



21º SBA

26 E 27 DE OUTUBRO

CONTROLE VS EFICIÊNCIA

- Evolução das Eficiências Industriais
- Operação Assistida e Estatística do Processo.

Henrique Berbert de Amorim Neto



A Fermentec 45 anos



Um time sênior com 56 profissionais, multidisciplinar e infraestrutura tecnológica proporcionamos pioneirismo e exclusividade através de Consultoria, Engenharia, Capacitação de pessoas, Eventos, Pesquisa e Desenvolvimento ao setor sucroenergético.

Objetivo: Reduzir perdas, aumentar rendimento e o resultado financeiro de forma sustentável e competitiva.



A Fermentec em Números:

75%

Da **produção sucroenergética nacional** tem tecnologia Fermentec

+7bi

De **litros de etanol** produzidos por nossos clientes

70%

Do **etanol produzido no Brasil** utilizam leveduras desenvolvidas pela Fermentec

+1.000

Participantes nos eventos técnicos realizados anualmente para o setor

+136mi

De **toneladas de cana** foram processadas na safra 2022/23

+8.6mi

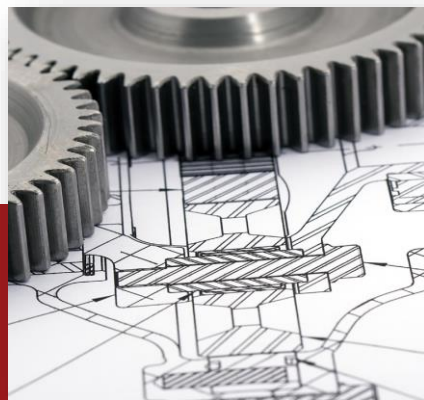
Milhões de **toneladas de açúcar** são produzidas pelos clientes Fermentec

Serviços na produção de Etanol e Açúcar



Consultoria

- ✓ Visitas técnicas nas usinas
- ✓ Suporte remoto
- ✓ Benchmarking
- ✓ Análise estatística
- ✓ GAOA (Indústria 4.0)
- ✓ Análises Laboratoriais
- ✓ Laboratório de microbiologia
- ✓ Laboratório de química



Engenharia

- ✓ Engenharia básica e conceitual
- ✓ Diagnóstico completo do processo: melhoria de performance
- ✓ Estudos de otimização energética e em fábrica de açúcar
- ✓ Projetos de fermentação, bem como otimização de processos existentes
- ✓ Projetos de secagem de leveduras
- ✓ Balanços de massa, energia e hídrico
- ✓ Descritivo de automação e controle
- ✓ Supervisão de montagem
- ✓ Comissionamento e Start Up



Cursos e Treinamentos

- ✓ Curso de Balanço de Massa na Fermentação
- ✓ Curso de fabricação de açúcar
- ✓ Curso de Parâmetros de gestão industrial
- ✓ Curso Analista de Performance
- ✓ Treinamento de cromatografia
- ✓ Treinamento de controle microbiológico por microscopia
- ✓ Entre outros!



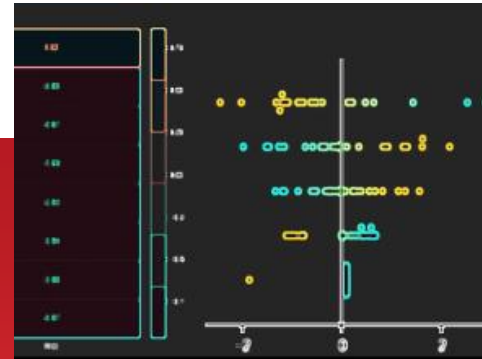
Pesquisa e Desenvolvimento

- ✓ Novas Tecnologias
- ✓ Novos Processos
- ✓ Testes de Produtos
- ✓ Testes de Equipamentos
- ✓ Parcerias Universidades no Brasil e exterior
- ✓ Leveduras selecionadas e personalizadas



ESG

Base de todas as pesquisas e inovações



Indústria 4.0

Intrínseco em todas as áreas da empresa.



HUB Inovação

Potencializando a inovação

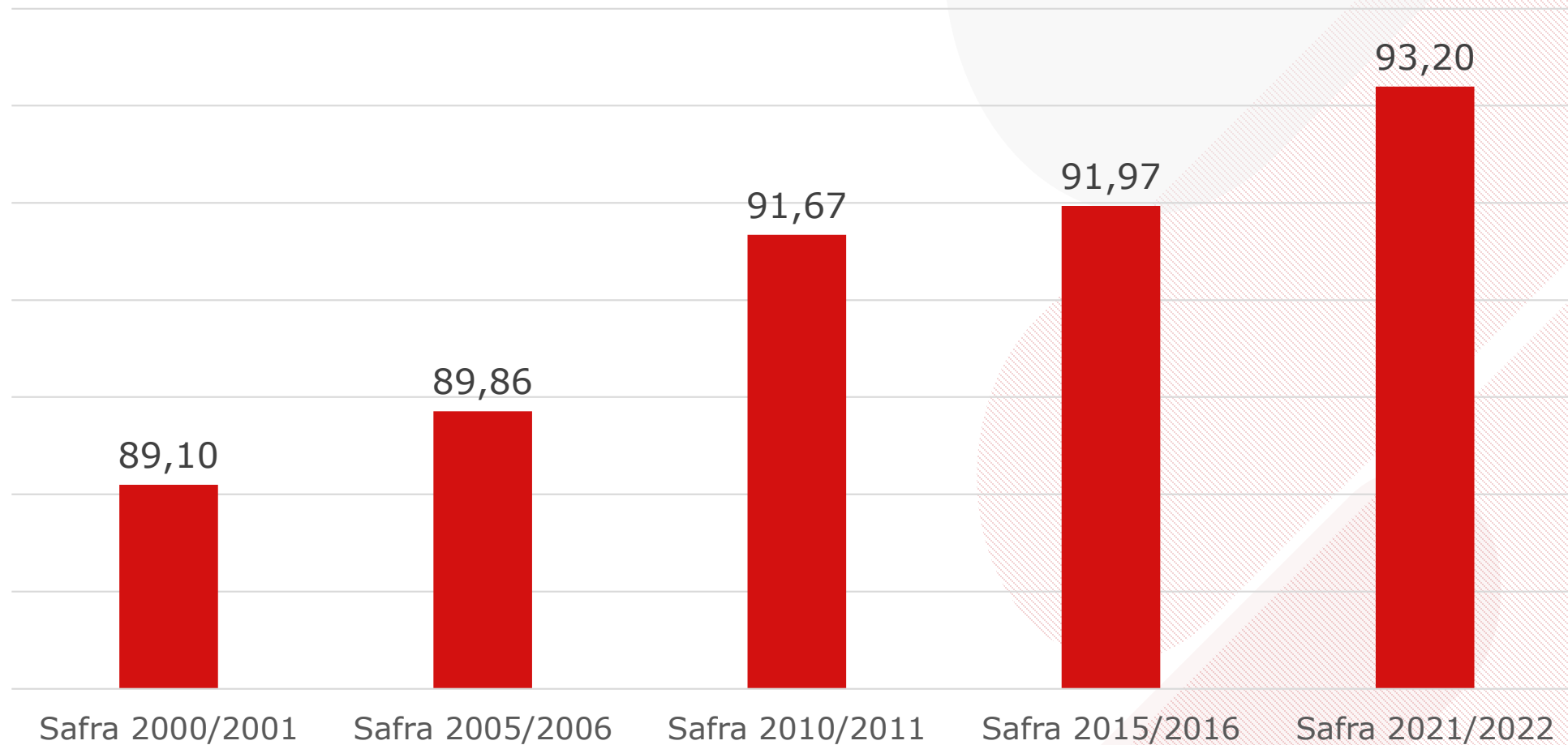


EVOLUÇÃO DAS EFICIÊNCIAS INDUSTRIAIS

BENCHMARKING FERMENTEC

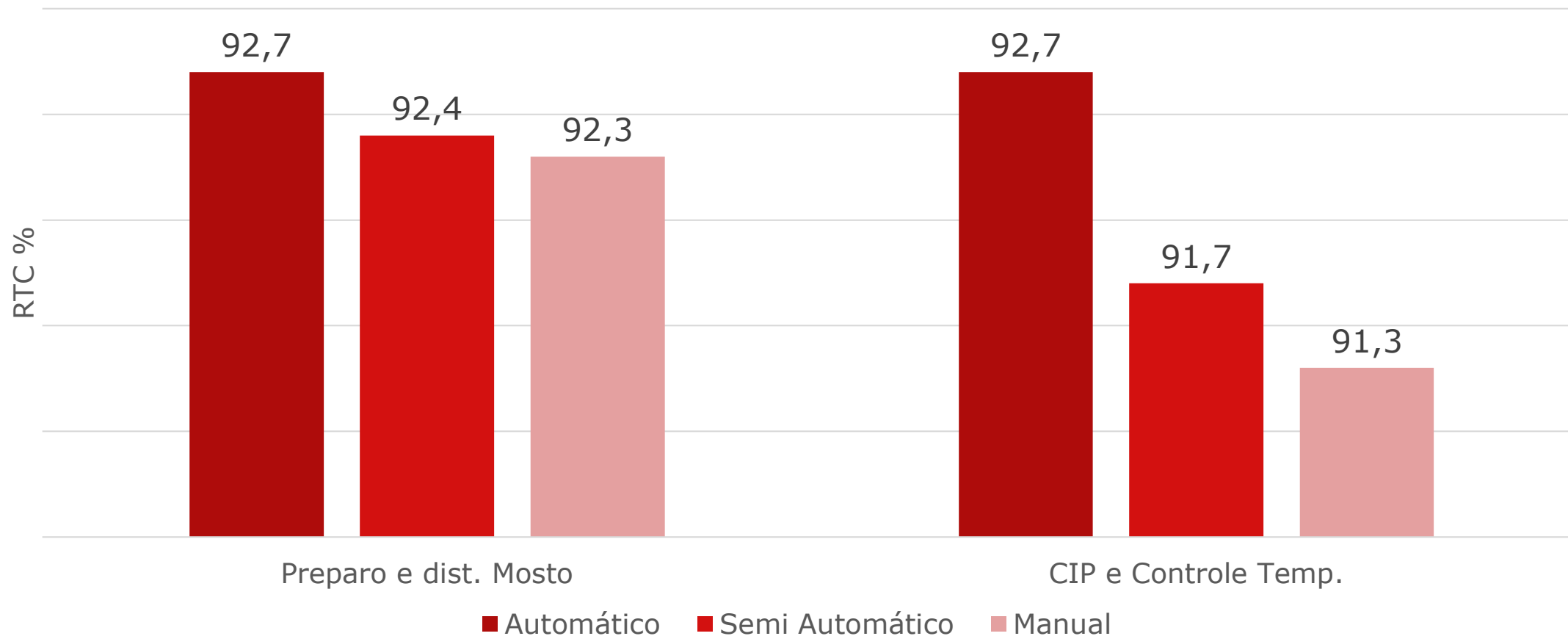
- Dados 100% auditados.
- Mesma métrica e frequência mínima.
- Dados inconsistentes são excluídos do levantamento.
- Avaliados
 - 267 usinas
 - 307 indicadores
 - 592.188.044,53 cana moída (ton.)

EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA INDUSTRIAL (RTC)



Fonte: Benckmarking Fermentec

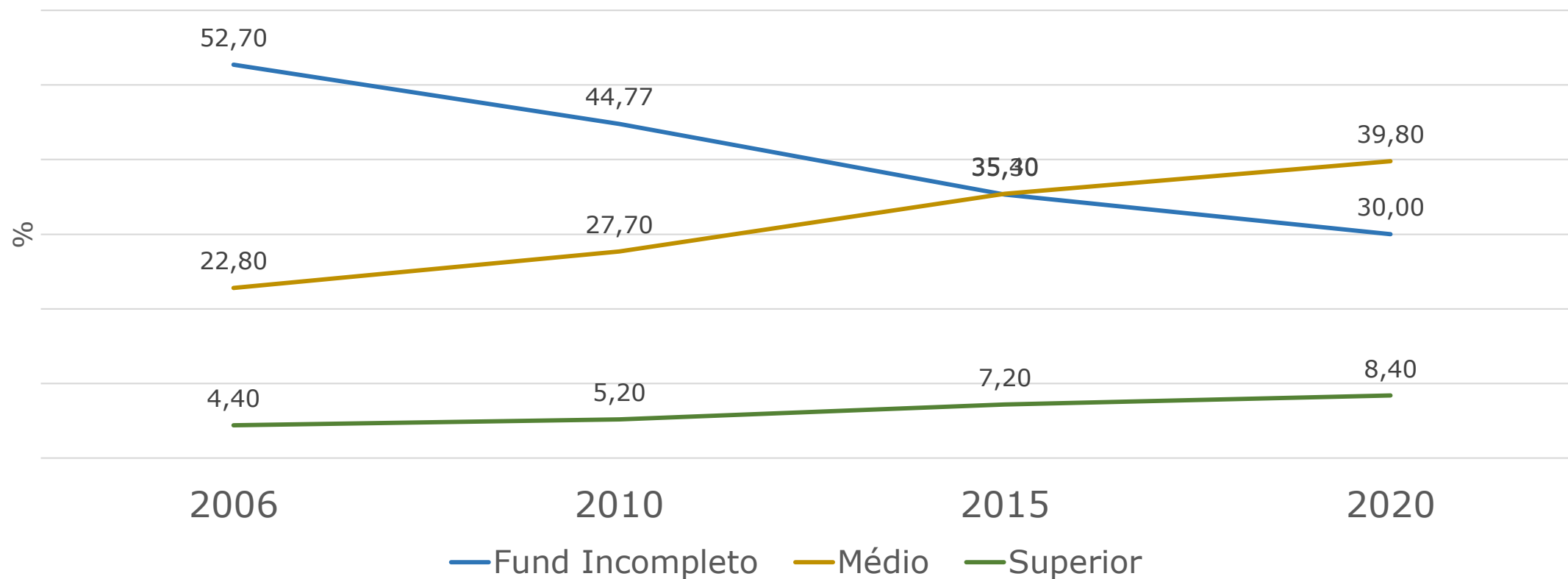
AUTOMAÇÃO - RENDIMENTO (RTC)



Fonte: Benckmarking Fermentec

PESSOAS

Escolaridade nas Usinas

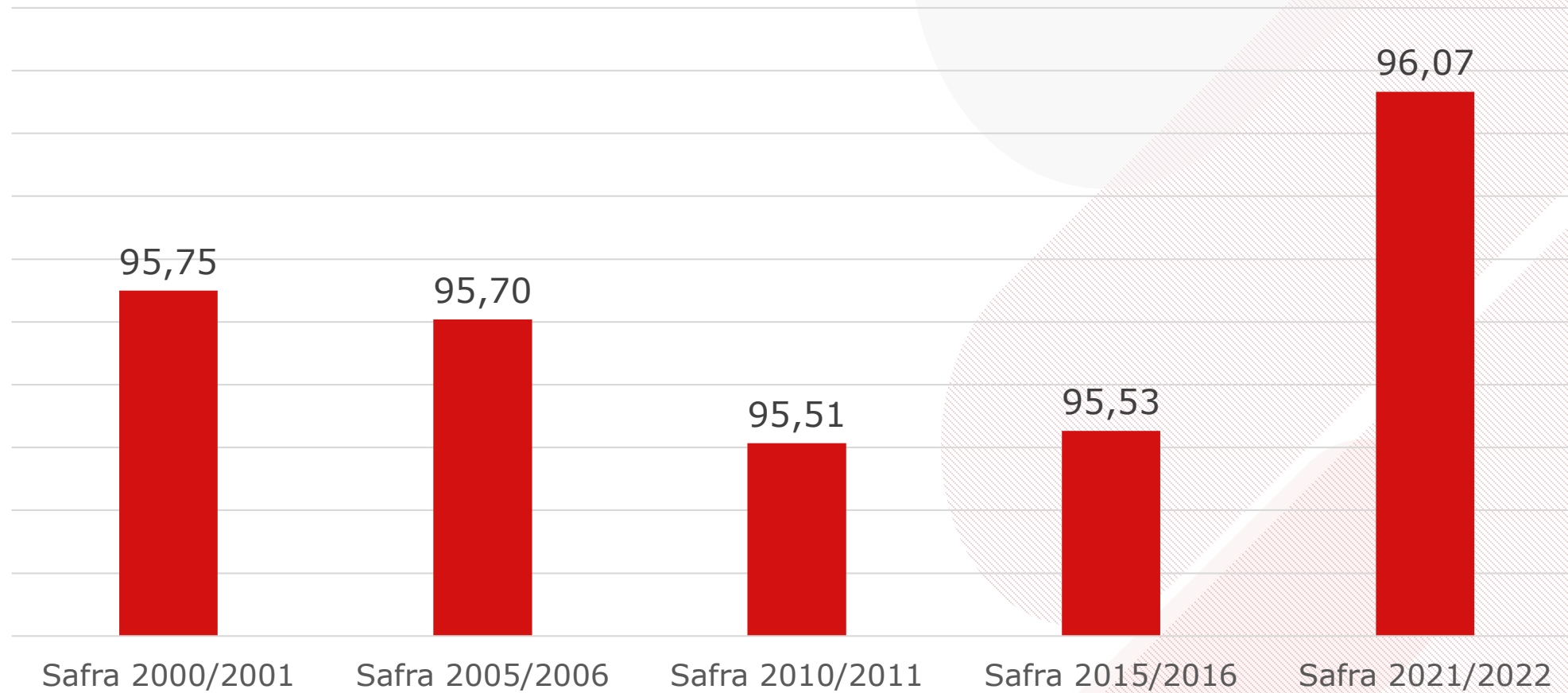


Fonte: Relação Anual de Informações Sociais, Empregos Formais, Estado de São Paulo, entre 2006 e 2020.
Escopo: Empregadores cuja atividade econômica principal seja: 0113000, 1071600,1931400,1932200.

LEVANTAMENTO

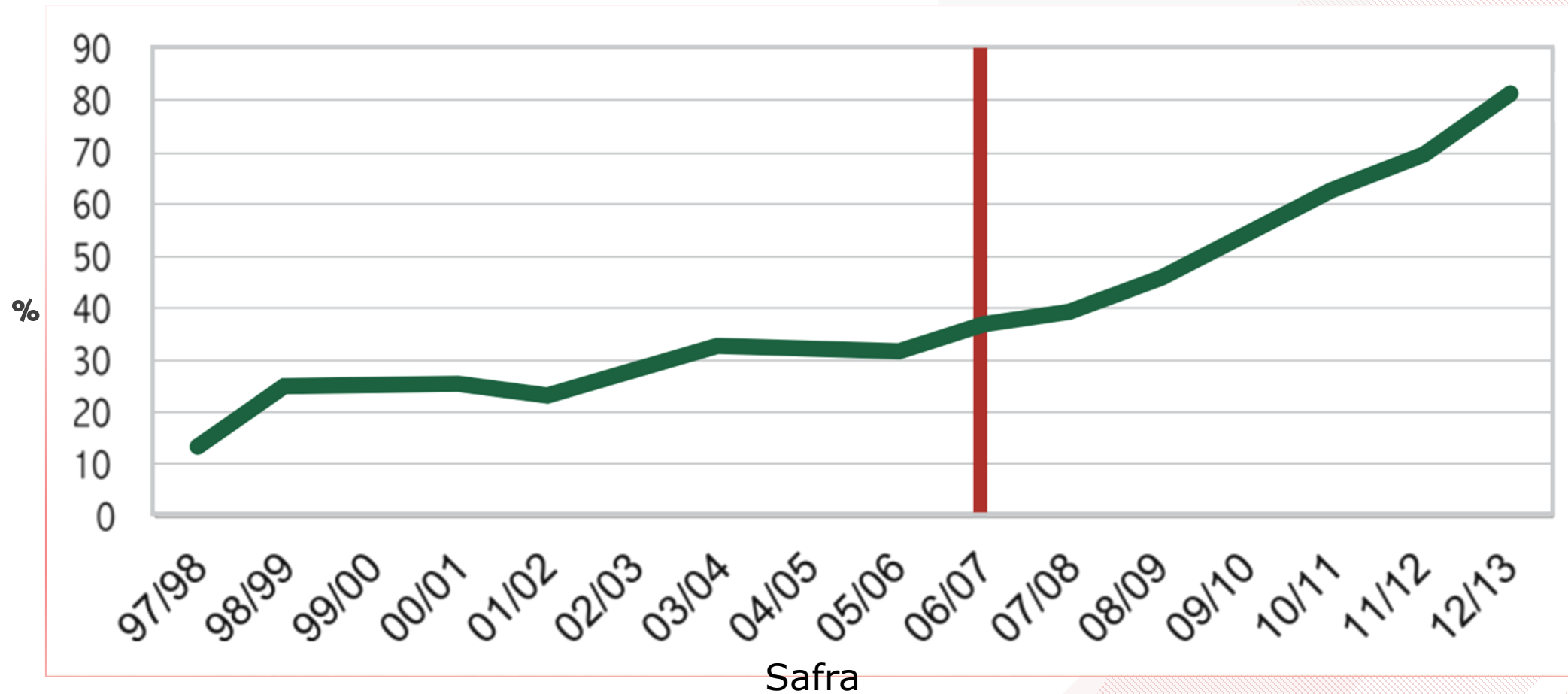
- Principais índices que impactaram no aumento do RTC
- Quais tecnologias que impactaram estes aumentos

EXTRAÇÃO TOTAL (%)



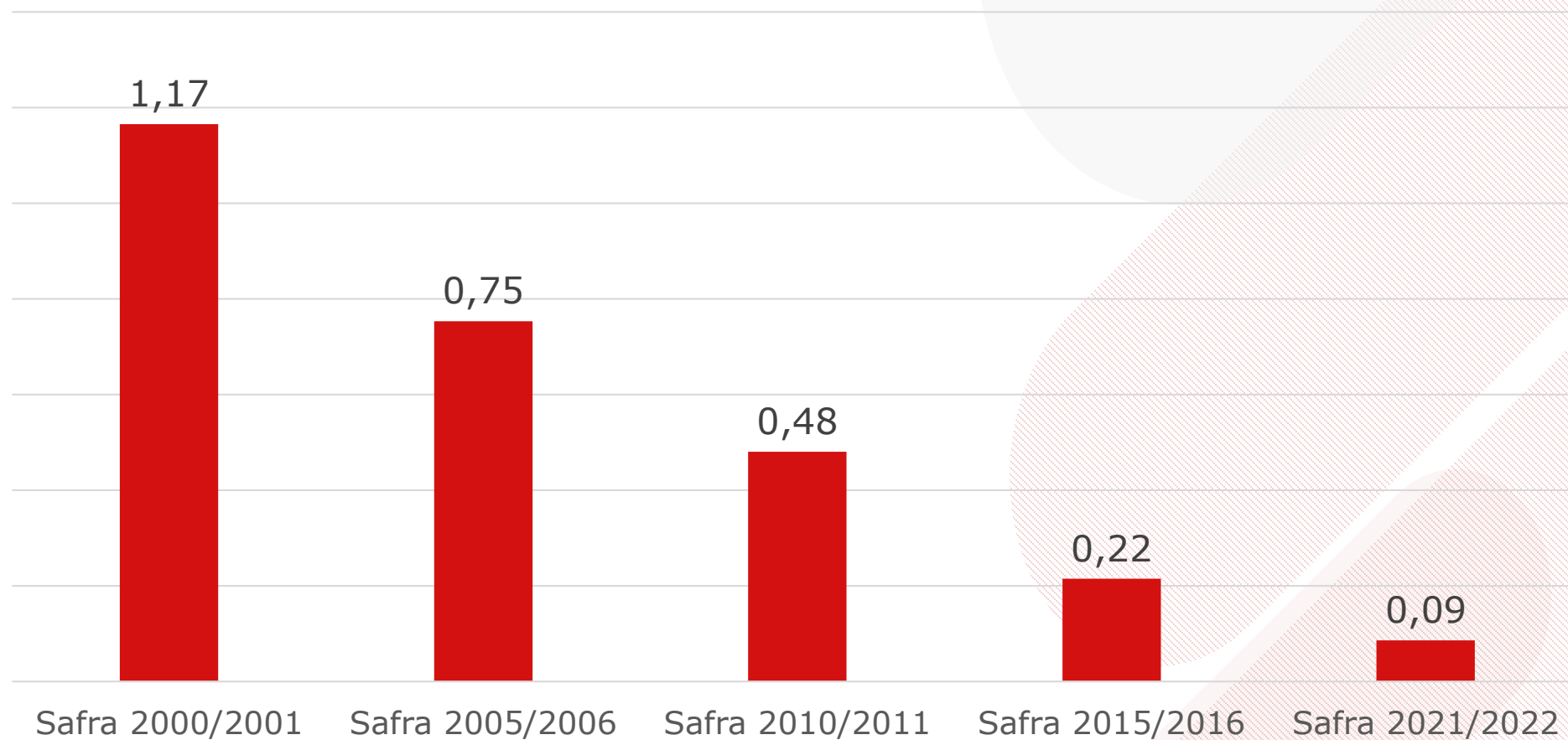
Fonte: Benckmarking Fermentec

EVOLUÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA (%)



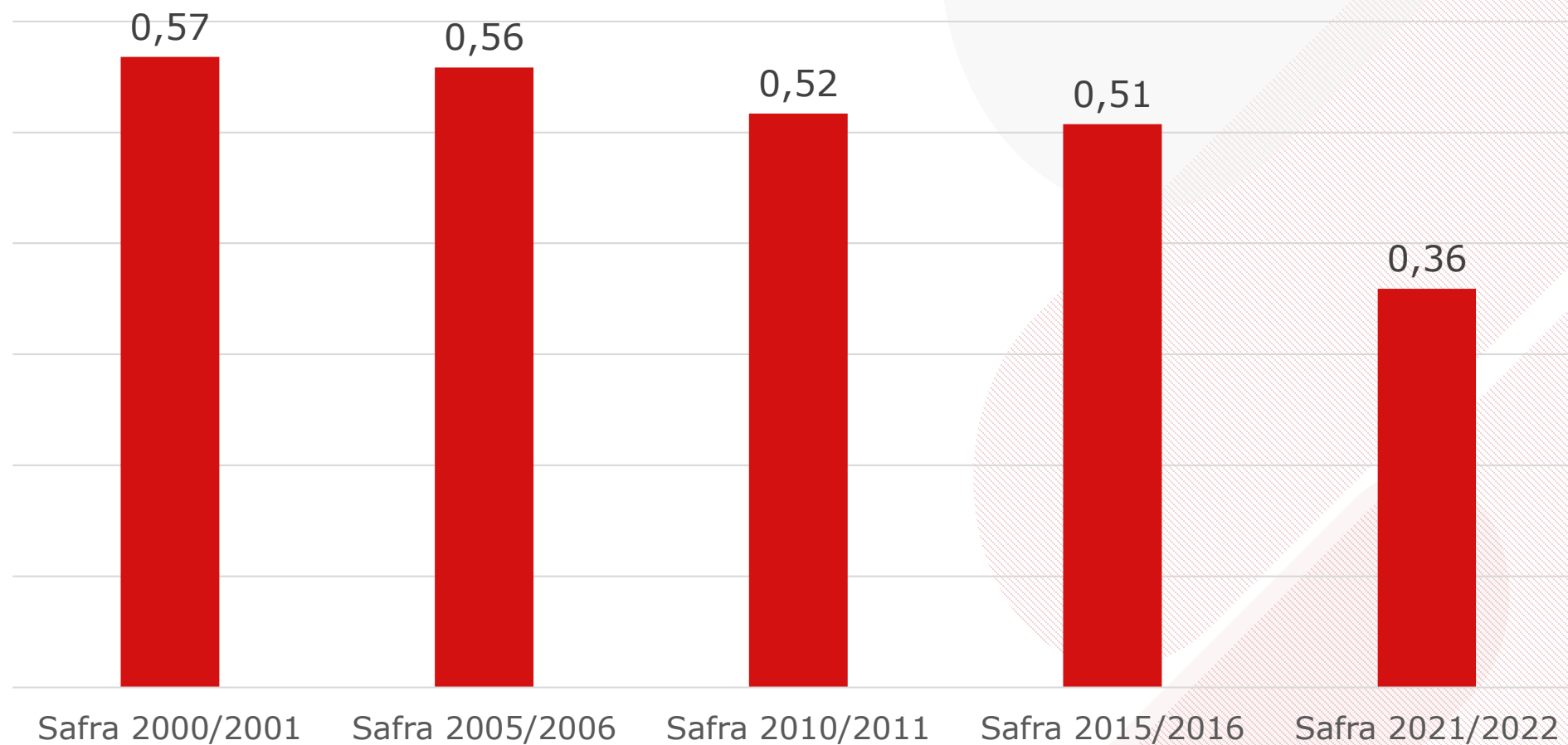
Fonte: RPA

PERDAS – ÁGUA DE LAVAGEM DE CANA (%)



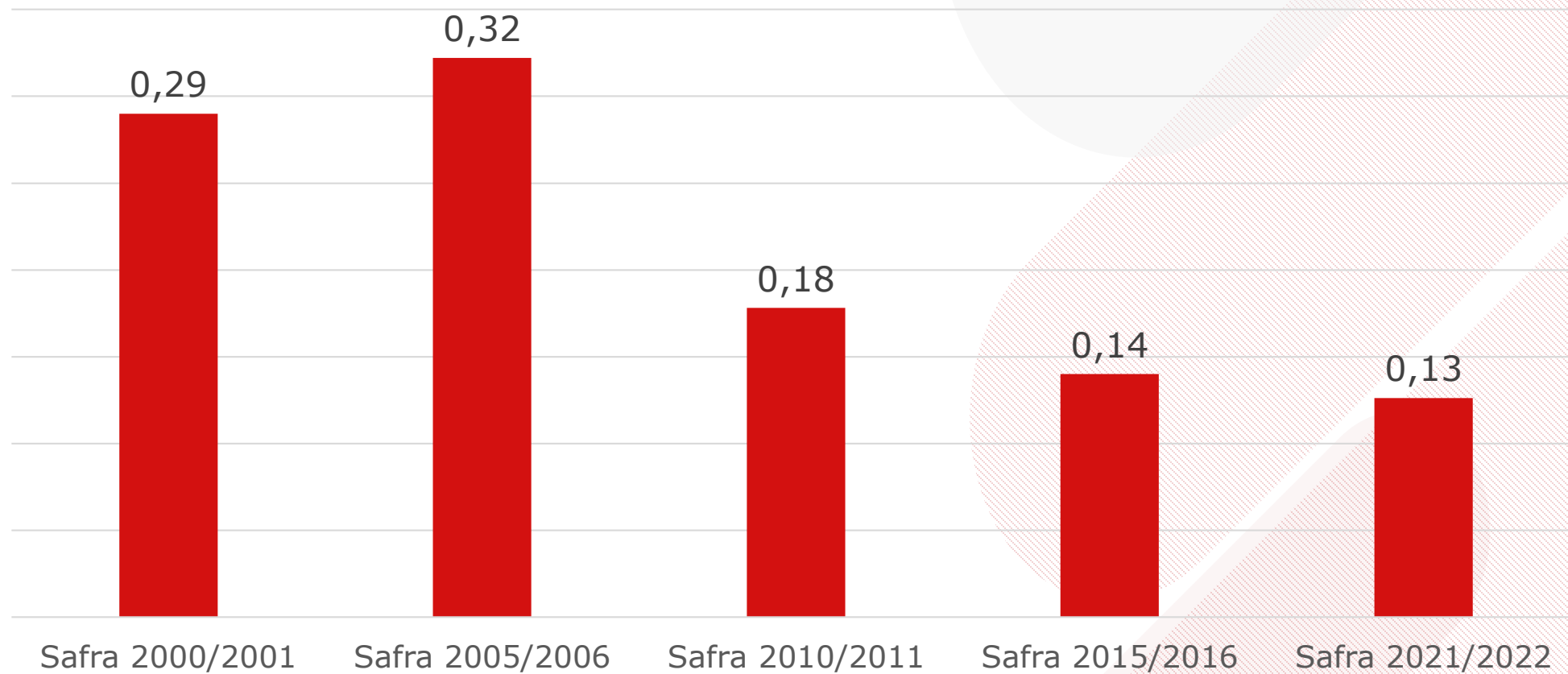
Fonte: Benckmarking Fermentec

PERDAS – TORTA DE FILTRO (%)



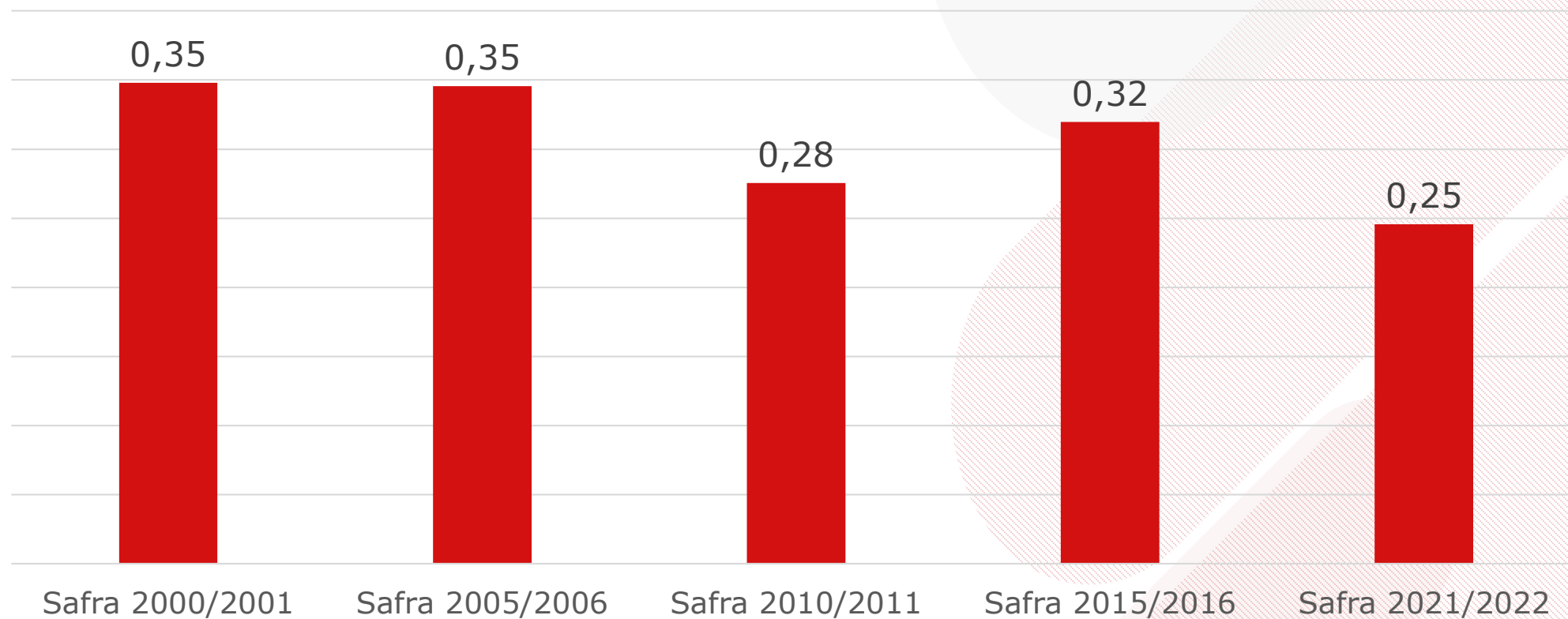
Fonte: Benckmarking Fermentec

PERDAS – ÁGUA DOS MULTIJATOS (%)



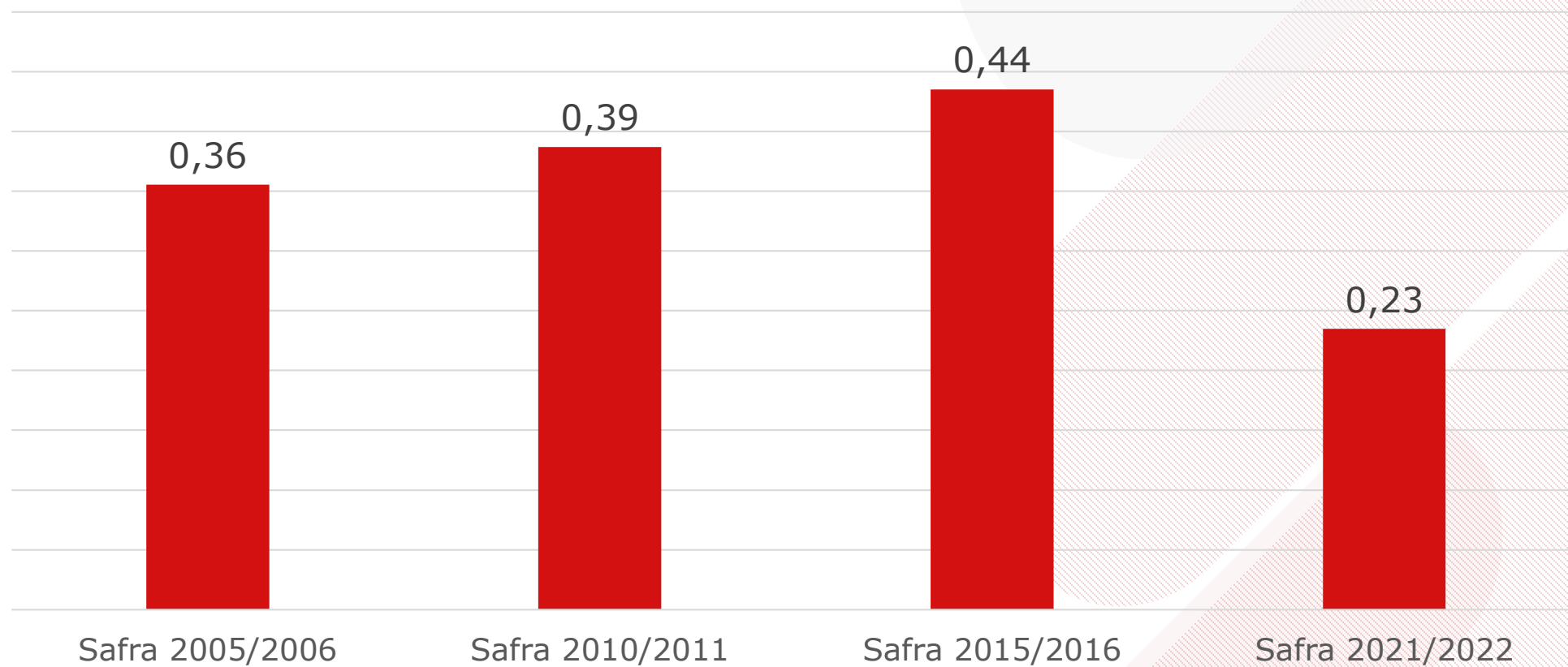
Fonte: Benckmarking Fermentec

PERDAS – VINHAÇA E FLEGMASSA (%)



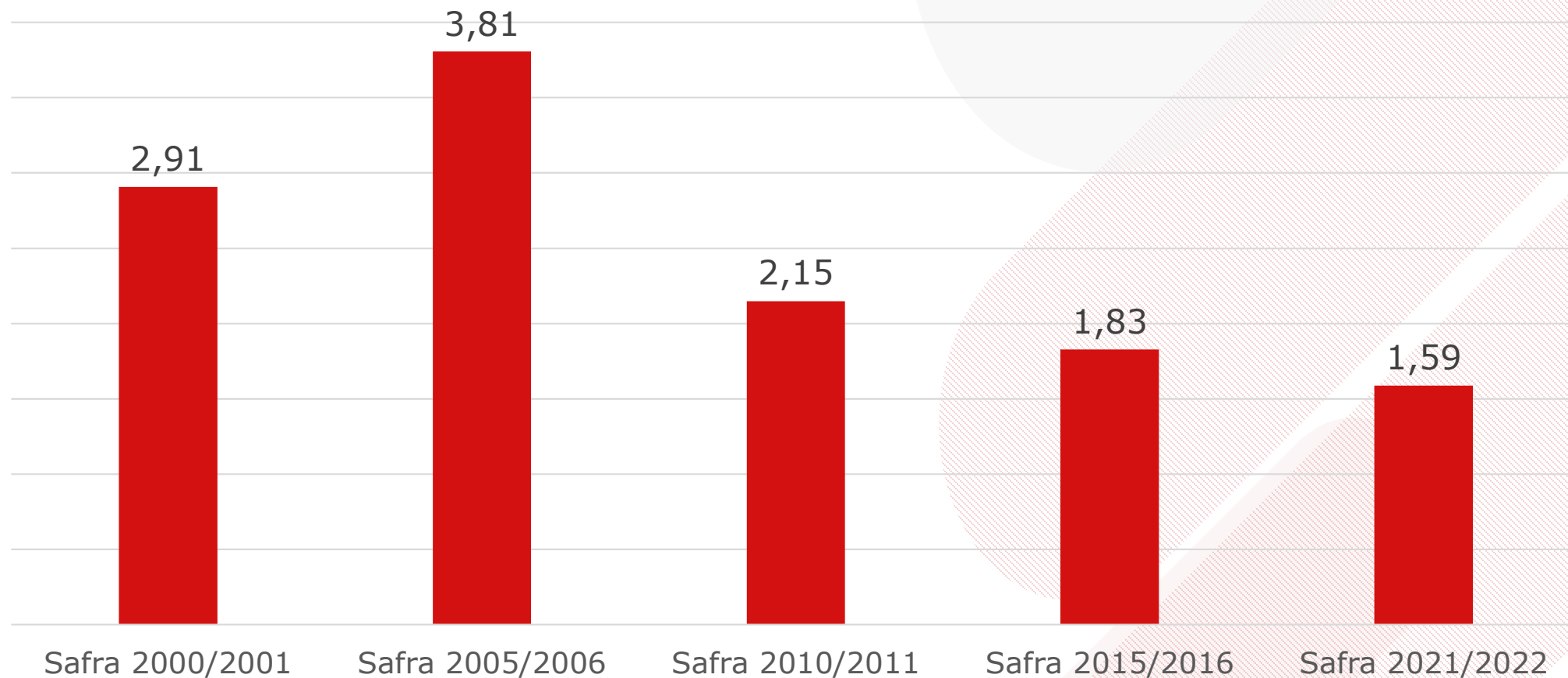
Fonte: Benckmarking Fermentec

PERDAS – ÁGUAS RESIDUAIS (%)



Fonte: Benckmarking Fermentec

PERDAS – INDETERMINADAS (%)



Fonte: Benckmarking Fermentec

AMOSTRADORES PERSONALIZADOS FERMENTEC

DA RODA D'ÁGUA AO SISTEMA COM COLETA PROPORCIONAL E PERSONALIZADA



▪ Roda d'água e chapéu chinês



▪ Corrente "motorizada"



▪ Bomba Dosadora



▪ Solenóide simples



▪ Solenóide Pneumática



▪ Calha Parshal e vaso coletor

EVOLUÇÃO SISTEMAS DE AMOSTRAGEM

DE ACORDO COM A NECESSIDADE



AMOSTRAGEM SETORIZADA DE PERDAS

ÁGUAS RESIDUAIS



Residuais
Moenda e
Tratamento



Residuais
Fábrica de
Açúcar



Residuais
Fermentação e
Destilaria



Coleta de
Águas
residuais

AMOSTRAGEM SETORIZADA DE PERDAS

MULTIJATOS



Evaporação



Vácuos

CASE - PERDAS NAS ÁGUAS RESIDUAIS

Balanço de ART Residuais	Safra 2014/15	Safra 2015/16	Evolução (p.p.)
Moenda (%)	0,83	0,11	+ 0,72
Tratamento e fábrica (%)	0,09	0,07	+ 0,02
Fermentação (%)	0,17	0,08	+ 0,09
Destilaria (%)	0,06	0,02	+ 0,04
Total Perdas residuais (%)	1,15	0,28	+ 0,87

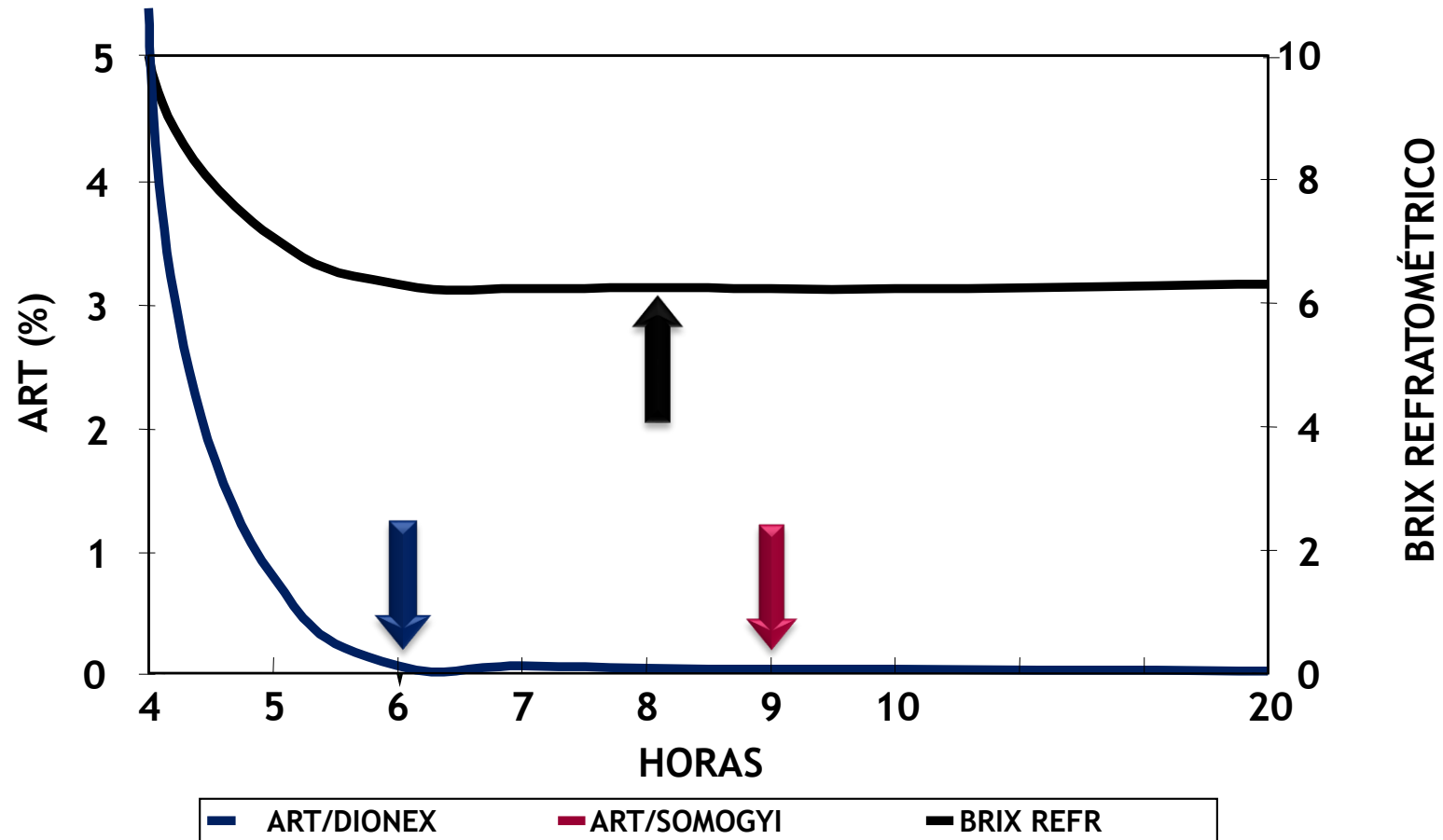
R\$ 5.440.000,00

CROMATOGRAFIA

- 1992
- Determinação do açúcar real
- Determinação de fermentescíveis



DETERMINAÇÃO DO FINAL DA FERMENTAÇÃO



DETERMINAÇÃO DO FINAL DA FERMENTAÇÃO

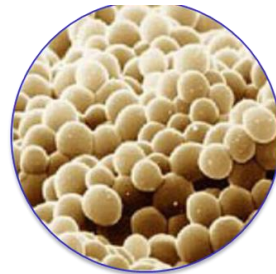
NÚMERO DE DORNAS	7
TEMPO DE FERMENTAÇÃO (H)	10
TEMPO DE CENTRÍFUGA (H)	2
TEMPO ECONOMIZADO POR CICLO	2
TEMPO ECONOMIZADO POR DORNA POR DIA (H)	4
TEMPO ECONOMIZADO TOTAL POR DIA (H)	28
TEMPO ECONOMIZADO POR 200 DIAS DE SAFRA (H)	5600
NÚMERO DE FERMENTAÇÕES EXTRAS POR SAFRA	510

Aumento de produção 18%

CROMATOGRAFIA: PRINCIPAIS APLICAÇÕES



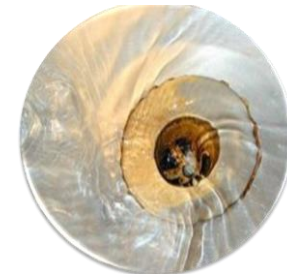
Quantificação
do açúcar da
cana
(balanço)



Avaliação mais
realista do
rendimento da
fermentação

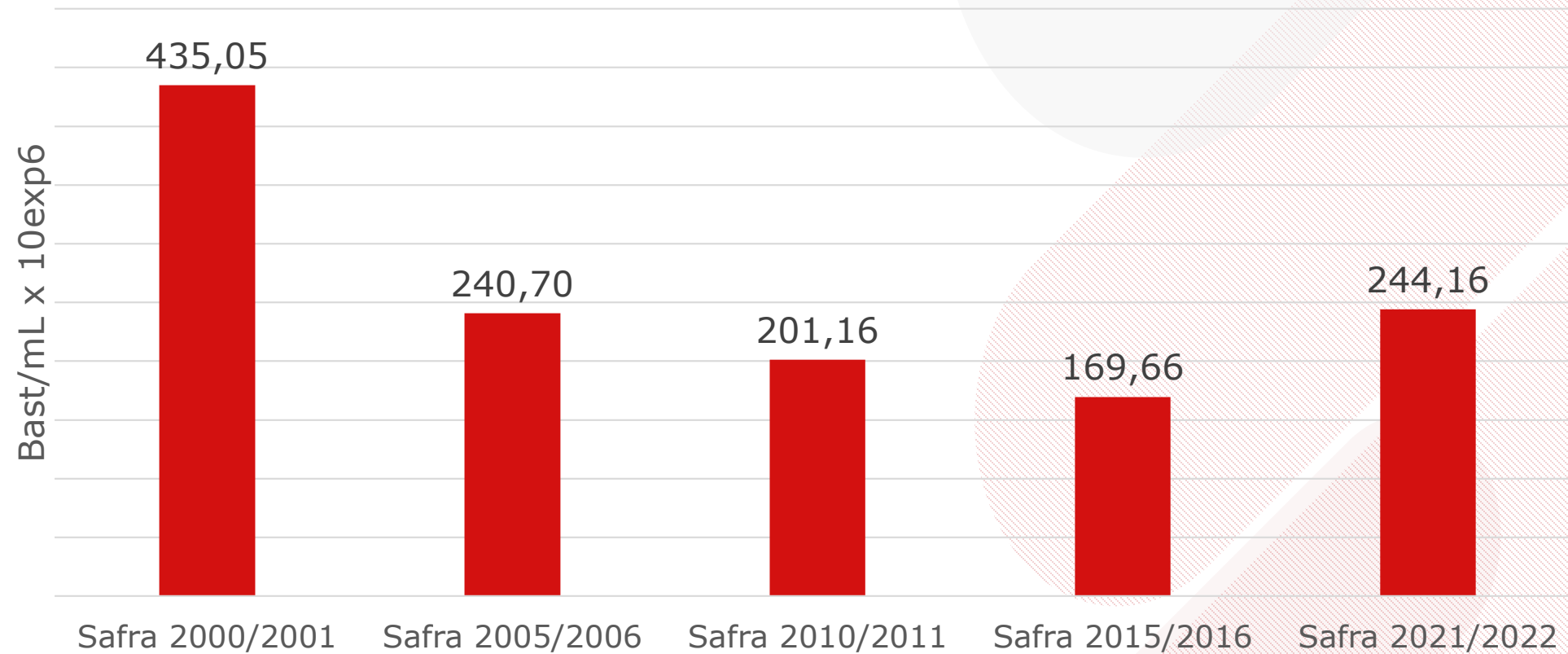


Fim da
fermentação



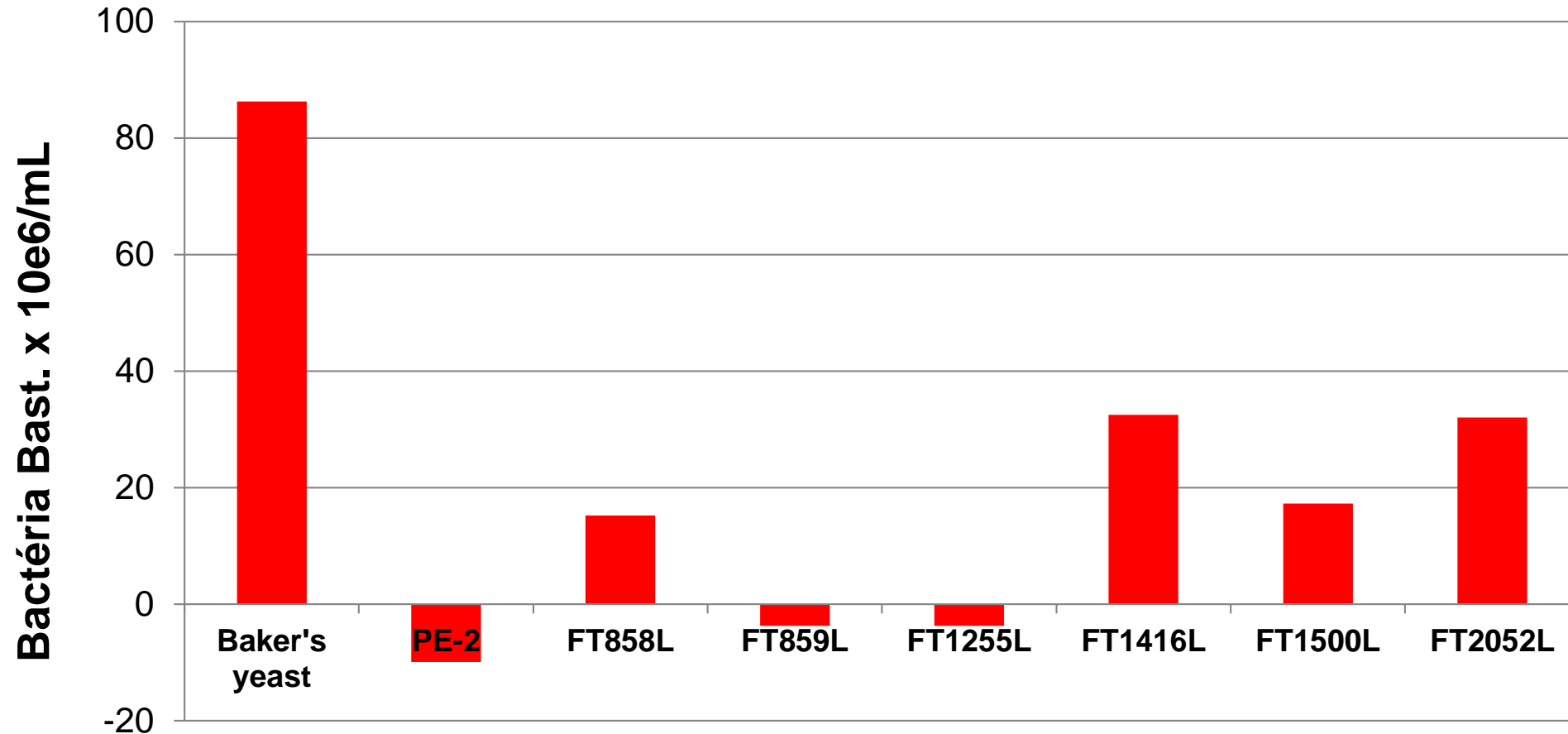
Pontos de
perda de
açúcar

CONTAMINAÇÃO NO VINHO BRUTO (BAST/ML)



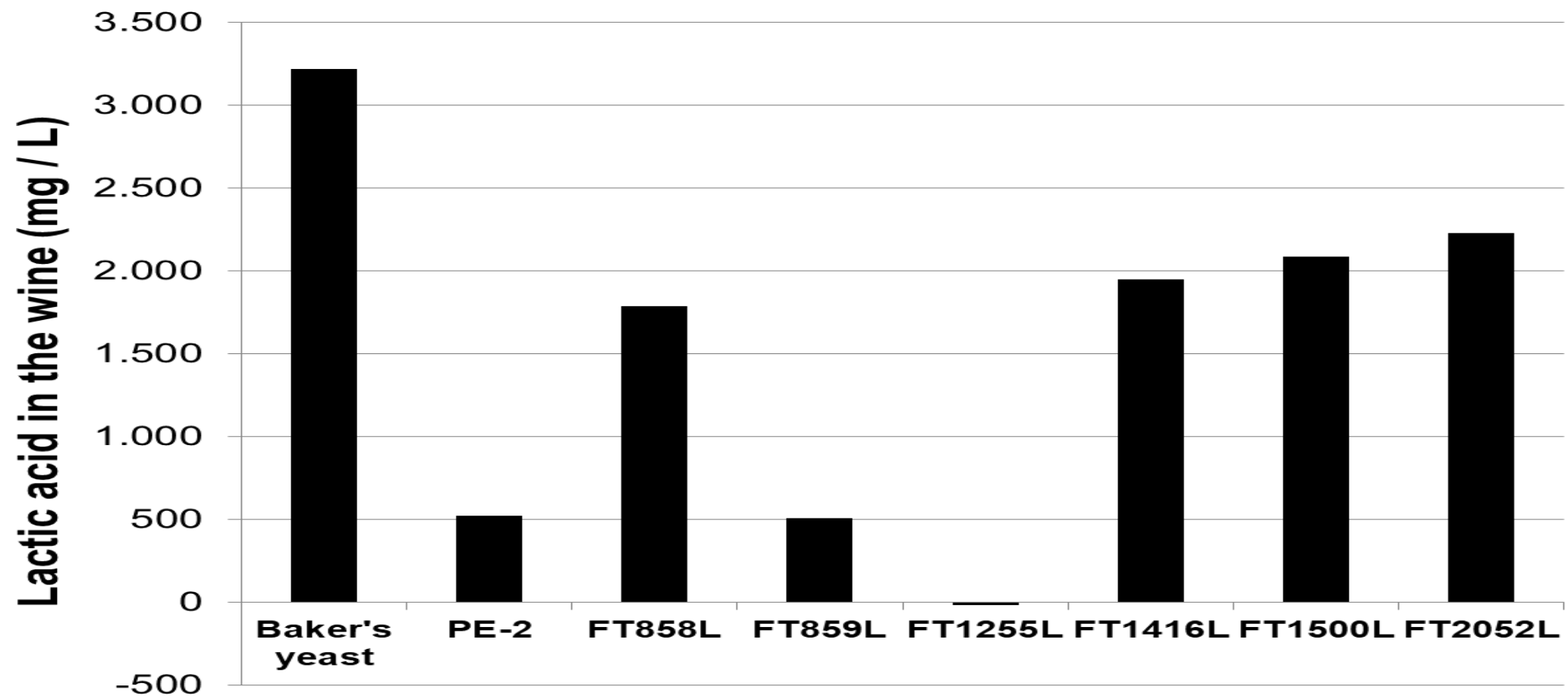
Fonte: Benckmarking Fermentec

CONTAMINAÇÃO BACTERIANA



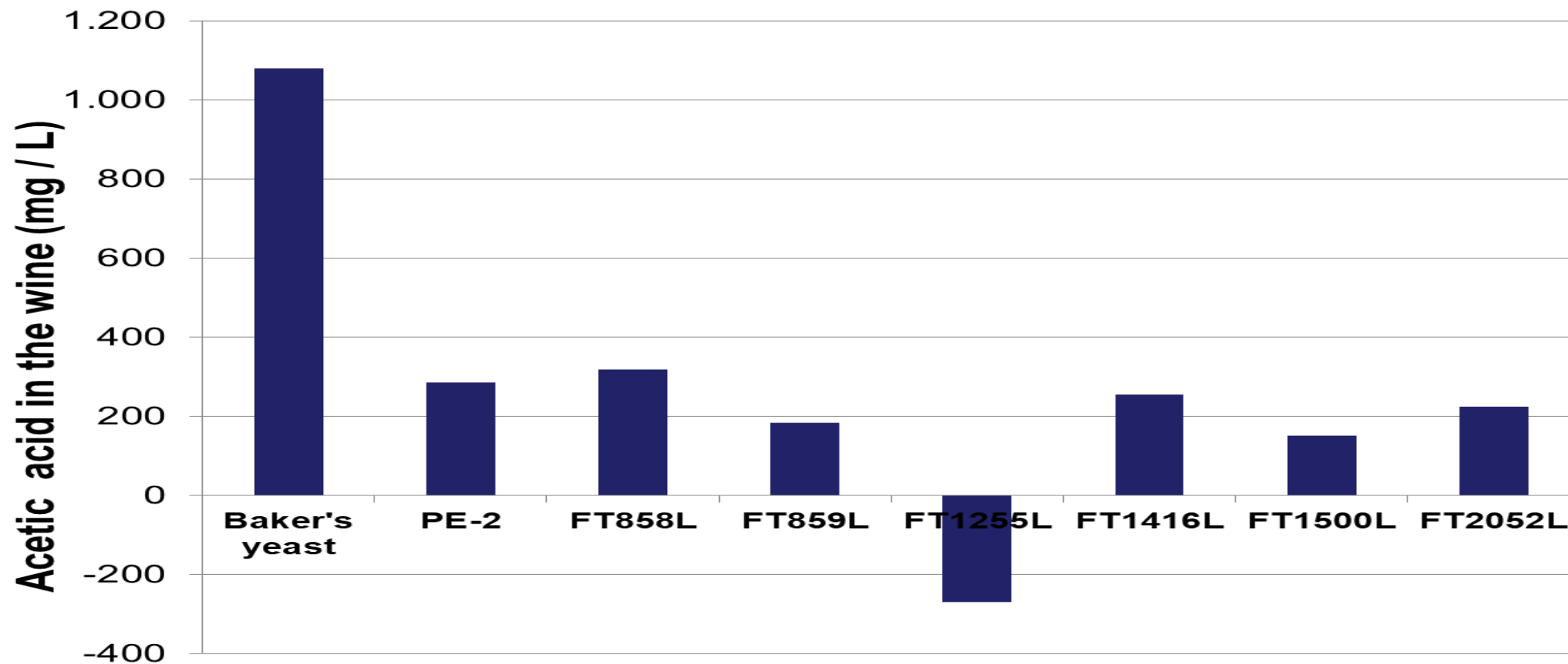
Fonte: P&D Fermentec

ÁCIDO LÁCTICO



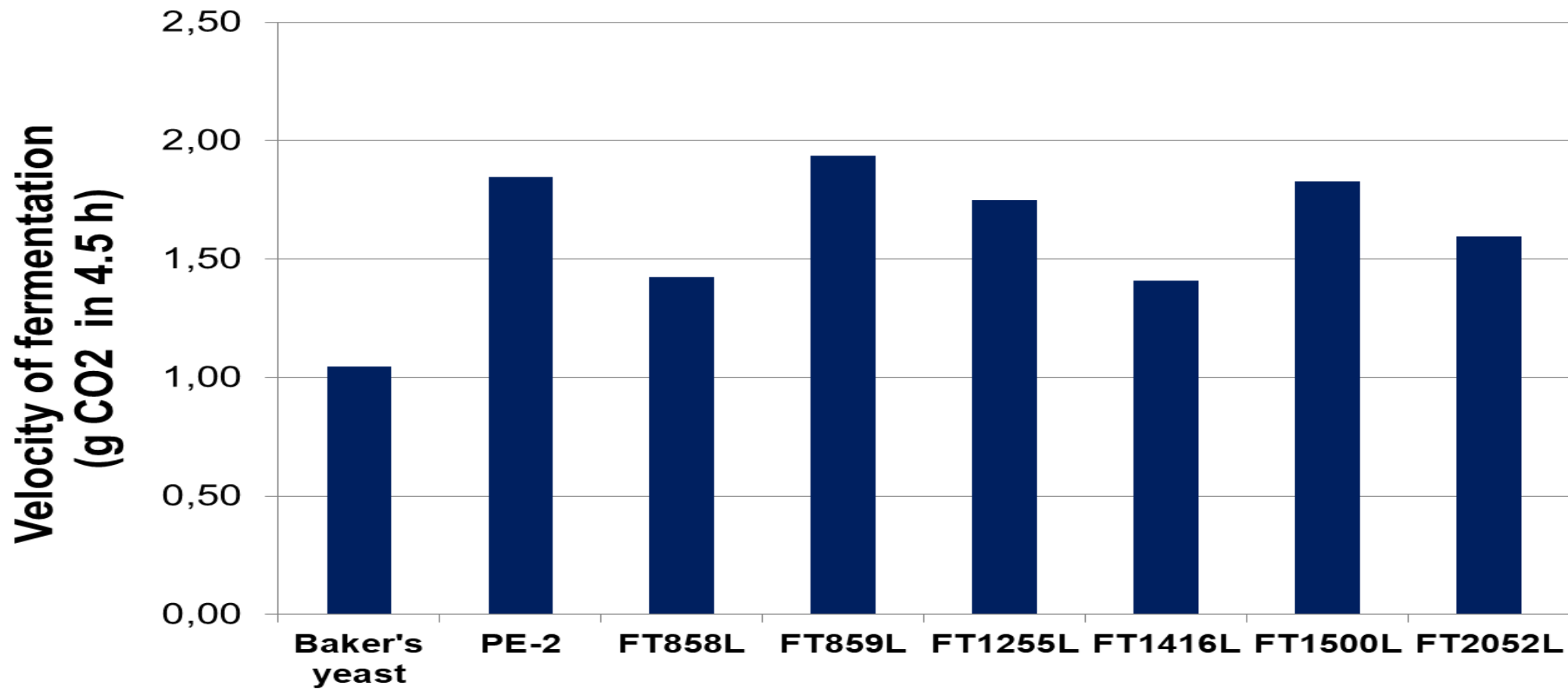
Fonte: P&D Fermentec

ÁCIDO ACÉTICO



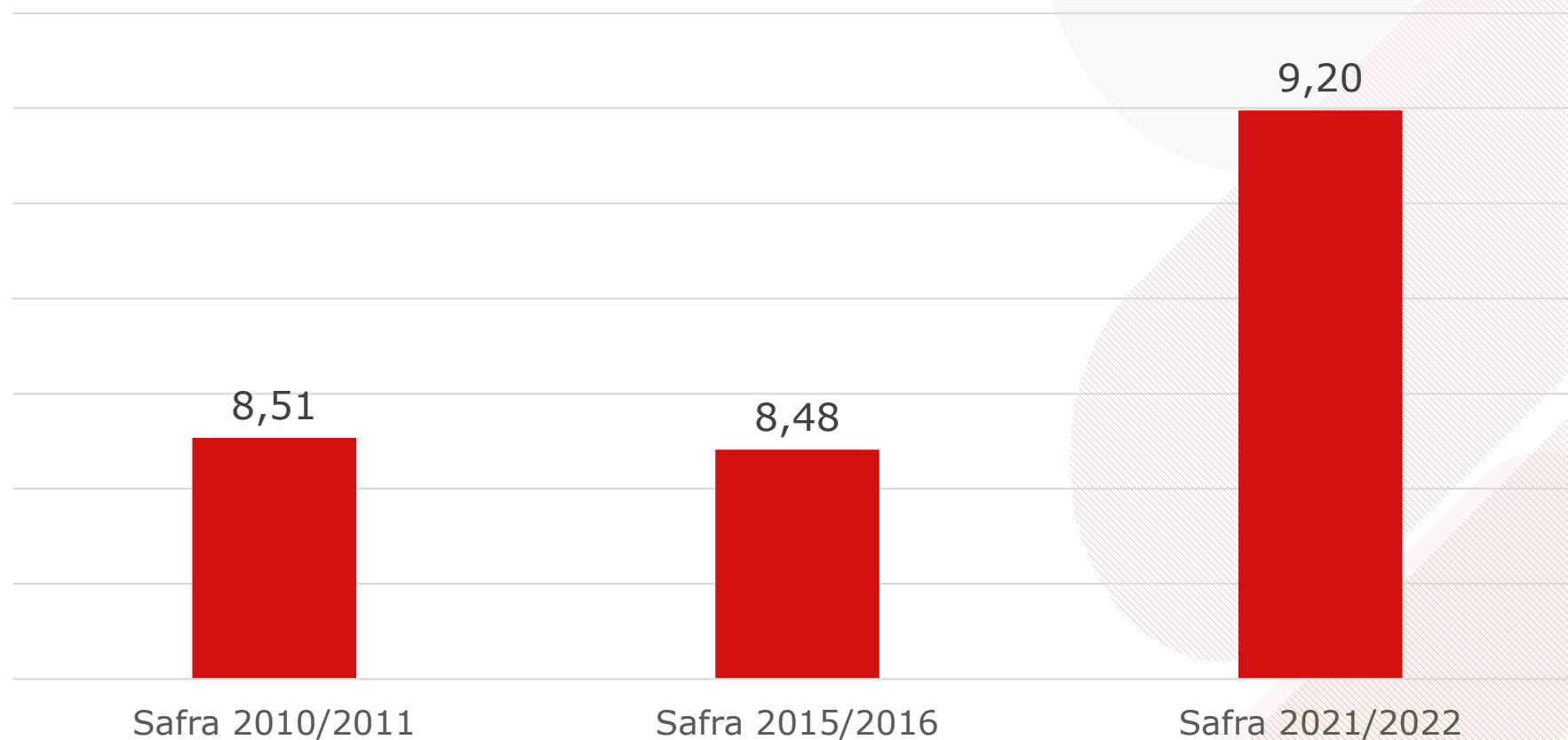
Fonte: P&D Fermentec

VELOCIDADE DE FERMENTAÇÃO



Fonte: P&D Fermentec

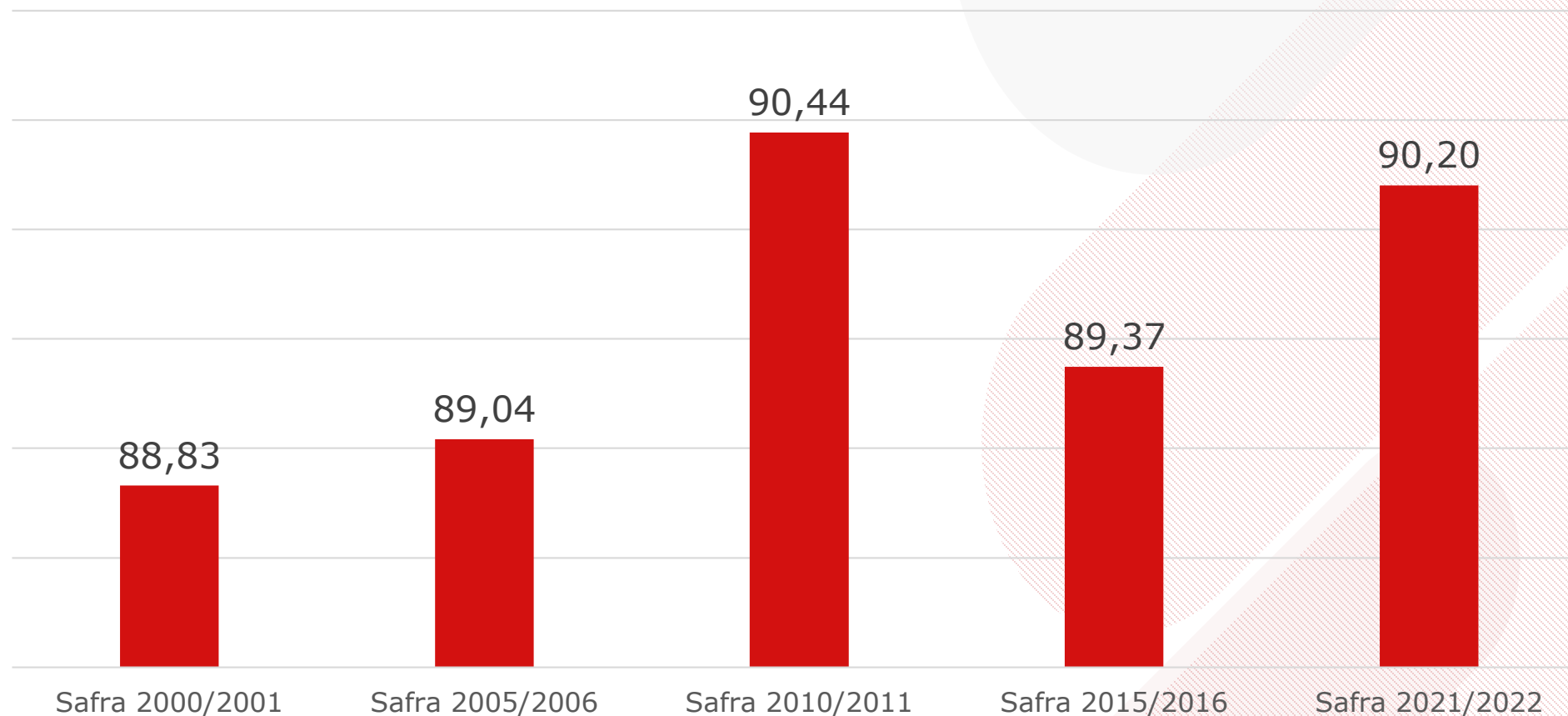
AUMENTO TEOR ALCOÓLICO (%)



Fonte: Benckmarking Fermentec

Parâmetros avaliados	Teor alcoólico no vinho (%)				
	8	10	12	14	16
Produção de etanol (L)	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000
Volume de vinhaça (L)	1.485.104.795	1.186.494.221	987.664.158	845.786.645	739.470.622
L vinhaça / L etanol	12,38	9,89	8,23	7,05	6,16
Custo de aplicação vinhaça (R\$)	11.583.817,40	9.254.654,93	7.703.780,44	6.597.135,83	5.767.870,85
Consumo de vapor (Kg)	313.002.358	258.751.793	221.483.698	194.194.155	173.288.213
Consumo de vapor (kg/L etanol)	2,61	2,16	1,85	1,62	1,44
Custo vapor (R\$)	2.880.400,31	2.253.616,98	1.863.012,91	1.594.682,62	1.398.197,92
Custo Total (R\$) Vinhaça + vapor	14.464.217,71	11.508.271,91	9.566.793,35	8.191.818,45	7.166.068,77

RENDIMENTO GERAL DA DESTILARIA (%)



Fonte: Benchmarking Fermentec

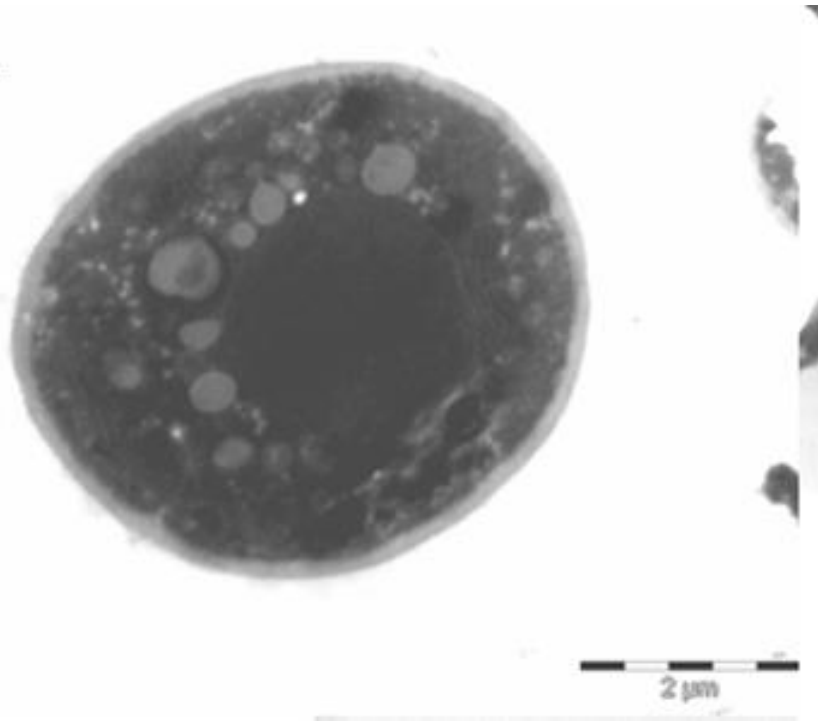


CARIOTIPAGEM

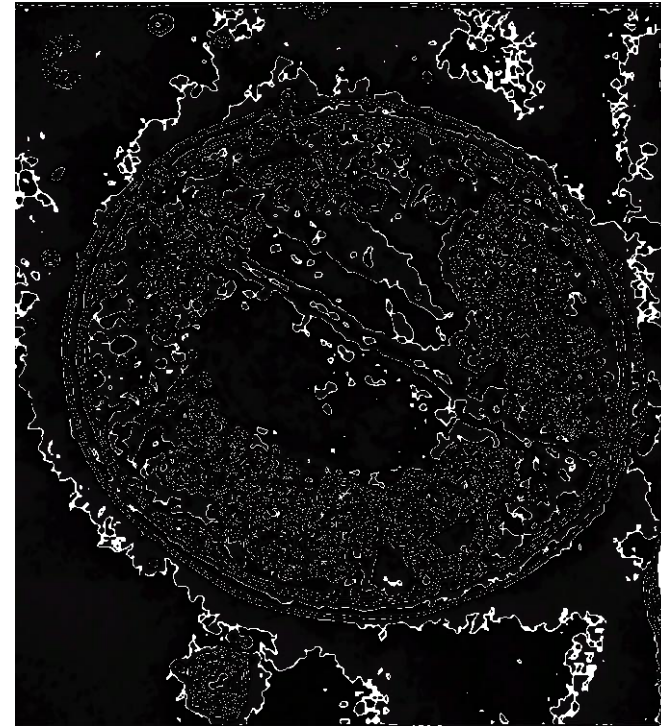
Desde 1989

RESISTÊNCIA AO ESTRESSE

A



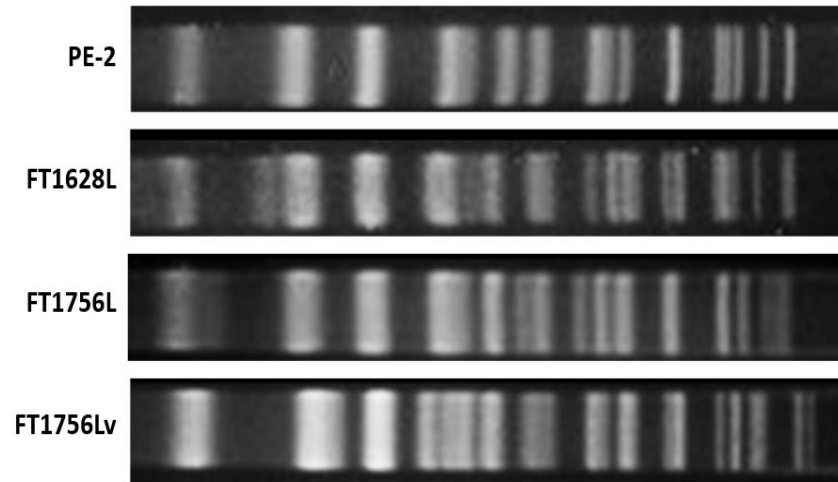
Fermel



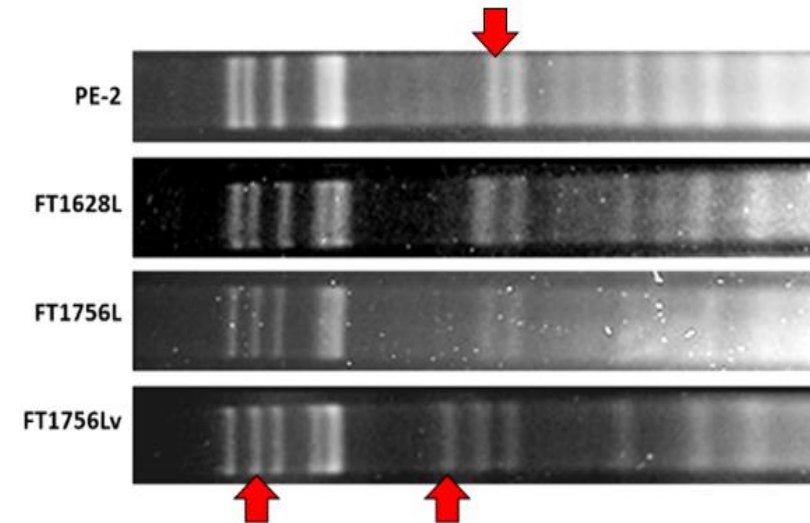
PANIFICAÇÃO

CARIOTIPAGEM

DNA NUCLEAR

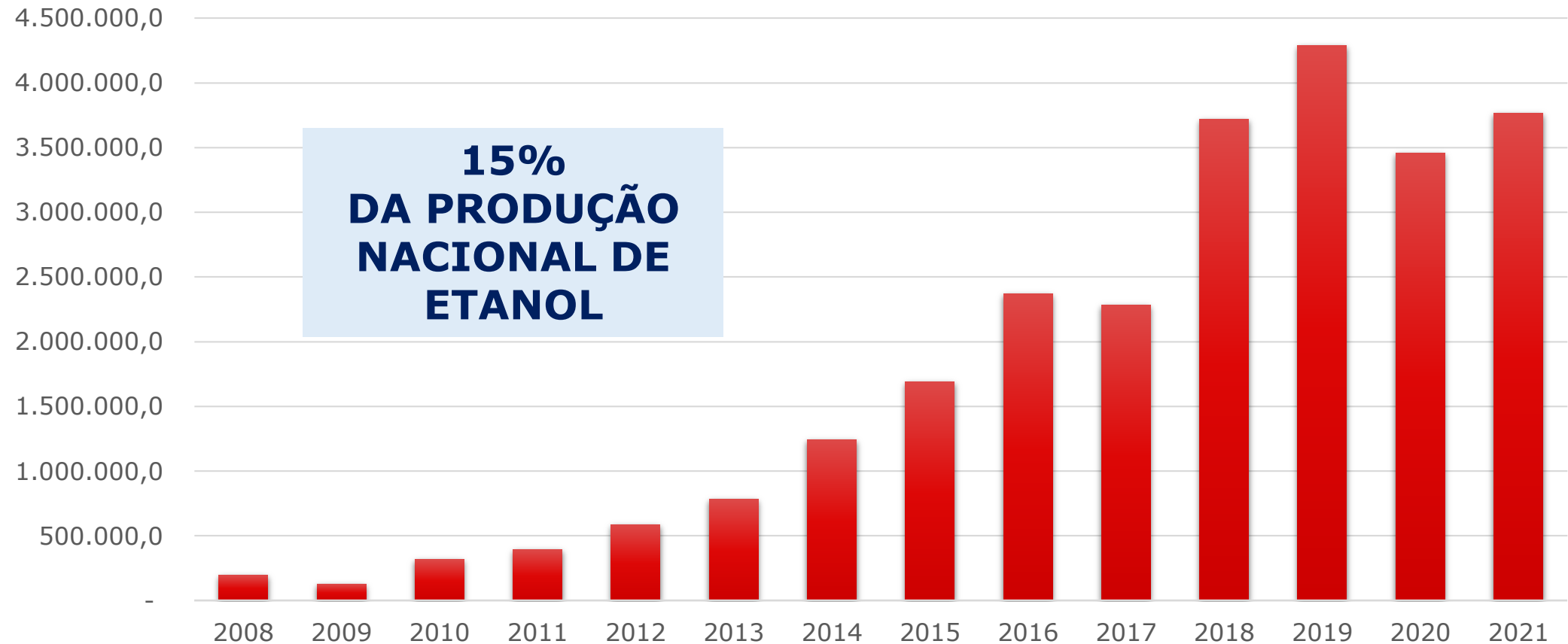


DNA MITOCONDRIAL



EVOLUÇÃO DAS LEVEDURAS PERSONALIZADAS

ETANOL PRODUZIDO(m³)



Fonte: Benchmarking Fermentec

USO LEVEDURAS PERSONALIZADAS

- Últimas 7 safras
- 292 usinas

PARÂMETROS	SEM Personalizada (n = 5.278)	COM Personalizada (n = 3.806)	p valor	diferença
RTC (%)	91,96	92,9	< 0,0001	0,94
RGD (%)	89,99	90,9	< 0,0001	0,91
Biomassa Total %ART mosto	2,27	2,43	< 0,0001	0,16
Glicerol % ART mosto	2,42	2,44	n.s.	0,02
ART - vinho (%)	0,22	0,13	< 0,0001	-0,09
Etanol - vinho (%)	8,61	9,16	< 0,0001	0,55
Consumo de ácido (g H ₂ SO ₄ / L etanol)	6,5	5,3	< 0,0001	-1,20
Aglomeracão (%)	26,23	15,87	< 0,0001	-10,36
Acidez do vinho (g H ₂ SO ₄ /L)	2,25	1,95	< 0,0001	-0,30

OPERAÇÃO ASSISTIDA E ESTATÍSTICA DO PROCESSO

INDUSTRIA 4.0 JÁ É REALIDADE



Sensores simples até analisadores de múltiplos componentes (NIR)

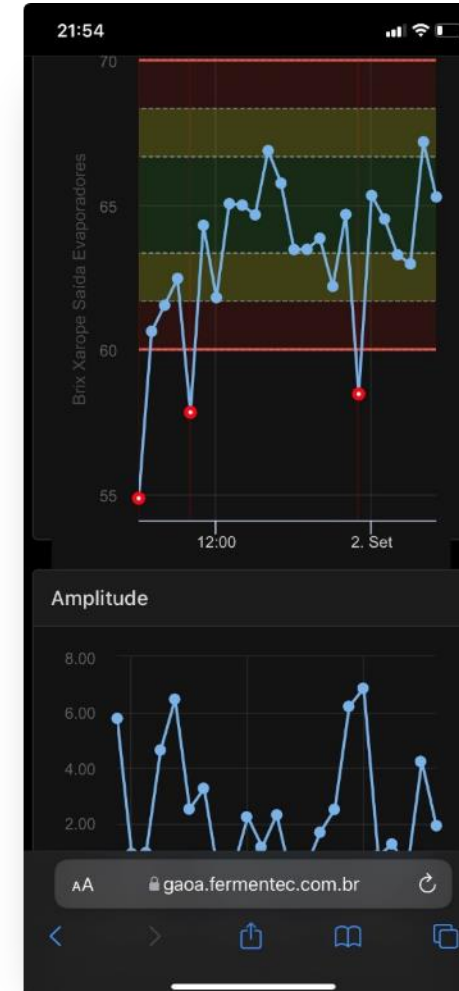


Dados, Big Data, Simulação e otimização



Modelos preditivos que aprendem continuamente

“O desafio é cada vez mais em transformar dados em conhecimento conectado”



Estudo estatístico sobre dados tecnológicos
da Usina Santa Elisa S.A.

Interessado: Maurílio Biagi Filho

Responsável: Humberto de Campos

Depto de Matemática e Estatística - ESALQ

Executores: Lucila Olivetto Maranhão*

Humberto de Campos

* Estagiária do Depto de Mat. e Estatística - ESALQ

1. Equações de Regressão Linear

$$Y = A + BX$$

2. Coeficientes de correlação simples

3. Valores médios, \bar{X} e \bar{Y} , respectivamente de X e de Y .

Legenda:

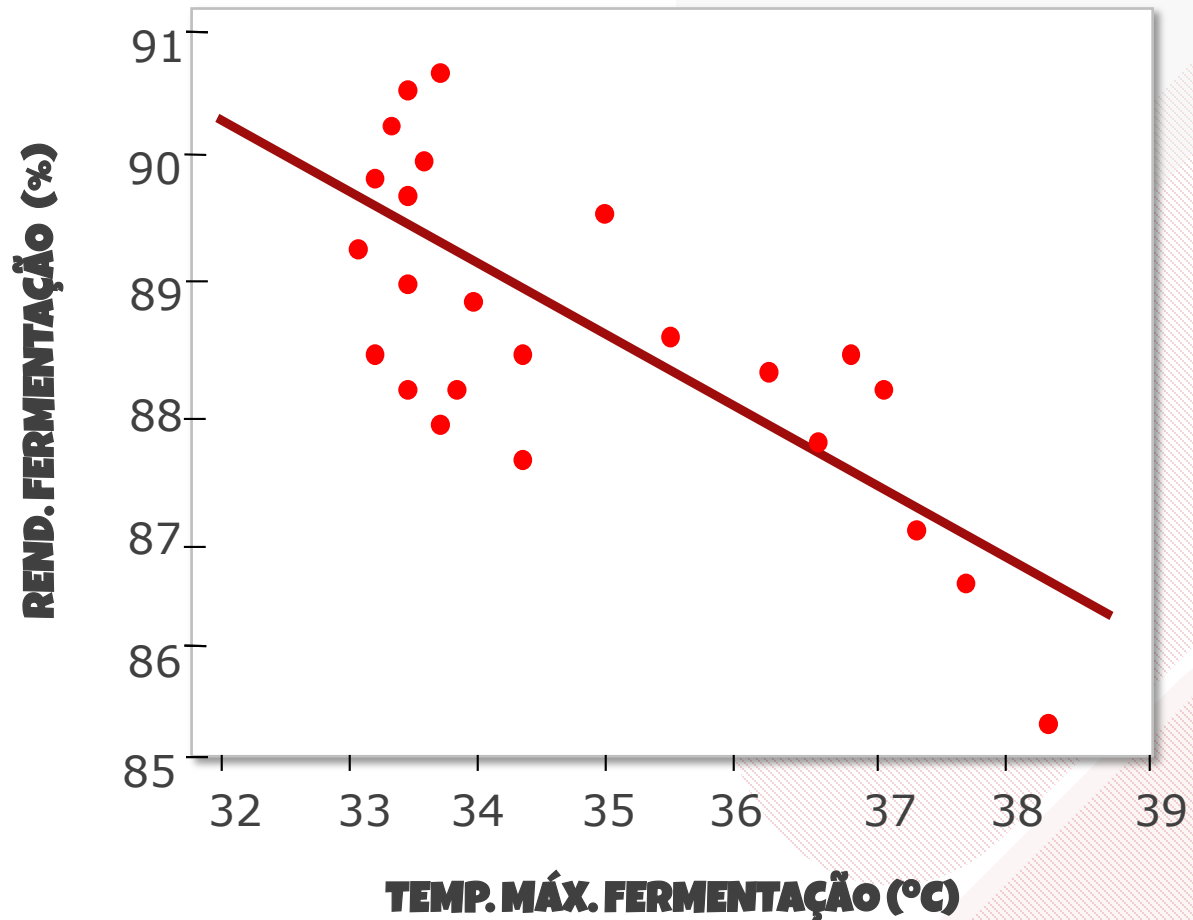
1 - Enxofre	15 - Acidez do vinho das dornas
2 - Cal	16 - pH " " " "
3 - Acido Fosfórico	17 - Brix " " " "
4 - % Alcool Lev. pronto	20 - % Alcool do vinho Turbinado
5 - % Levedo " "	22 - % Alcool do Levedo puro
7 - Brix " "	23 - % Levedo " " "
8 - Brix do mosto	24 - Acidez " " "
9 - A.R.T. " "	26 - pH " " "
10 - Acidez " "	27 - % Alcool do Resíduo
11 - pH " "	28 - Rendimento Açúcar/Alcool
13 - % Alcool do vinho das dornas	29 - Acidez do Alcool
14 - % Levedo " "	30 - % A.R./A.R.T.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

1977

PRIMEIRAS ANÁLISES DE REGRESSÃO E CORRELAÇÃO

ANÁLISES ESTATÍSTICAS



$$Y = 110,169510.61255 X$$

$$R = 0,75378^{**}$$

POSIÇÃO DA FERMENTEC NA GESTÃO DO CLIENTE

Trabalho exercido em cada função			
		Normal	Ocorrência de Anomalias
Gerenciais	Direção	<ul style="list-style-type: none"> Estabelece METAS a partir do plano estratégico 	<ul style="list-style-type: none"> Estabelece METAS para corrigir situação atual Compreende a situação atual
	Gerenciamento	<ul style="list-style-type: none"> Atinge Metas Treina supervisores 	<ul style="list-style-type: none"> Relata a situação atual Trata anomalias crônicas (PDCA/DMAIC) Revisão periódica de anomalias (Pareto) Verifica anomalias no local de ocorrência complementando a função de supervisão (Vá ao GEMBA!)
	Assessoria	Ajuda a função gerencial contribuindo com Conhecimento Técnico	
Operacionais	Supervisão	<ul style="list-style-type: none"> Treina Operadores Verifica se os POP's estão sendo cumpridos 	<ul style="list-style-type: none"> Registra anomalias e relata para operação Conduz análise de anomalias em busca de causas imediatas
	Operação	<ul style="list-style-type: none"> Cumpre procedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> Relata anomalias

Estamos aqui

Visibilidade e integração



Dashboards conectados a diferentes fontes de dados



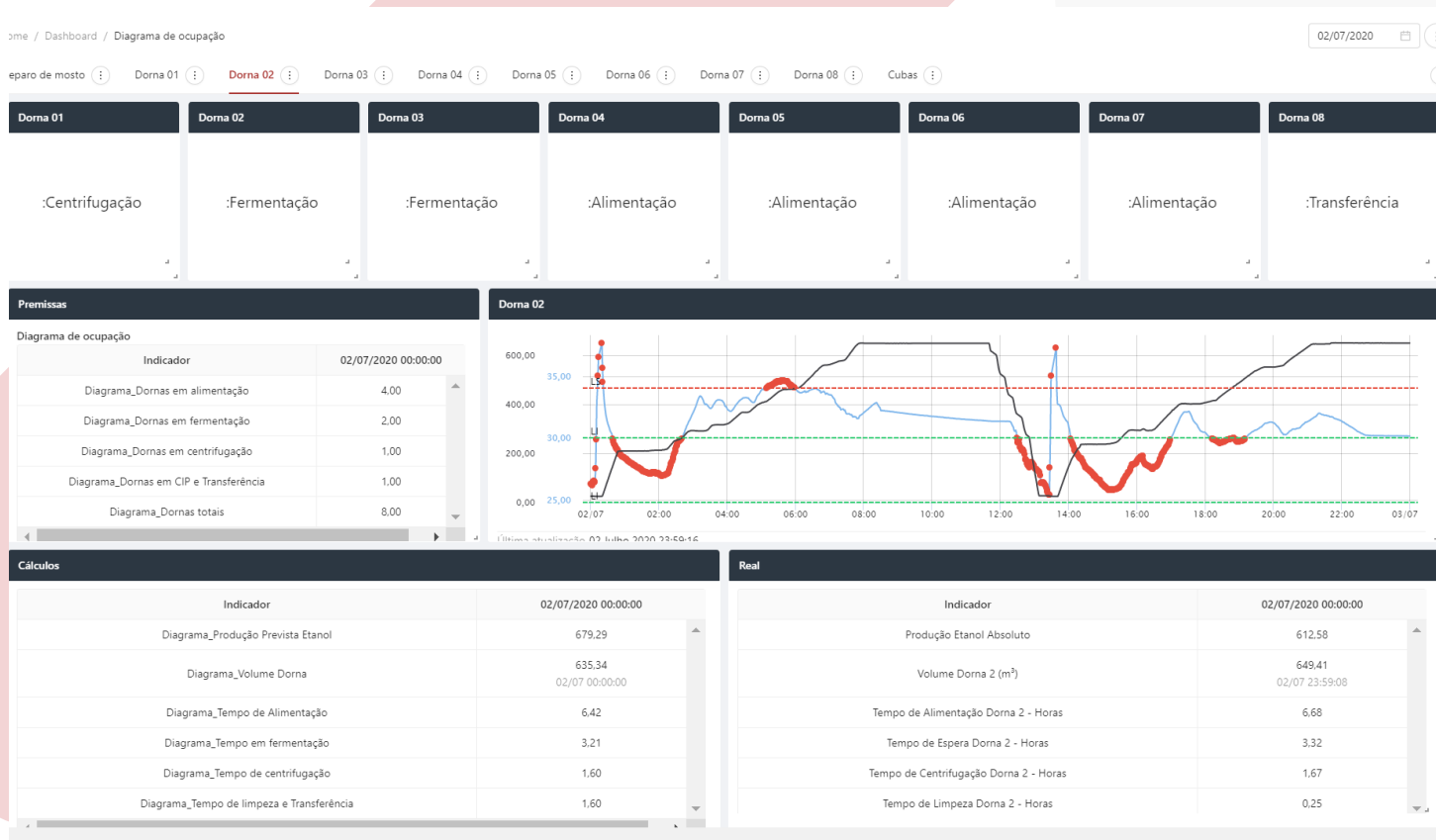
Permite a criação de visões por, equipamento, batelada, operador e turnos,



Aumentar a visibilidade, agilidade na tomada de decisão e gestão pró - ativa



Diagrama de ocupação



Desafio: Garantir operações de fermentação padronizadas, sequenciais, sem sobreposição ou interrupções.

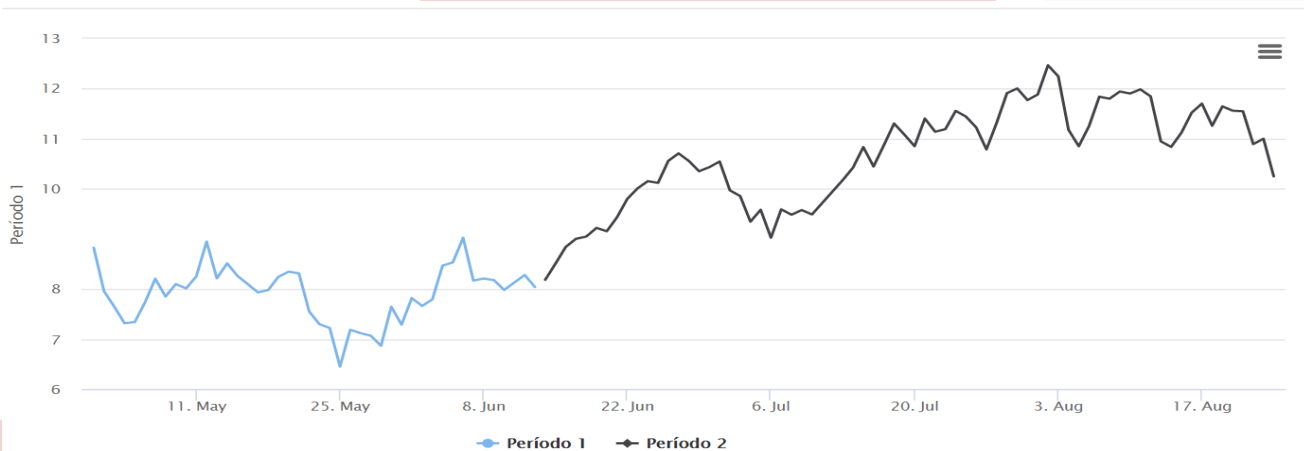
Solução: As estratégias de fermentação são definidas por meio de balanço de massa, cinética da levedura e equipamentos industriais. Os cálculos são inseridos na plataforma GAOA que orienta a operação e/ou escreve set-points remotos na automação industrial.

Resultados: Redução do tempo que a levedura fica exposta aos fatores estressante do final da fermentação, otimização de insumos e aumento do RGD.



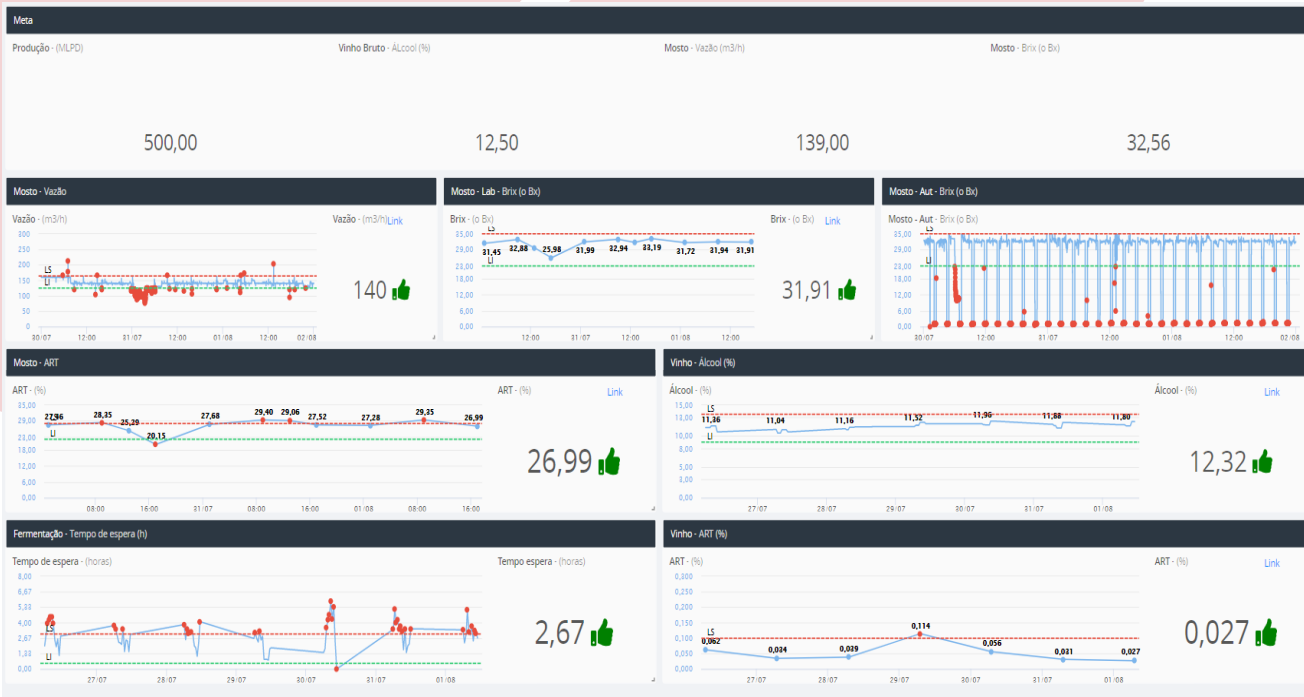


Teor Alcoólico (%)



Desafio: Elevar o teor alcoólico da fermentação, sem prejuízos a eficiência de fermentação.

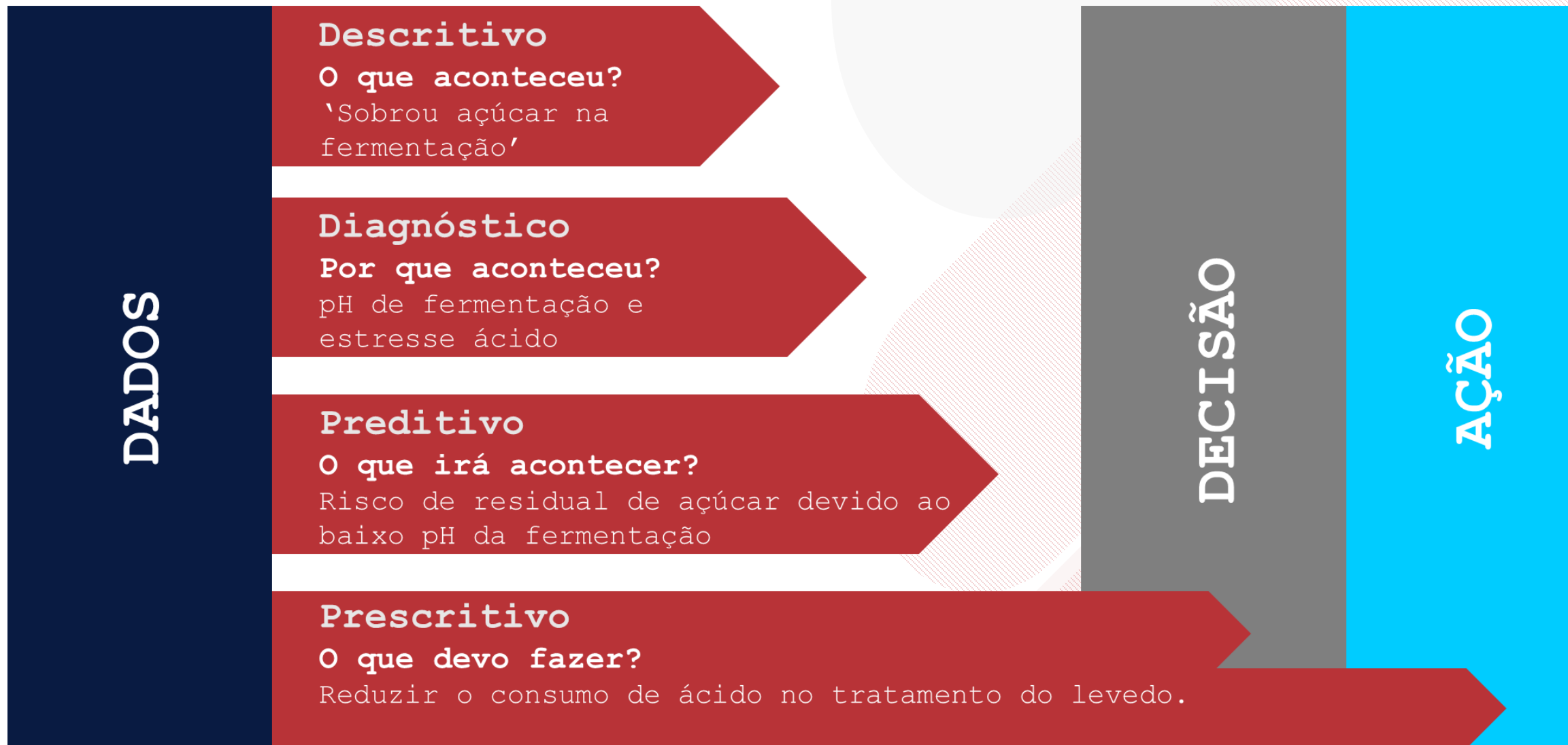
Solução: O simulador de processo Fermentec foi utilizado para planejamento da rampa diária de elevação do teor alcoólico e orientação da operação em dashboard personalizado. Para aumentar a aderência ao planejado e diminuir a influência da pureza do mel final no planejamento, foi desenvolvido um modelo preditivo para inferir o brix do mosto ideal conforme ART desejado.



Resultados: A execução do plano de ação permitiu elevar o teor alcoólico da fermentação 8,0 para 12,0%, reduzindo o custo de distribuição de vinhaça e aumentando a eficiência de fermentação.



TRANSFORMANDO DADOS EM CONHECIMENTO CONECTADO



Gerenciamento da rotina



ALERTAS

Cartas controle.
Identificação automática de desvios.

AJUDA

Um manual de instruções associado ao desvio imediatamente orienta o operador para correção do problema.

NOTIFICAÇÃO

Notifica o operador.

FIM

Descritivo

ec

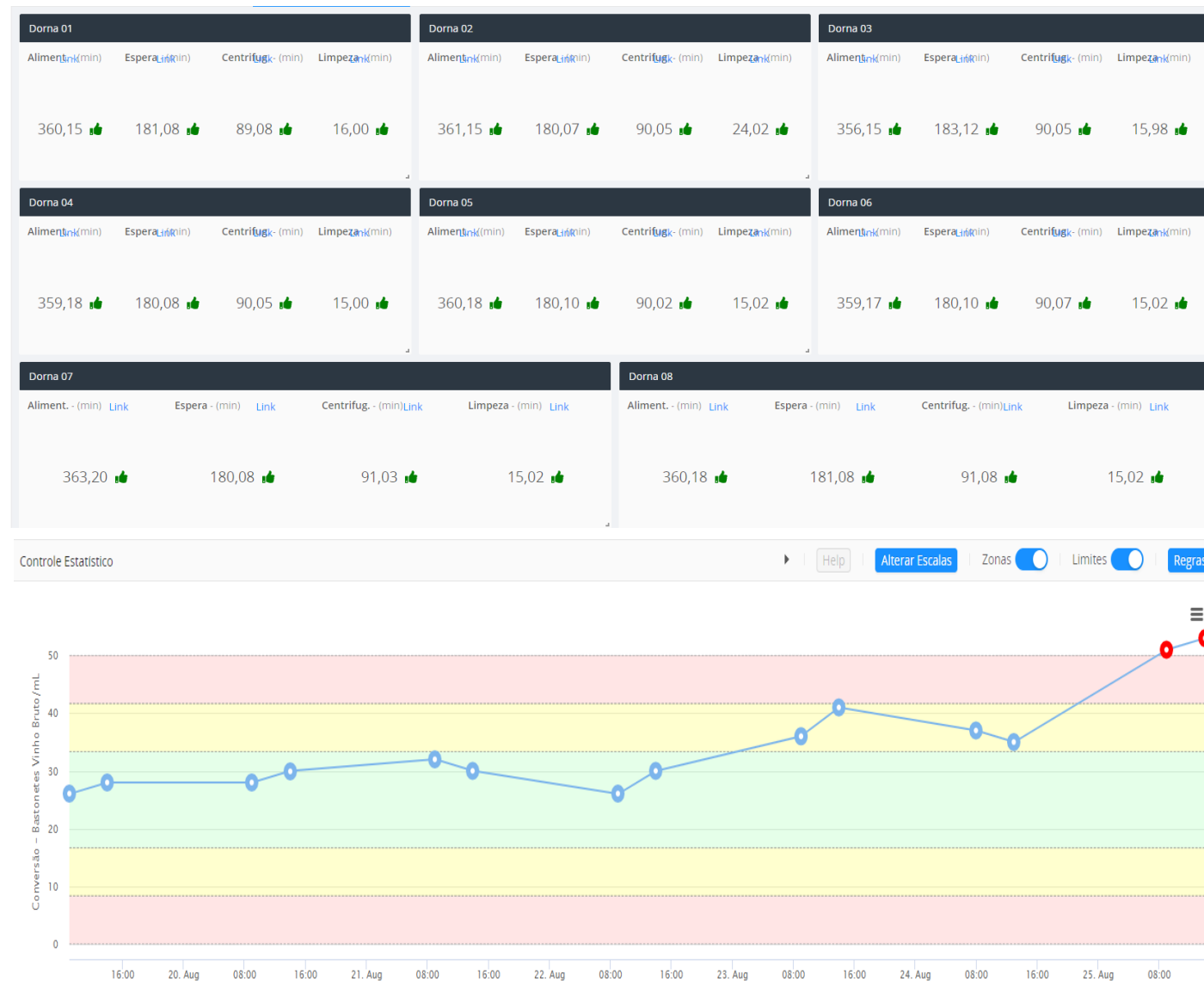


Gerenciamento da rotina

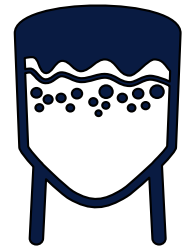
Desafio: Reduzir o tempo entre o momento exato que um desvio acontece, sua identificação e correção.

Solução: Aplicação de cálculos estatísticos para geração de cartas de controle e identificação automática de desvios. Um manual de instruções associado ao desvio imediatamente orienta o operador para correção do problema. Os alertas operacionais permitem registrar os diagnósticos e as ações corretivas gerando relatórios que orientam a elaboração de planos de ação.

Resultados: Diminuição do tempo para a correção do desvios, que agora acontecem no momento exato da ocorrência.



Análise avançada de dados



O problema foi resolvido?

ALERTAS

AJUDA

NOTIFICAÇÃO

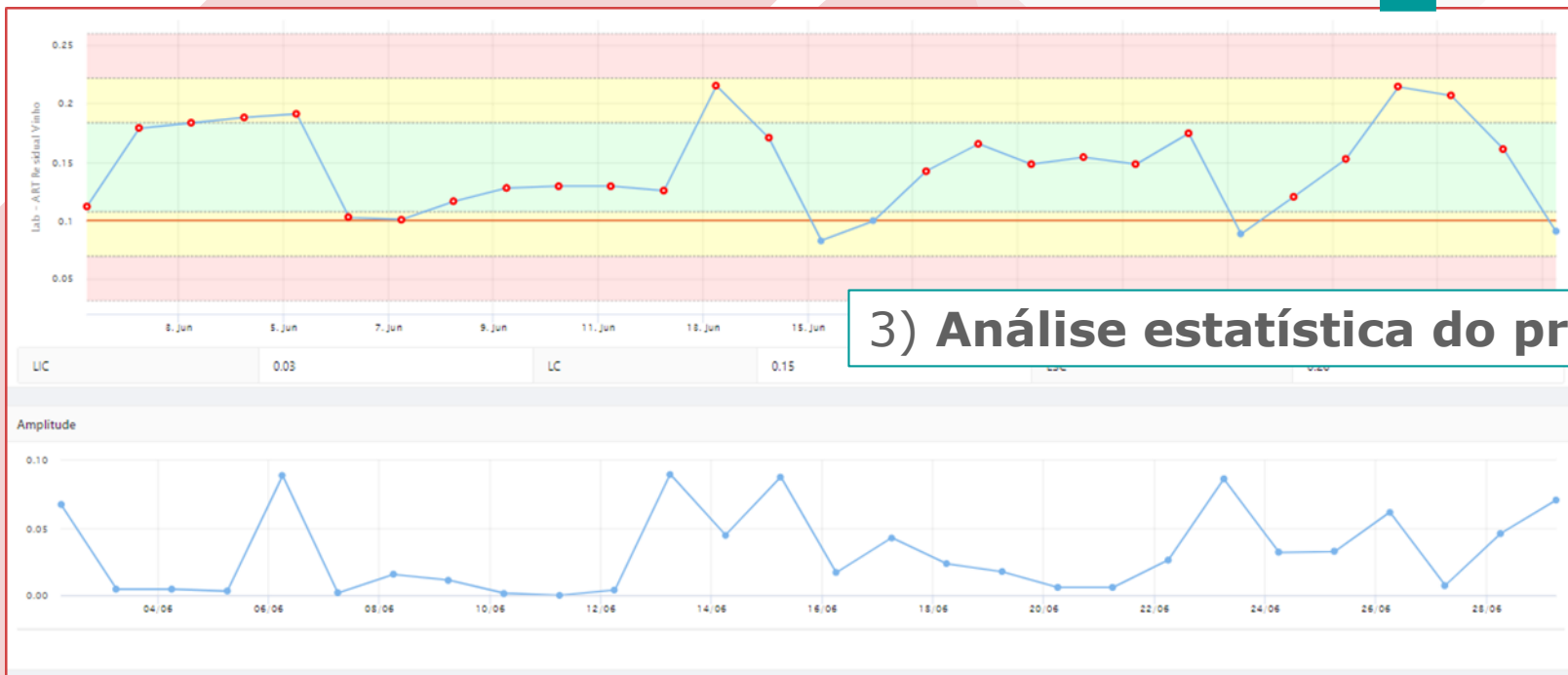
SIM

NÃO

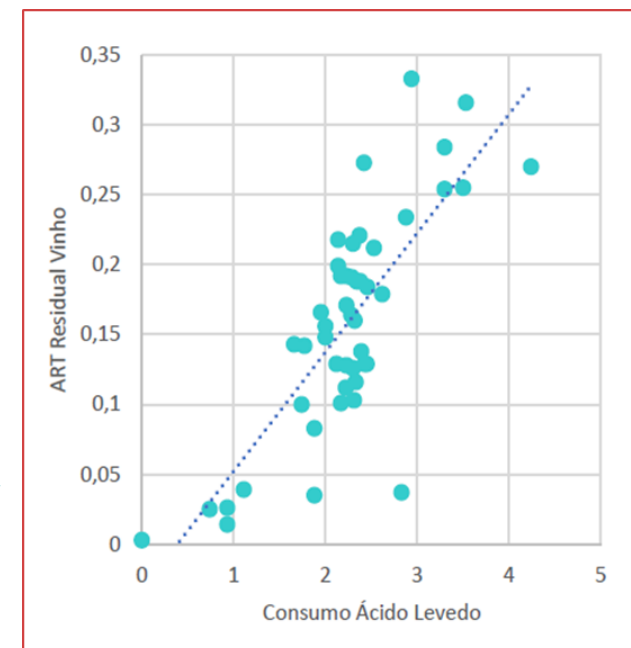
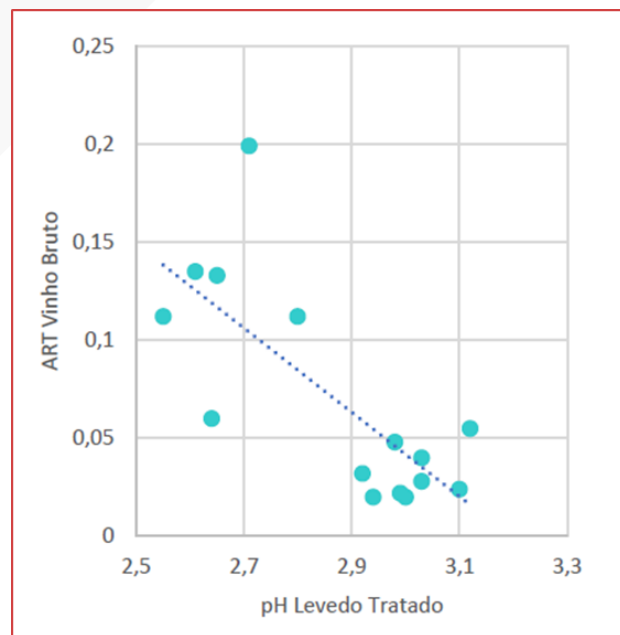
FIM

Análise de dados

2) Entendimento da condição atual do processo

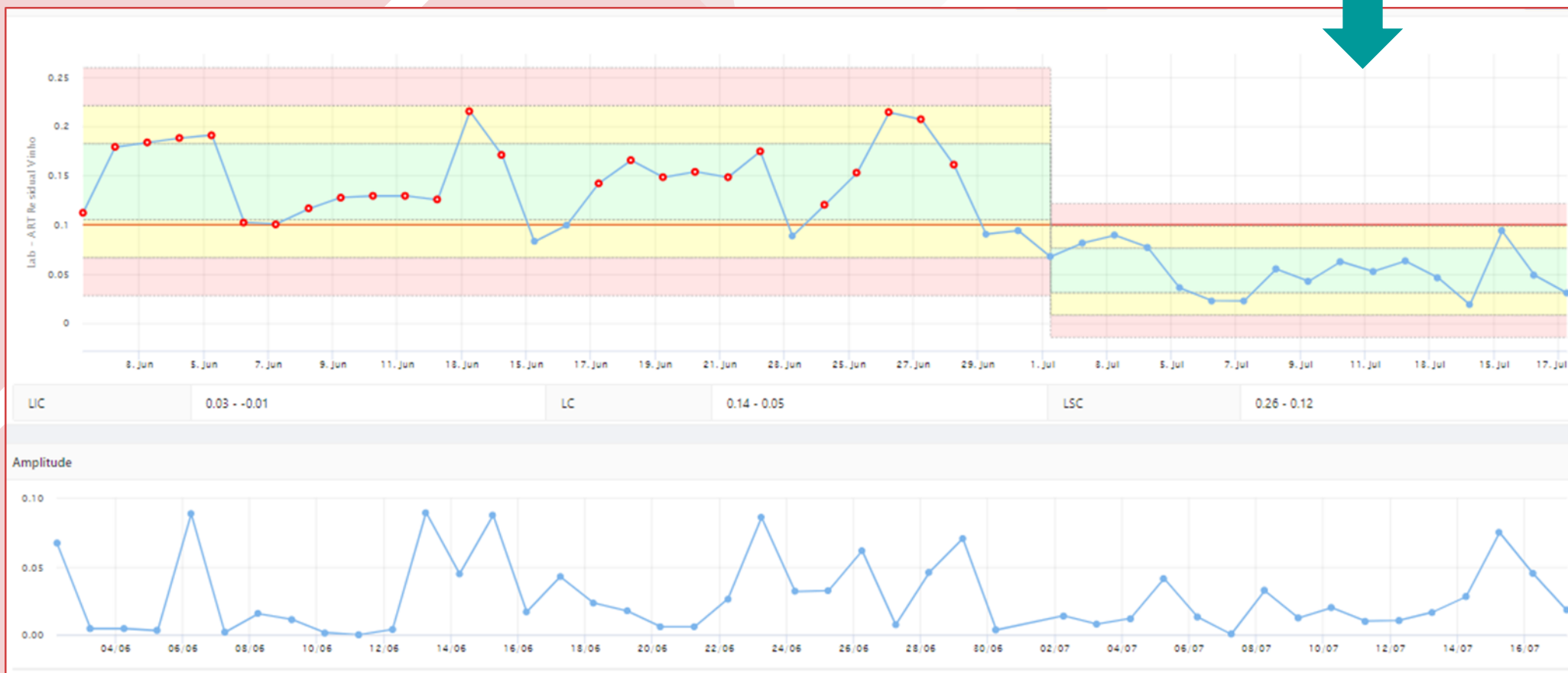


3) Análise estatística do processo em busca da causas



4) Envio de relatório com pontos de verificação e causas mais prováveis

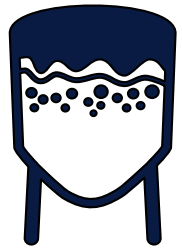
5) Acompanhamento dos impactos de ações sugeridas no processo



Análise avançada de dados



O problema foi resolvido?



ALERTAS



AJUDA



NOTIFICAÇÃO



NÃO

SIM

FIM



Análise de dados



Modelos

Soft sensor
Alertas preditivos



Viabilidade

Estudo de caso



Açúcar Branco (Mix 50 / 50)

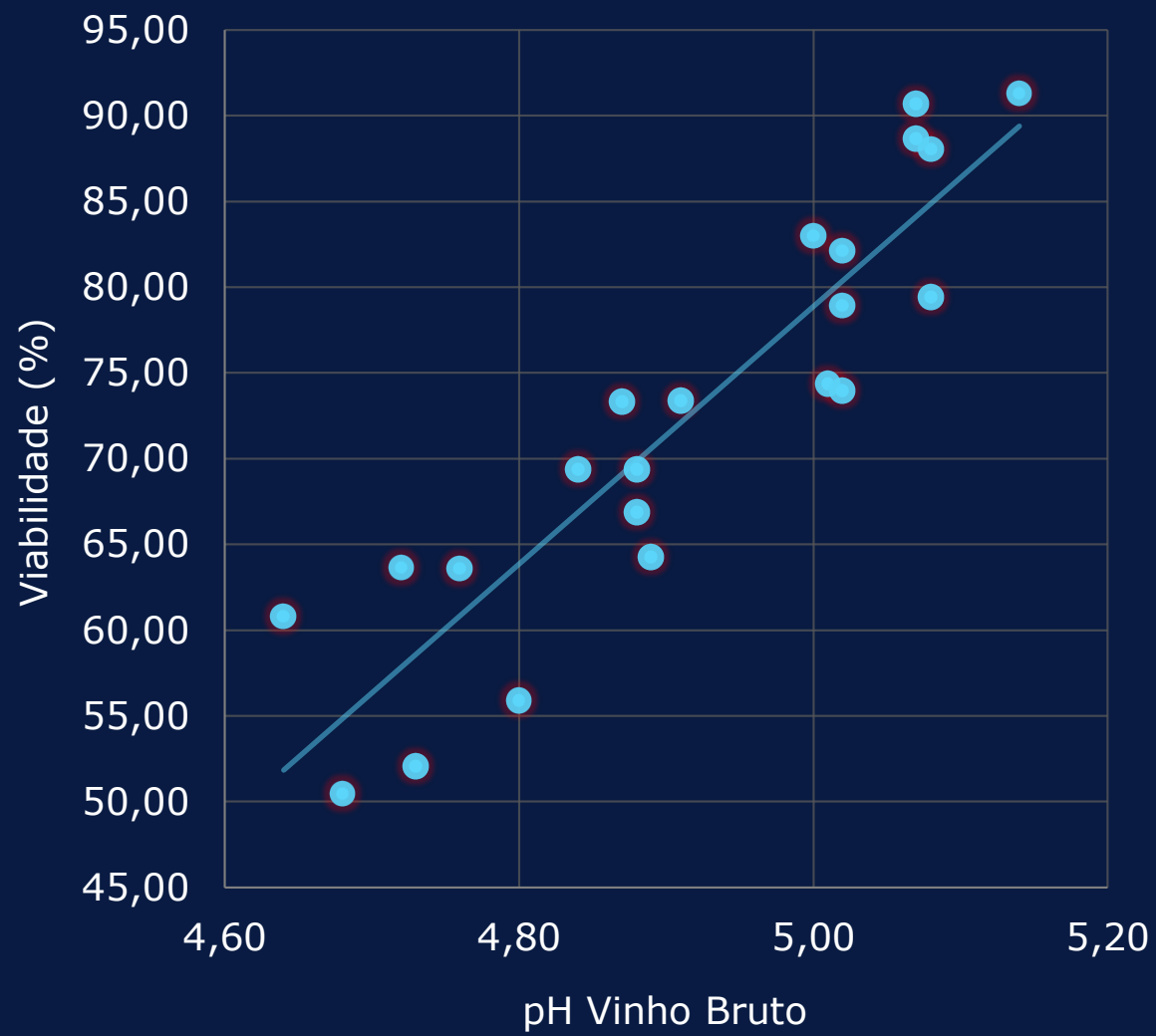
Sulfito: 369 ppm no caldo



Mosto: Mel + Água

Teor alcoólico: 11,34%





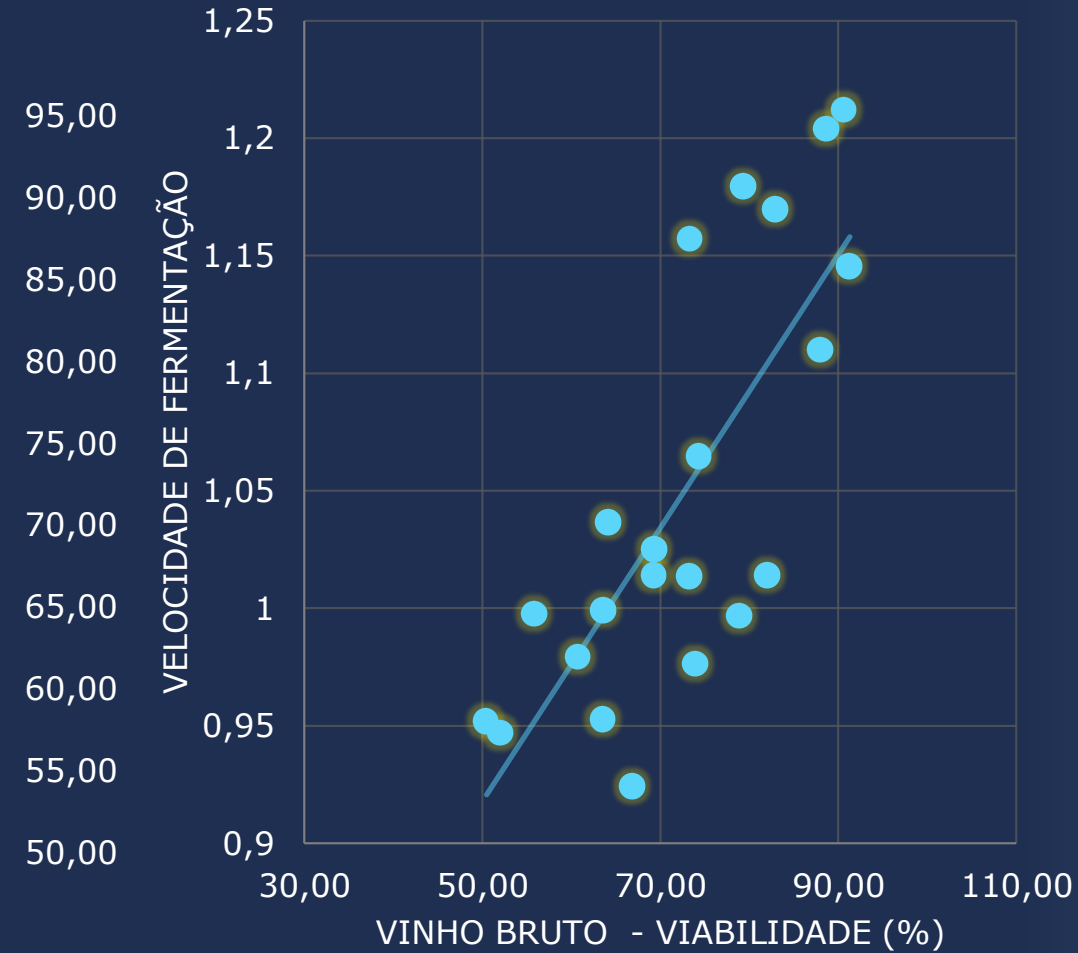
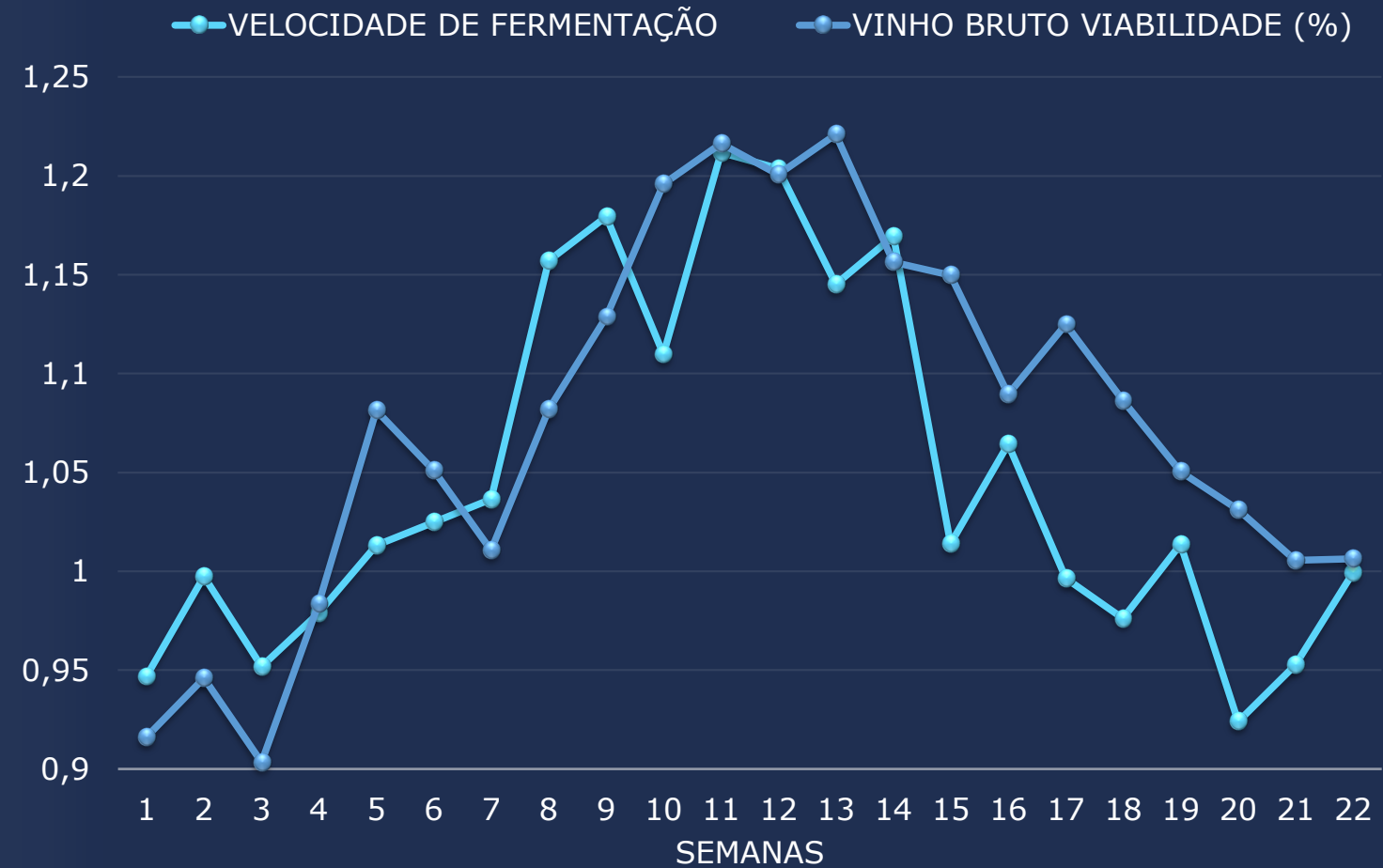
$y = 75,083x - 296,54 \quad R^2 = 0,8312$

ESTUDO CASO

Viabilidade celular

Estudo de caso

Velocidade de fermentação



$y = 0,0058x + 0,6274$ $R^2 = 0,5968$

Estudo de caso

Velocidade de fermentação

Representa um aumento de capacidade produtiva na fermentação de 25%.

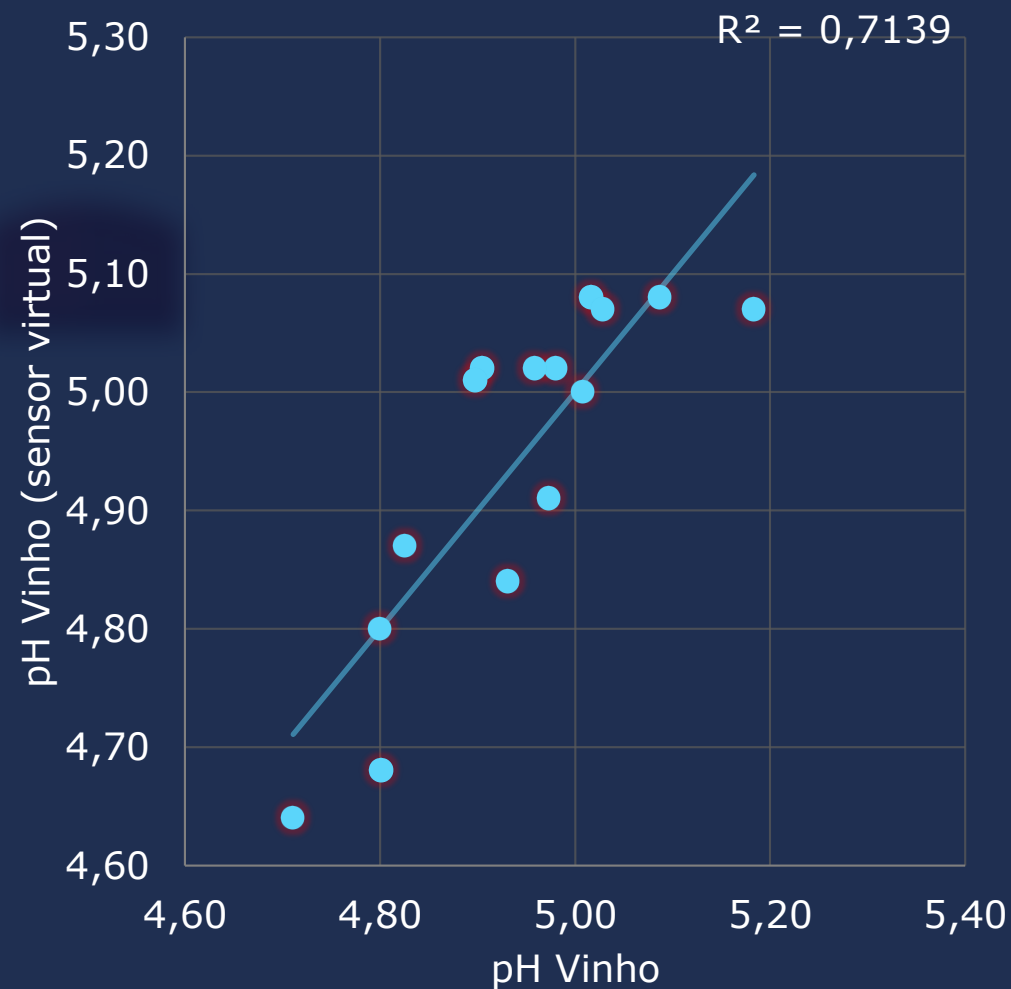
VELOCIDADE DE FERMENTAÇÃO	0,90	1,20
DORNAS	7	7
VOLUME P/ DORNA M3	885	885
VINHO BRUTO – ETANOL (%)	10,0	10,0
TEMPO DE FERMENTAÇÃO	11,12	8,33
PRODUÇÃO DE ETANOL (M3)	800	1.068

Estudo de caso

Sensor Virtual

Medido apenas ao final da fermentação, quando o problema já aconteceu.

Soft-Sensor

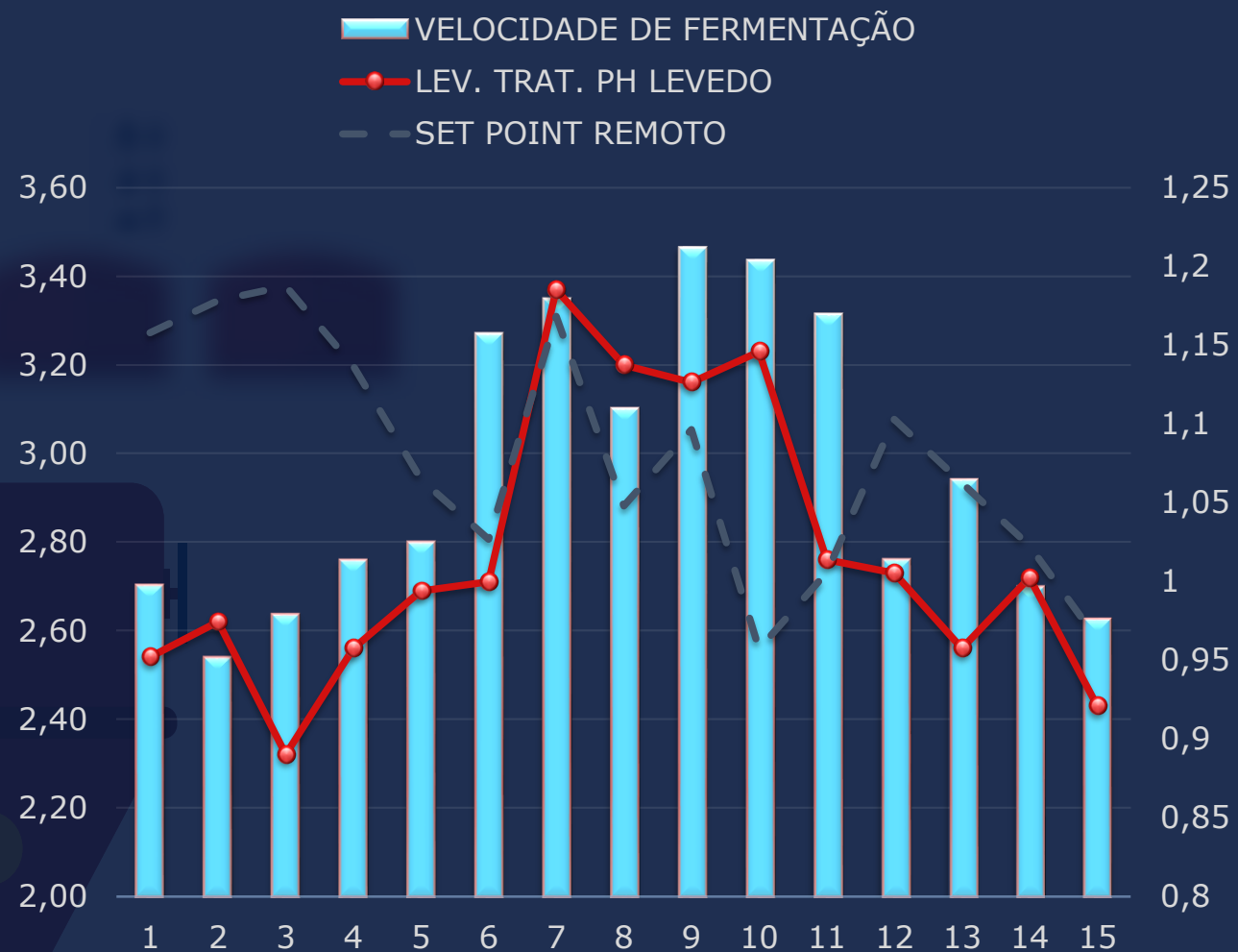


Análise avançada de dados

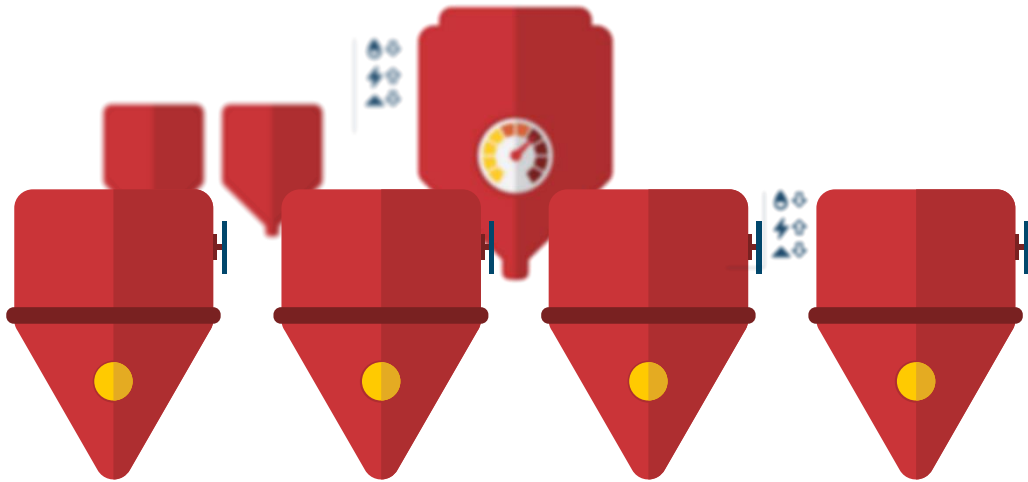


Estudo de caso

Set point remoto



OPERAÇÃO ASSISTIDA



GERENCIAMENTO DA ROTINA



ANÁLISES AVANÇADAS DE DADOS



CONTROLE DE BIOPROCESSOS

LABORATÓRIO

PRÉ-REQUISITOS

- Dados confiáveis
- Automação
- Uso de Cromatografia, NIR ou Ramam*
- Dados integrados + equipamentos calibrados
- Focar mais em análise crítica dos resultados
- Maior sensoriamento e Algoritmos

PLATAFORMA FERMENTEC

ÚLTIMOS 3 ANOS

- Chamados: 850
- Acessos: 5558



AGRADECIMENTO



Fernando Henrique



Thiago Mesquita



Reinaldo Brito



OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Henrique Berbert
de Amorim Neto
henrique@fermentec.com.br



