Quanto vapor e quanta capacidade a sua fábrica perde sem ver?

Identificação de gargalos e economia de vapor na fabricação de açúcar

CAPACIDADE | VAPOR | VARIABILIDADE | RESULTADO

Márcio Lima | Fives FCB | SBA 2026 | 15 min

Gargalo e vapor são a mesma conversa

A variabilidade do processo tira capacidade e gasta vapor ao mesmo tempo

CAUSA COMUM

Variabilidade do processo

Brix instável, vácuo abaixo do projeto, controle em manual

Menos toneladas por hora

Cozimento mais longo: o cozedor “vira” gargalo e a moagem não sobe.

Mais vapor por tonelada de cana

Picos de demanda, sangrias subutilizadas e vácuo ruim consomem vapor que não precisava.

Estabilizar o processo devolve os dois: t/h de capacidade e kg de vapor por t de cana

O gargalo aparente pode não ser o gargalo real

SINTOMA ≠ **CAUSA** ≠ **RESTRIÇÃO**

Cozedores saturados	→	Falta capacidade de cozimento?
Pressão de vapor oscilando	→	Caldeira ou escape insuficientes?
Melaço com pureza elevada	→	Problema de centrifugação?

Não comece pela solução. Comece pelo diagnóstico.

Cozedores a 96%: a causa era o Brix, não a capacidade

Caso ilustrativo com dados simulados

UTILIZAÇÃO DOS COZEDORES	TEMPO DE COZIMENTO	HIPÓTESE DA EQUIPE
96%	**+14%**	**Novo cozedor?**

O QUE OS DADOS MOSTRARAM

Brix do xarope variável → **Supersaturação instável** → **Ciclo mais longo e picos de vapor** → **Capacidade efetiva cai** → **Cozedor aparece como “gargalo”**

Diagnóstico: recuperar a estabilidade do Brix antes de comprar capacidade. Estabilizar também achata a demanda de vapor.

O ciclo invisível: cada problema alimenta o próximo

Cinco problemas que ninguém trata como “o” gargalo — e que se sustentam mutuamente

1 XAROPE

Brix do xarope varia

2 COZIMENTO

Operador compensa “no olho”

3 MASSA COZIDA

Brix baixo na descarga; esgotamento pior

4 VÁCUO E VAPOR

Picos de vapor derrubam o vácuo; água e vapor por t sobem

5 AUTOMAÇÃO

Instrumento lê mal; malhas vão para manual

6 VARIABILIDADE

A oscilação do passo 1 aumenta

Ninguém está errado — mas o sistema inteiro paga por isso, em capacidade e em vapor.

Quatro indicadores que o painel quase nunca mostra

Meça por duas semanas antes de falar em investimento

1 VAPOR

O QUE PARECE

Visto como custo “normal da safra”

O QUE EU MEÇO

kg de vapor/t de cana por estação; perfil de vapor por cozimento

2 BRIX DO XAROPE

O QUE PARECE

Visto como “variação normal de processo”

O QUE EU MEÇO

Desvio-padrão do Brix por turno × vazão e nível

3 VÁCUO E ÁGUA

O QUE PARECE

“Aceitável” no painel, mas abaixo do projeto

O QUE EU MEÇO

Vácuo real × projeto; temperatura da água; entrada de ar

4 AUTOMAÇÃO

O QUE PARECE

“Não funciona” — e o operador vai para manual

O QUE EU MEÇO

% do tempo em malha manual; estado das sondas e válvulas

Onde o vapor se perde na fábrica de açúcar

Cada estação tem uma perda típica e um sinal que dá para medir

1 EVAPORAÇÃO

ONDE SE PERDE

Poucas sangrias e incrustação: mais vapor vivo para o mesmo xarope

SINAL MEDÍVEL

Brix de saída, ΔT por efeito, vapor por t de água evaporada

2 COZIMENTO

ONDE SE PERDE

Picos de demanda no início de cada batelada; operador compensa “no olho”

SINAL MEDÍVEL

Perfil de vapor e pressão do escape por cozimento

3 VÁCUO E CONDENSAÇÃO

ONDE SE PERDE

Vácuo abaixo do projeto e incondensáveis: ciclo maior, mais vapor por t de açúcar

SINAL MEDÍVEL

Vácuo real × projeto; temperatura da água

4 CONDENSADO

ONDE SE PERDE

Condensado e flash sem recuperar; vapor tratado como custo normal

SINAL MEDÍVEL

Retorno de condensado; temperatura de descarte

Ordem de grandeza do setor: ~400 kg de vapor/t de cana em usinas convencionais; ~350 ou menos com integração térmica. .

Cada equipamento Fives FCB responde a uma causa medida

Portfólio Fives FCB — o equipamento entra depois do diagnóstico

EVAPORADOR FALLING FILM

RESOLVE

Brix do xarope instável; incrustação

GANHO EM VAPOR

Menor ΔT: permite mais sangrias e menos vapor vivo

CONFIRMO MEDINDO

Brix de saída, incrustação, vapor por t de água evaporada

COZEDOR CONTÍNUO

RESOLVE

Picos de vapor; cristal irregular; Brix baixo

GANHO EM VAPOR

Demanda de vapor constante, sem picos de batelada

CONFIRMO MEDINDO

Perfil de vapor, CV do cristal, pureza do melaço

CONDENSADOR BAROMÉTRICO

RESOLVE

Vácuo abaixo do projeto; água em excesso

GANHO EM VAPOR

Ciclo mais curto e menos vapor por t de açúcar

CONFIRMO MEDINDO

Vácuo real, temperatura da água, incondensáveis

Comece pela sonda de Brix: instrumente e meça por duas semanas — antes de falar em investimento

Quanto vale eliminar o gargalo e o vapor desperdiçado?

Exemplo ilustrativo — substitua pelos dados e pela margem da usina

CAPACIDADE

+2 t açúcar/h × 20 h/dia × 180 dias

7.200 t/safra

× margem incremental = R$ / safra

VAPOR

−30 kg vapor/t cana × 1,44 Mt cana/safra

≈ 43.000 t de vapor

≈ 19.600 t de bagaço (÷ ~2,2 t vapor/t bagaço) × valor do bagaço ou da energia = R$ / safra

A pergunta muda: quanto custa NÃO resolver a restrição?

1,44 Mt cana = 400 t/h × 20 h/dia × 180 dias. Valores ilustrativos.

Comece pelo menor investimento que resolva

Recupere a capacidade existente antes de comprar capacidade nova

OPERAÇÃO / ESTABILIZAÇÃO	**$**	Estabilizar o Brix, rotinas de cozimento, limpeza de evaporadores, caça a vazamentos de vapor
AUTOMAÇÃO / CONTROLE	**$$**	Sondas de Brix, malhas fora do manual, controle de pressão de vapor e de vácuo
MODIFICAÇÃO	**$$$**	Novas sangrias, rearranjo de efeitos, melhoria do sistema de vácuo
NOVO EQUIPAMENTO	**$$$$**	Evaporador falling film, cozedor contínuo, condensador barométrico

Quanto custa o gargalo — e o vapor — que a sua fábrica ainda não enxerga?

DIAGNÓSTICO DE GARGALOS E VAPOR — 2 SEMANAS

1 MEDIR

Instrumentar os pontos-chave e coletar dados por duas semanas

2 BALANCEAR

Balanço de massa e de energia da estação de açúcar

3 PRIORIZAR

Lista de restrições ordenada por R$/safra, da operação ao CAPEX

IDENTIFICAR → QUANTIFICAR → RESOLVER → MEDIR

Márcio Lima | Fives FCB | marcio.lima@fivesgroup.com



fives

Industry can do it