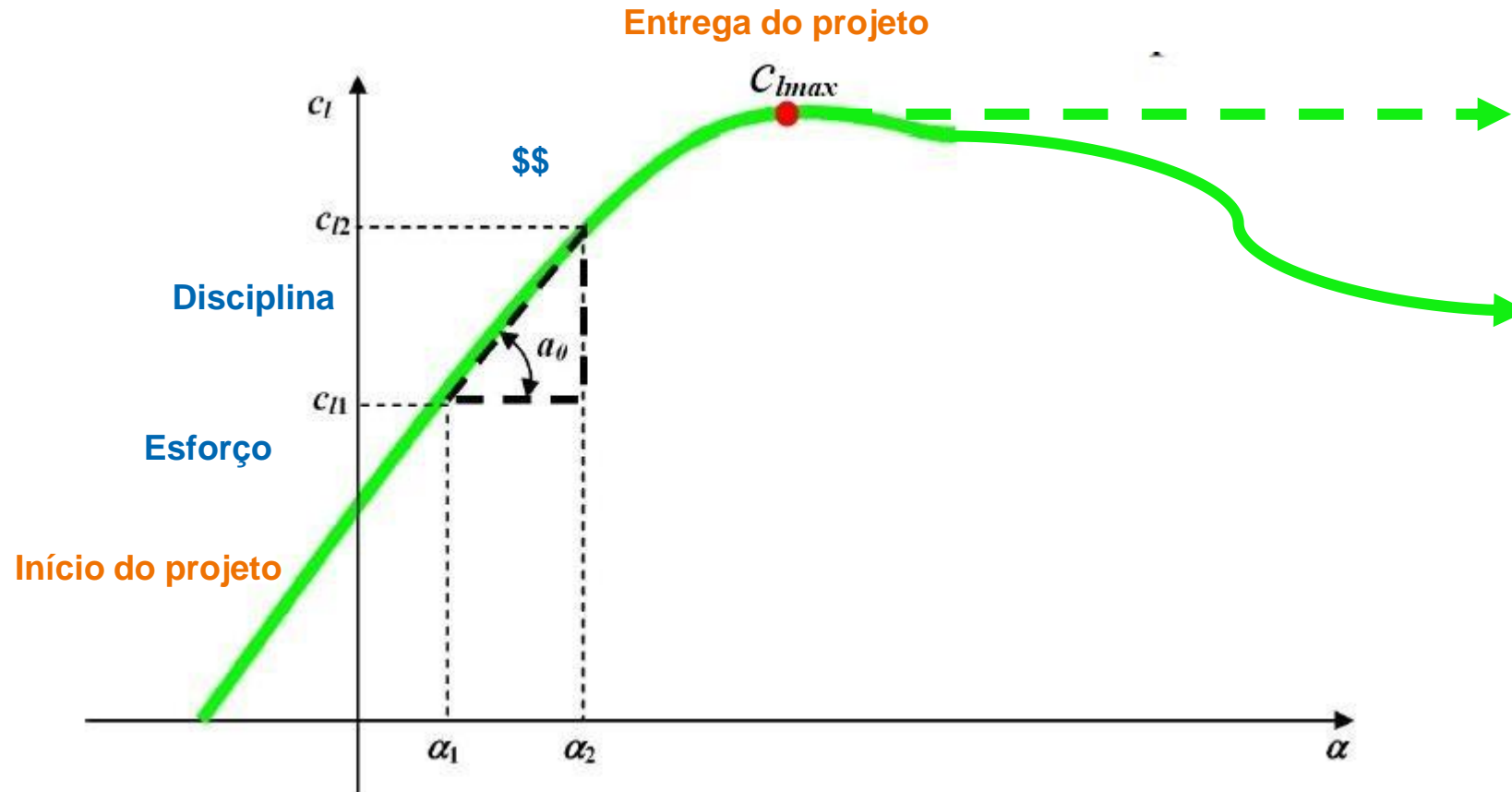
Foi introduzido um coeficiente para modificar a curvatura do enchimento, aproveitando a região de melhor agitação



A Tereos vem buscando maximizar a produção de açúcar no seu mix de produtos

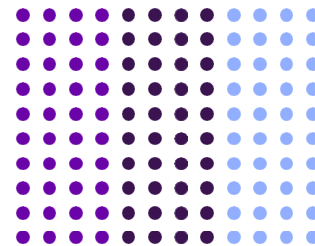
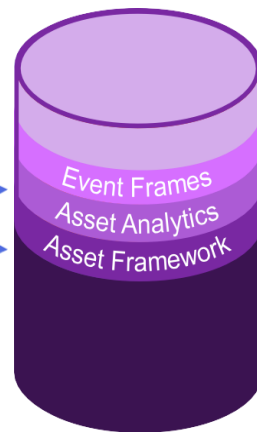
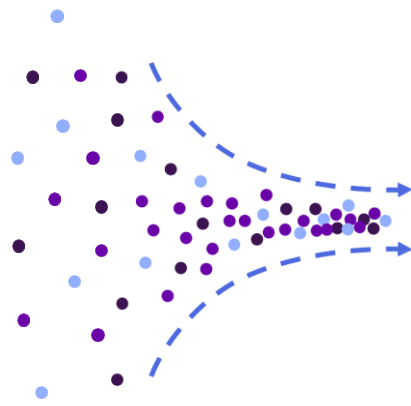
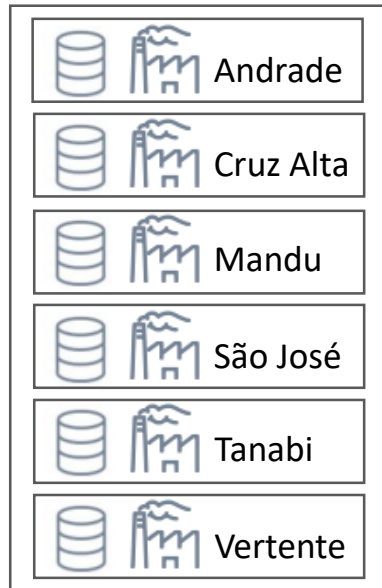


Para sustentar os ganhos após a implantação é necessário acompanhar a performance/utilização das tecnologias

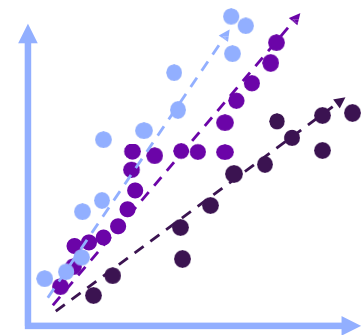


Solução: Torre de Controle de Automação

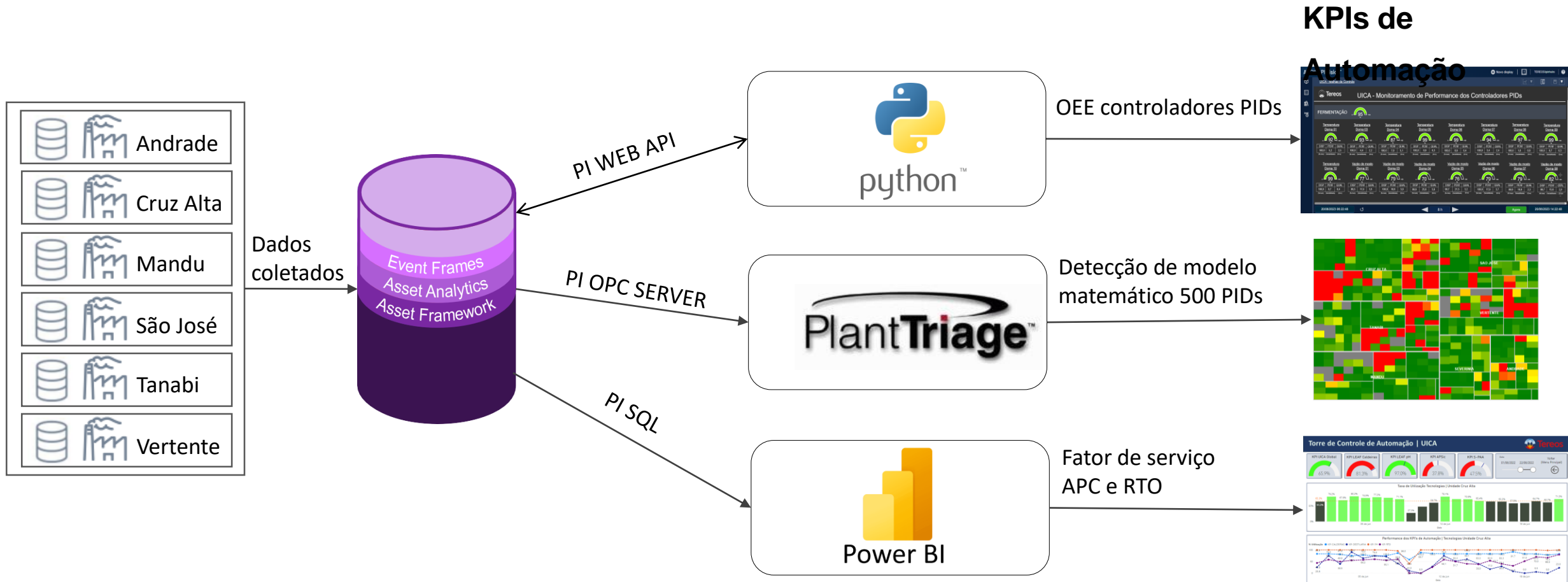
Transformar dados em inteligência operacional



TORRE DE CONTROLE DE AUTOMAÇÃO



Para sustentar os ganhos após a implantação é necessário acompanhar a performance/utilização das tecnologias



Finalizando...

Cozimento 4.0 vai além de tecnologia...



Tecnologia



Processos e modelo operacional



Pessoas e Habilidades



Muito Obrigado pela Atenção!

Everton Carpanezi

everton.carpanezi@tereos.com





Tereos