

Evaporadores *Falling Film* Funcionam ?

Apresentação

- Nome: **Álvaro Salla**
- Função: **Consultor de Eng^a Térmica**
- Atuação: **Evaporadores, Condensadores e Trocadores de Calor**

Requisitos do *Falling Film*

- Boa Alimentação de Vapor de Aquecimento;
- Boa Drenagem de Condensado e Degasagem;
- Vazão Constante de Caldo;
- Formação do Filme/Película nos Tubos;

Drenagem de Condensado

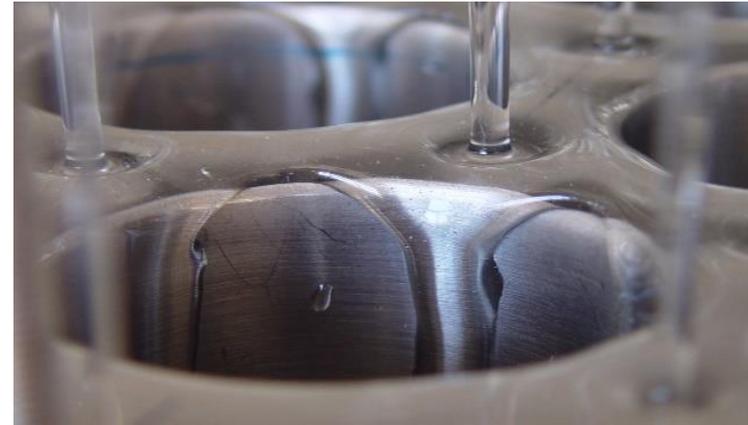
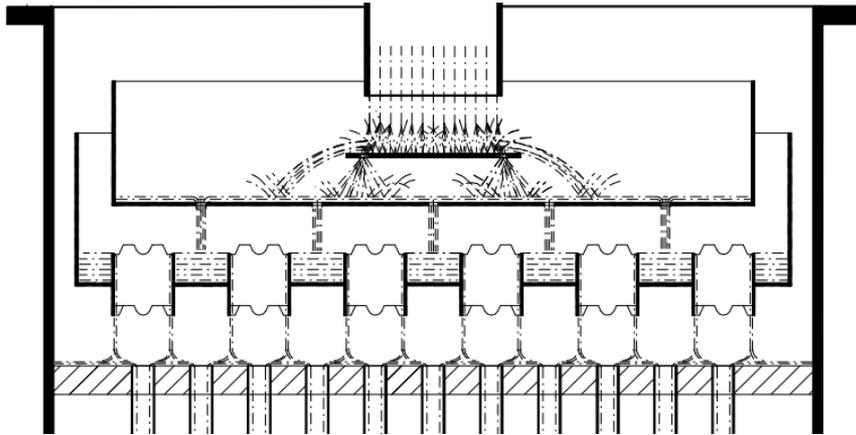


Saída de Condensado pela degasagem do evaporador, especialmente nas partidas depois da limpeza

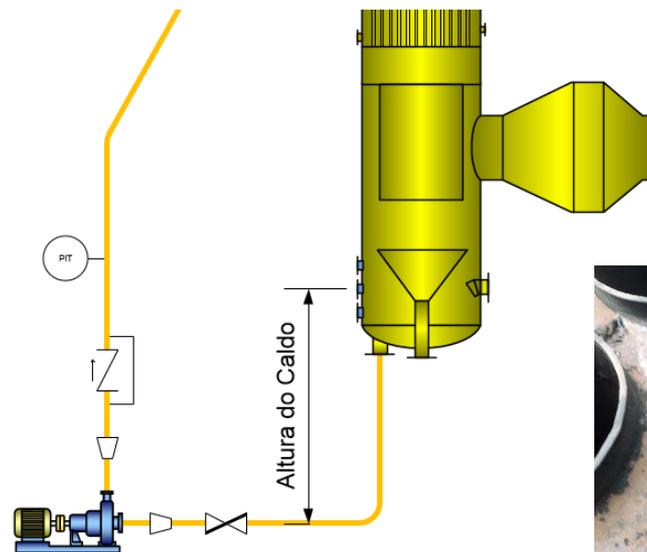
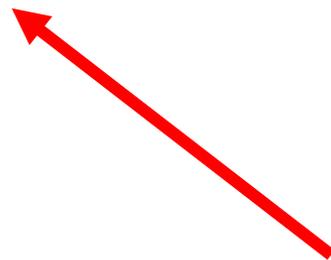


Saída de vapor pela válvula de alívio em um tanque de condensado **PRESSURIZADO sem Equalização**

Distribuição de Caldo



A bomba de circulação deve alimentar constantemente o caldo para que os níveis nas bandejas se mantenham e, o filme no tubos seja formado adequadamente.



Caldo Queimado



Distribuidor Bandeja Única



Furos de ϕ pequeno podem entupir



Bocal de Entrada de Caldo



Distribuidor “Rebelde”



Pino Guia
Quebrado



Distribuidor “Rebelde”

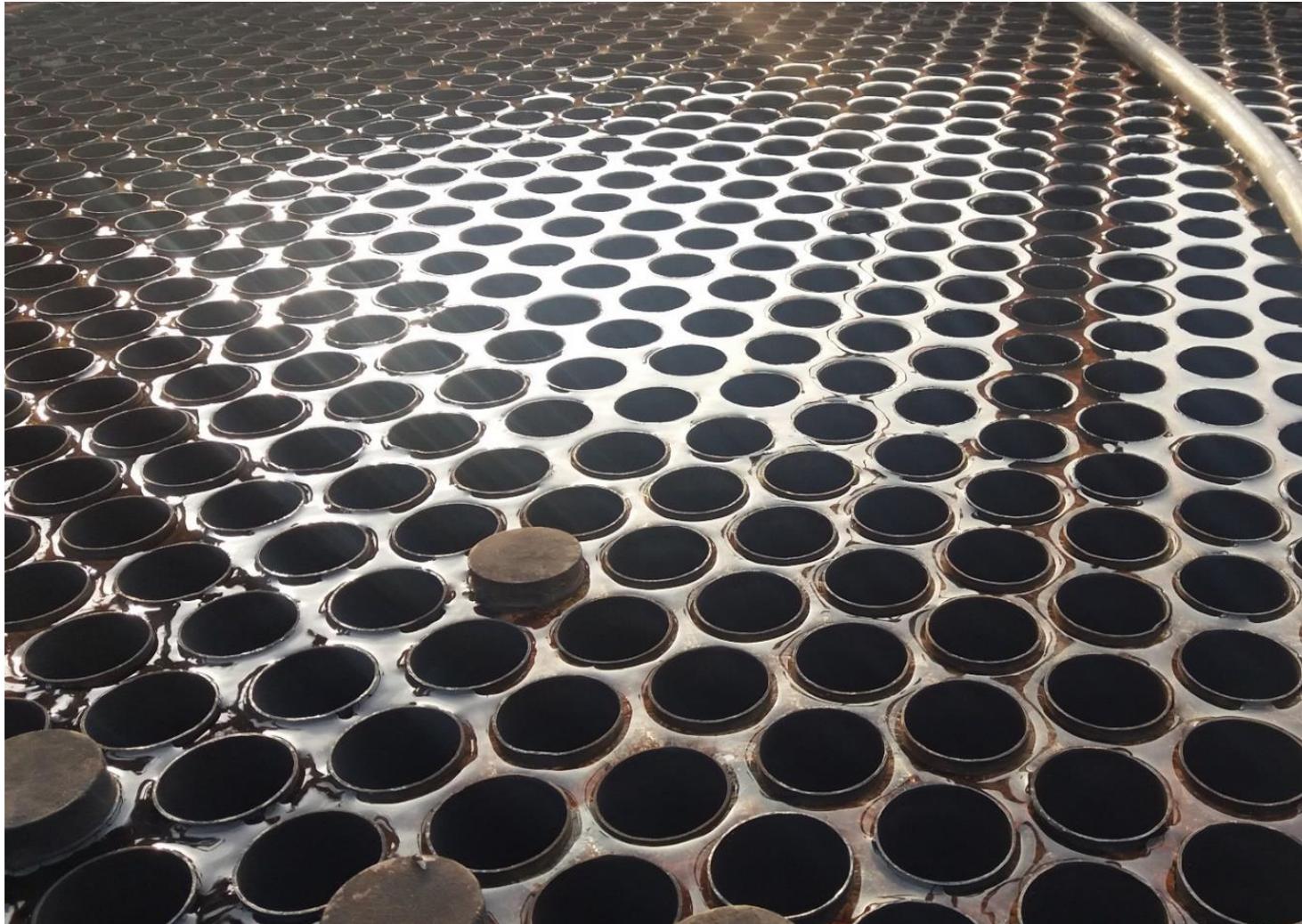


Posição **CORRETA**



Posição **ERRADA**

Tubos Desnivelados



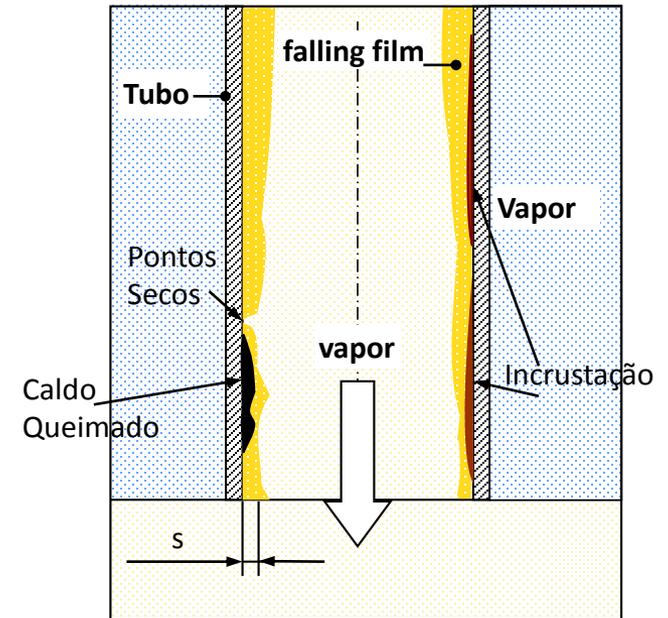
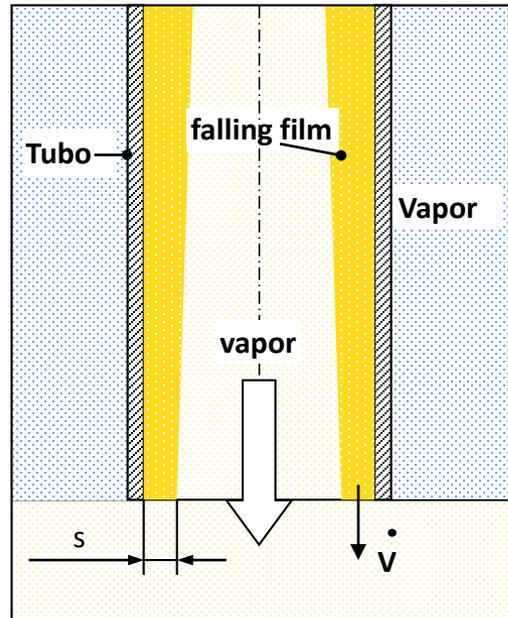
Falta de cuidados na fabricação e/ou na retubagem

Molhabilidade & Vazão

$$\text{Taxa de Molhabilidade} = \frac{\dot{V}}{U}$$

\dot{V} = Vazão de Caldo

U = Perímetro dos tubos

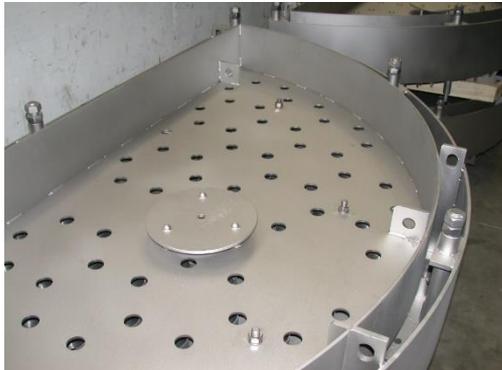
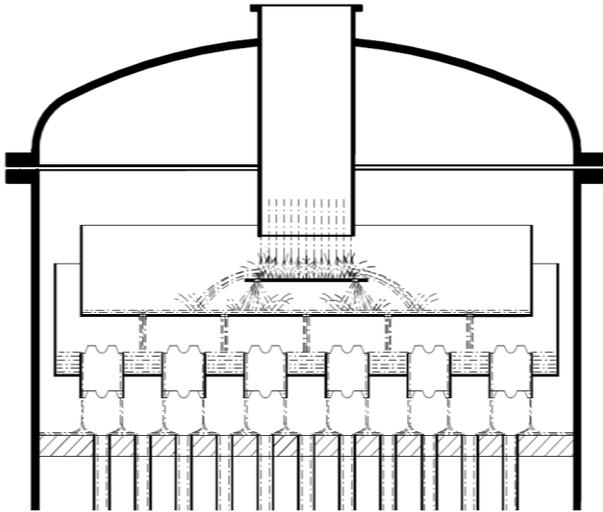


A vazão de circulação depende de: Comprimento dos tubos, Taxa de Molhabilidade, Área de Troca Térmica e da Capacidade de Evaporação.

Comprimento dos Tubos

4.000 m ²	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m
m ³ /h	870	720	620	550	500
Nº Tubos	3.292	2.636	2.196	1.884	1.648

Distribuidor de 2 Bandejas



Distribuidor de 2 Bandejas com **passagem de Vapor Flash do caldo**

- O caldo deve ser alimentado igualmente em todo o perímetro do tubo;
- A taxa de molhabilidade aplicada deve considerar o tipo de caldo e comprimento dos tubos,
- A vazão de caldo no distribuidor tem uma faixa de trabalho, caso a capacidade da estação seja alterada, o distribuidor deve ser avaliado;
- **Permitir o fluxo de Vapor Flash do caldo para evitar flutuações;**
- **Permitem ϕ furos maiores na 1ª bandeja e evitam obstrução**

Check List Projeto

- Vazão de Caldo Adequada, Taxa de Molhabilidade;
- Distribuidor de Caldo na Posição, Nível Mínimo nas Bandejas, Saída de *Flash do Caldo*;
- Nivelamento dos Tubos;
- Velocidade Sônica do Vapor na Saída dos Tubos, (Turbulência no Filme causada pelo Vapor);
- $NPSH_d$ bomba de Circulação, Controle de Nível na Bacia;
- Entrada de Vapor, Drenagem de Condensado e Degasagem;
- Separador de Arraste para o Perfil da Usina;

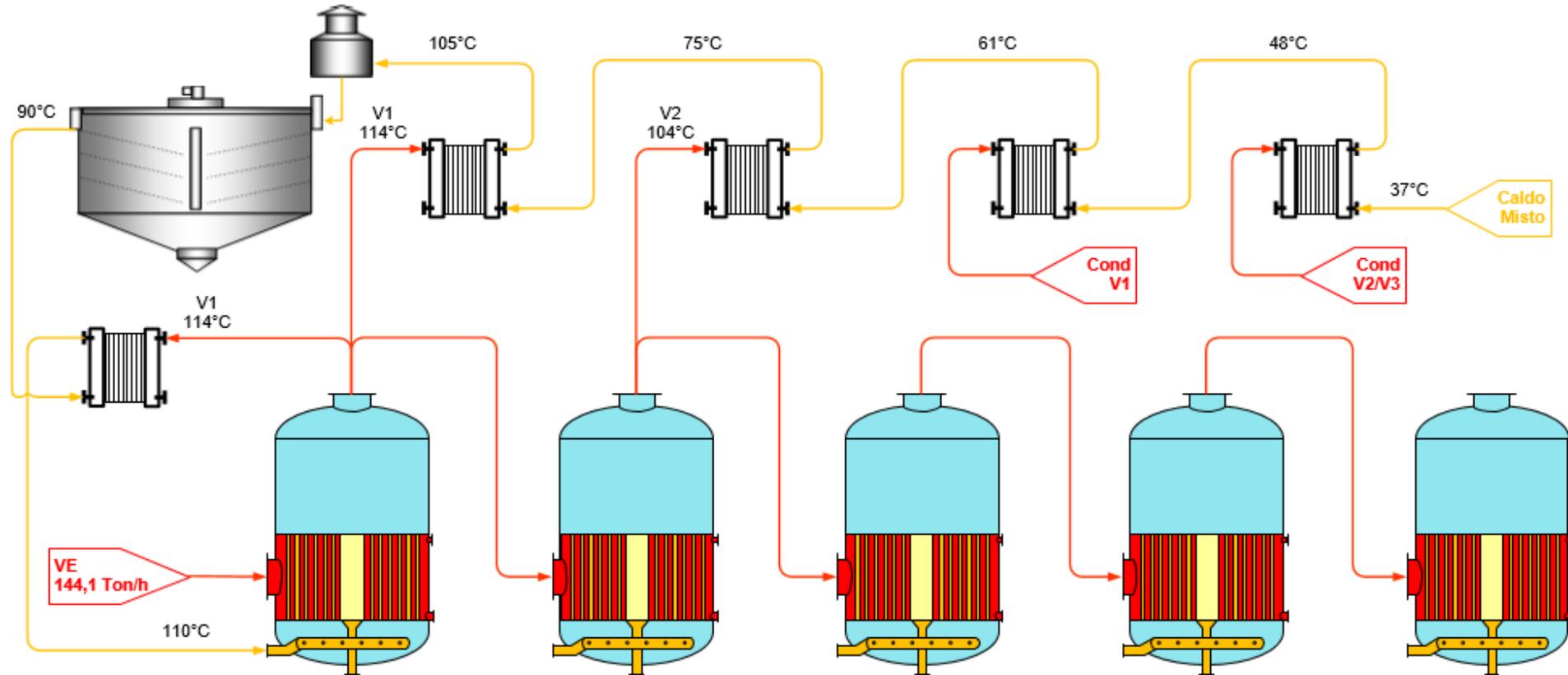
Por que *Falling Film* ?

- **FATO**: *Falling Film* tem maior coeficiente de troca térmica em comparação com o *Robert*;
- **CONSEQUÊNCIA**: Permite um menor diferencial de temperatura entre vapor e o caldo (ΔT) e **NÃO** menor Área de Troca Térmica (“Equívoco” do vendedor);
- **VANTAGEM**: Permite obter vapores vegetais a temperaturas e pressões mais altas, podendo “retardar” as sangrias e reduzir demanda de Vapor de Escape e Gerar mais Energia Elétrica (**CAPEX x OPEX**)

Estudo de Caso

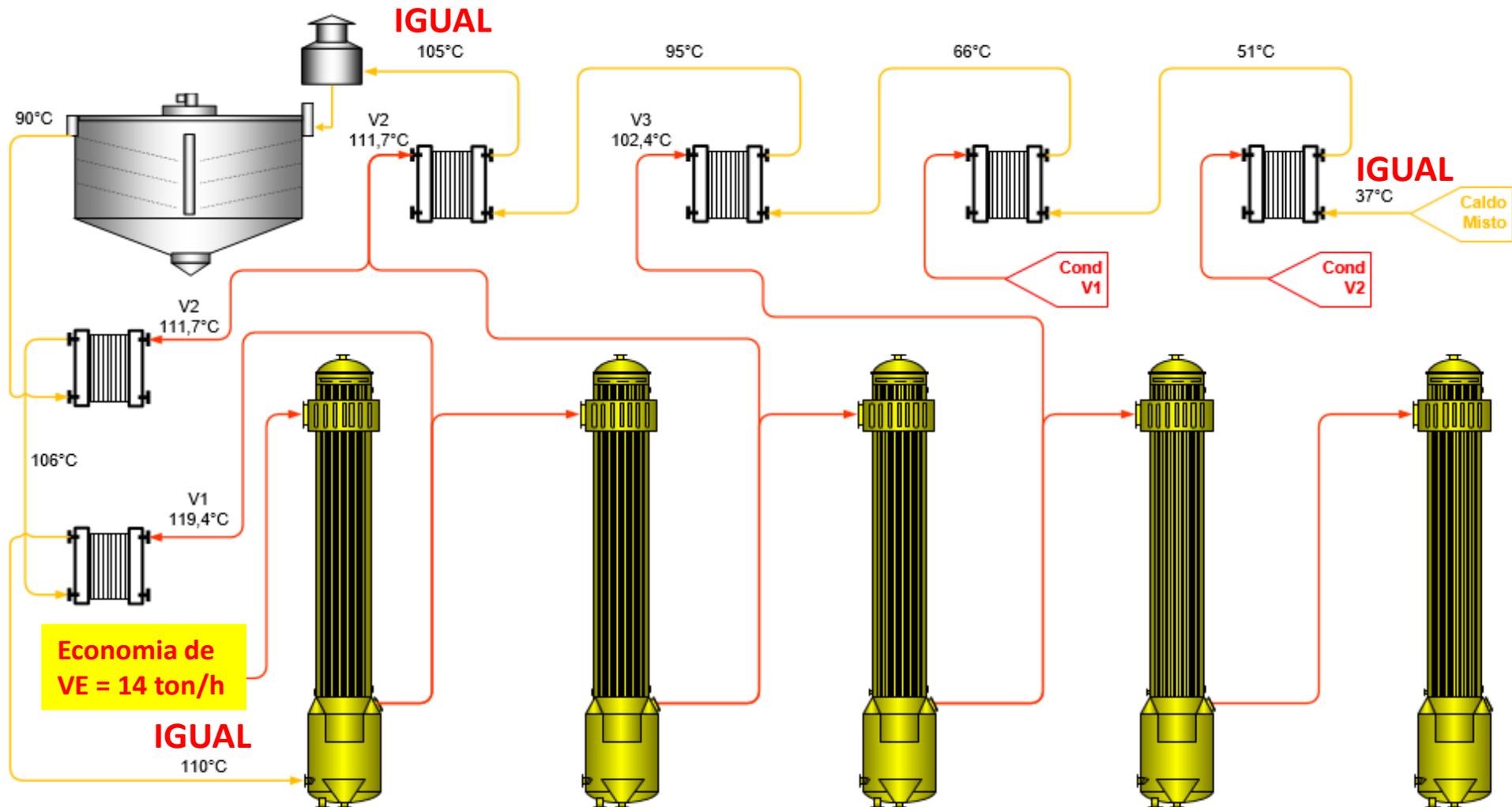
- Usina em SP
- Moagem: 8.640 TCD - 2,1 Milhões/Safra
- Produção de Açúcar: 13.000 Sacos/dia
- Produção de Hidratado: 136 m³/dia
- Geração Elétrica: 34,5 MW (25 CP e 9,5 CD)
- Saldo para Exportação: 23,7 MW

Atual com Robert



Fazendo o balanço com *Falling Film* e otimizando o tratamento de caldo, temos ➔

Proposto com *Falling Film*



Mantendo as demais sangrias para a Destilaria e para a Fábrica de Açúcar

Resumo

Parâmetro	Robert	<i>Falling Film</i>
Consumo de VE na Evaporação (ton/h)	144,1	130,1
Redução de Consumo de VE na Evaporação (ton/h)	x-x-x	14,0
Vapor para Turbina de Contra Pressão (ton/h)	149,0	135,0
Geração na Turbina de Contra Pressão (MW) 6 kgv/MW	25,0	22,7
Vapor para Turbina de Condensação (ton/h)	37,0	51,0
Geração na Turbina de Condensação (MW) 3,9 kgv/MW	9,5	13,0
Geração Elétrica Total (MW)	34,5	35,7
Saldo de Energia para Exportação (MW)	23,7	24,9
Receita Exportação de Energia Mensal (210 R\$/MW) Anual (Safrá 8 meses)	R\$ 3.584.537 R\$ 28.676.303	R\$ 3.769.451 R\$ 30.155.613
Receita Adicional Mensal Anual (Safrá 8 meses) (Descontando Bombas)	x-x-x x-x-x	R\$ 148.187 R\$ 1.185.498
Consumo Específico de Vapor (kg Vapor / Ton cana)	422,3	382,7

Dados do Balanço

Parâmetro	Robert	<i>Falling Film</i>
Entrada de Caldo (ton/h / Brix)	334,4 / 13,6	334,4 / 13,6
Saída do Xarope (ton/h / Brix)	75,3 / 60,0	75,3 / 60,0
Vapor de Escape (ton/h / °C)	144,1 / 126,1	144,1 / 126,1
Vapor Vegetal 1 Sangria Total (ton/h / °C)	56,0 / 114,0	23,6 / 119,4
Vapor Vegetal 2 Sangria Total (ton/h / °C)	60,0 / 104,0	66,3 / 111,7
Vapor Vegetal 3 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 99,0	19,4 / 102,4
Vapor Vegetal 4 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 86,0	0,0 / 90,3
Vapor Vegetal 5 Sangria Total (ton/h / °C)	0,0 / 65,8	0,0 / 72,0
Vapor para Barométrico (ton/h)	19,4	11,4
Vazão de Água para Barométrico (32 -> 48°C) (ton/h)	745,5	441,4
Potência Consumida Bombas Água Barométrica (kW)	155,6	92,1

Agradeço à generosa atenção

Comentários ou dúvidas ?

Contato

- **Álvaro Salla**
- **alvaro.salla@foxtermo.com.br**
- **Cel: (011) 98855 6006**
- **www.foxtermo.com.br**