



# PERFORMANCE E DIAGNÓSTICO EM TURBINAS A VAPOR

POR HENRIQUE MENEZES | TURBIVAP



# APRESENTAÇÃO

\_HENRIQUE MENEZES

HENRIQUE MENEZES É ENGENHEIRO MECÂNICO, ESPECIALISTA EM TURBOMÁQUINAS, COM 25 ANOS DE EXPERIÊNCIA NA ÁREA, TENDO TRABALHADO EM EMPRESAS MULTINACIONAIS NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA COM FOCO EM SERVIÇOS OU NOVAS UNIDADES



# NORMAS APLICÁVEIS

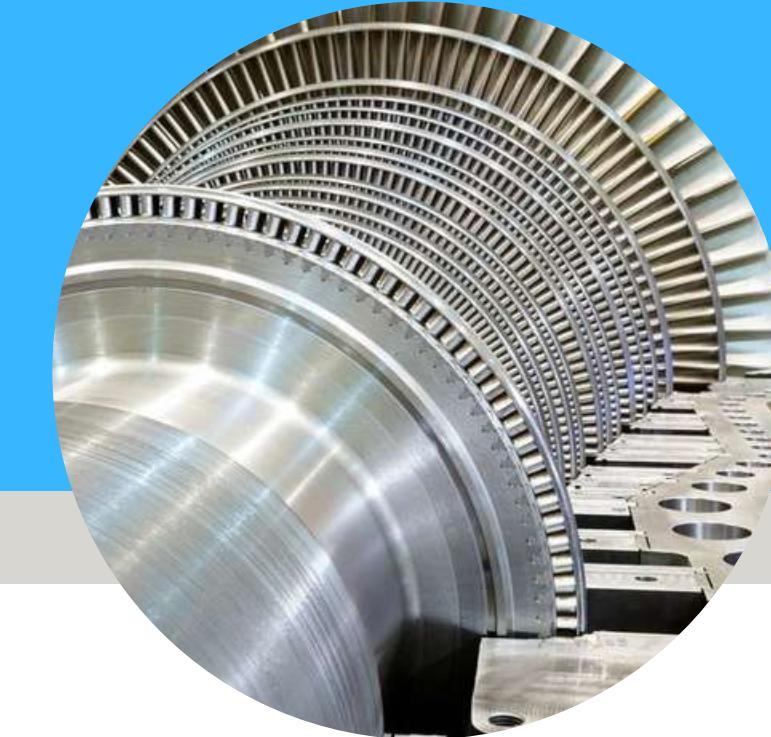
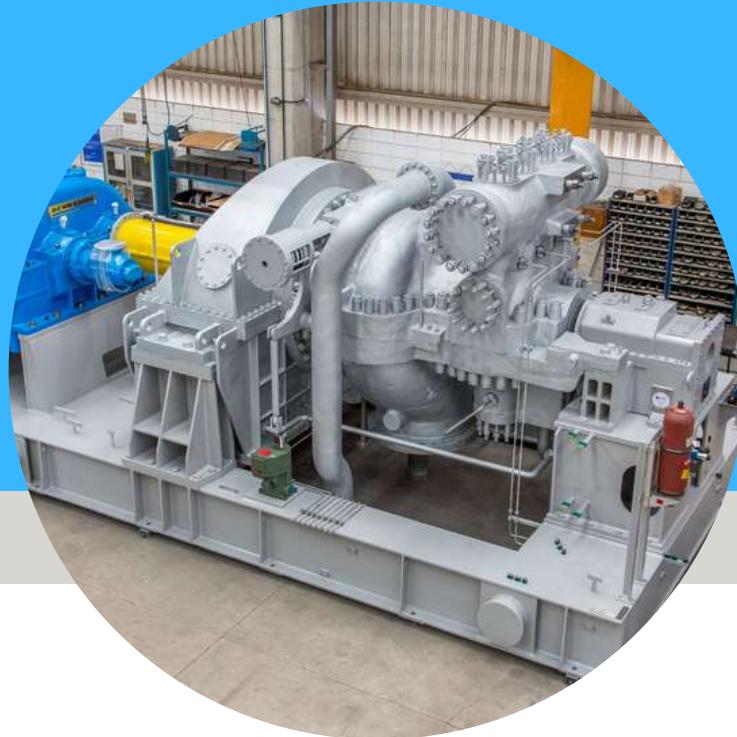
## DIN 1943: THERMAL ACCEPTANCE TESTS OF STEAM TURBINES

Escopo: aplicação de testes termodinâmicos de aceitação em turbinas a vapor de todos os tipos e tamanhos Objetivo: regras uniformizadas para preparação e condução de testes e análise dos resultados. Desvios adicionais devem ser discutidos entre fornecedor e cliente para um comum acordo.

## OUTRAS NORMAS: ISO 5167

Escopo: medição de vazão de fluidos por pressão diferencial, VDI 2040 (medição de vazão de fluidos usando placas de orifício).

# PERFORMANCE E DIAGNÓSTICO



COMO?

PARA QUÊ?

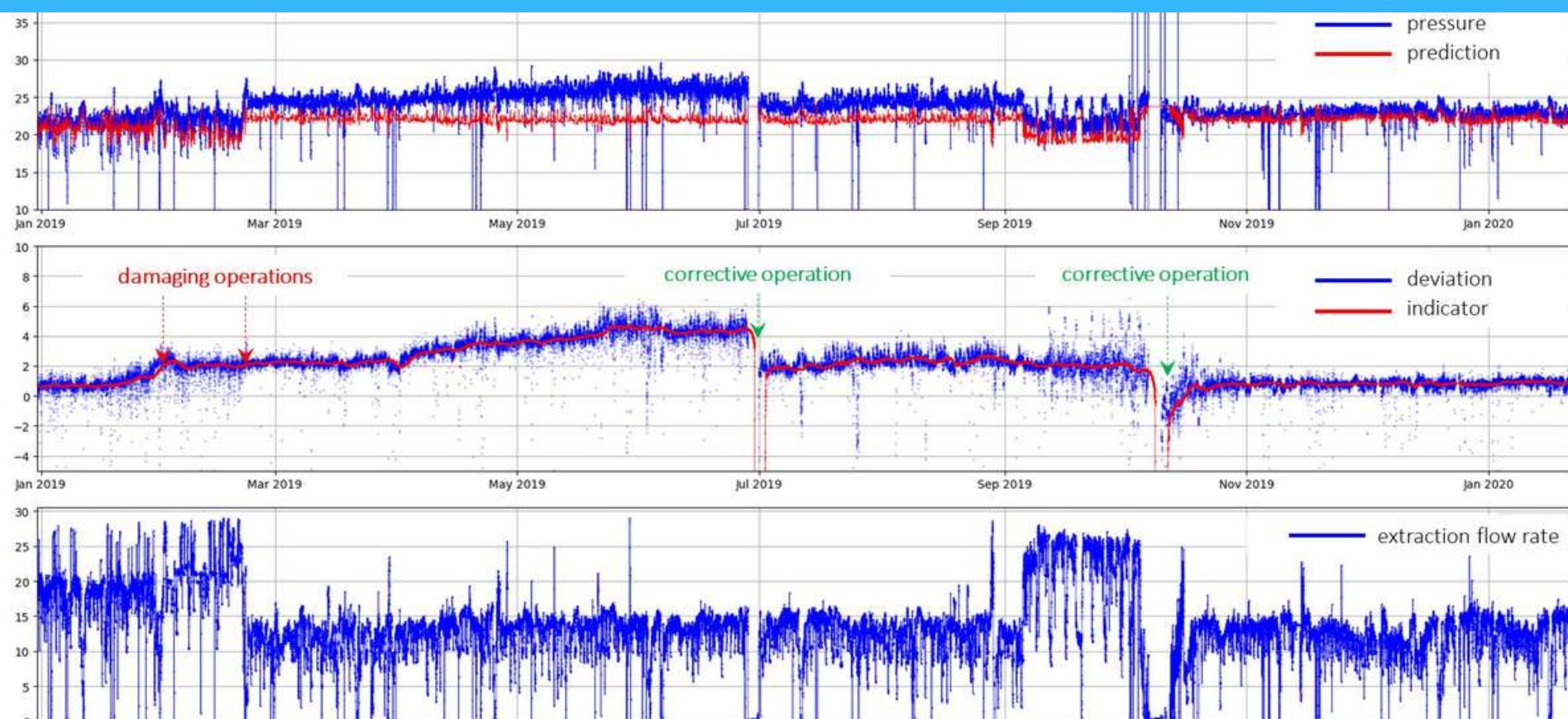
QUANDO?

## OBJETIVO

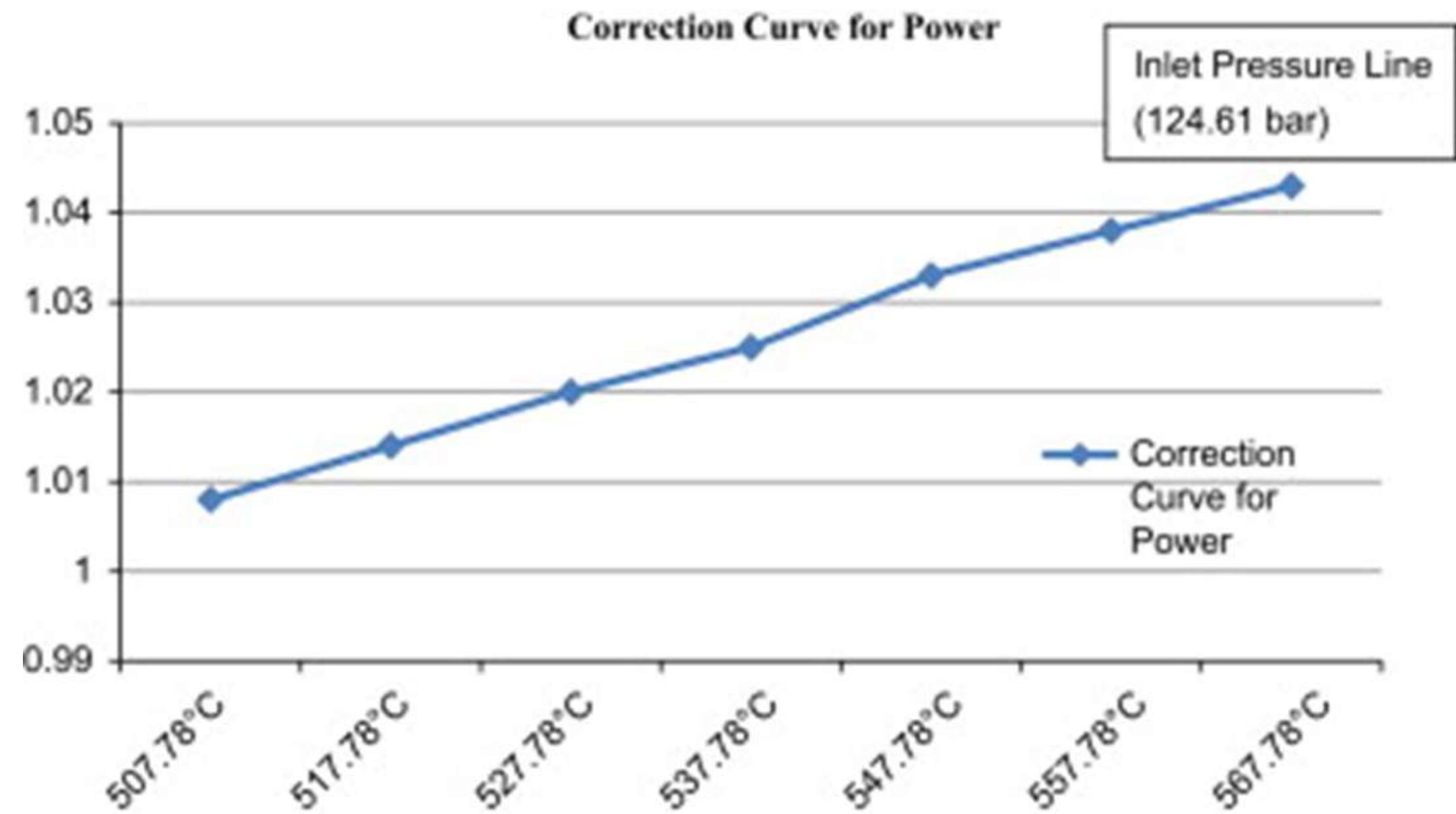
- Dados coletados têm por finalidade o cálculo de consumo de vapor e potência ativa;
- Compara-se os dados garantidos com os resultados dos testes para determinar a eficiência do equipamento;
- Considera-se incertezas e imprecisões da instrumentação;
- Correção dos resultados dos testes para as condições de garantia;

\_COMO FAZER?

# PROCEDIMENTOS DE MEDIDAÇÃO DE PERFORMANCE



# PROCEDIMENTOS DE MEDAÇÃO DE PERFORMANCE



EXEMPLO DE CURVA PARA CORREÇÃO DE POTÊNCIA  
EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE VAPOR VIVO

## CONDIÇÕES DA PLANTA

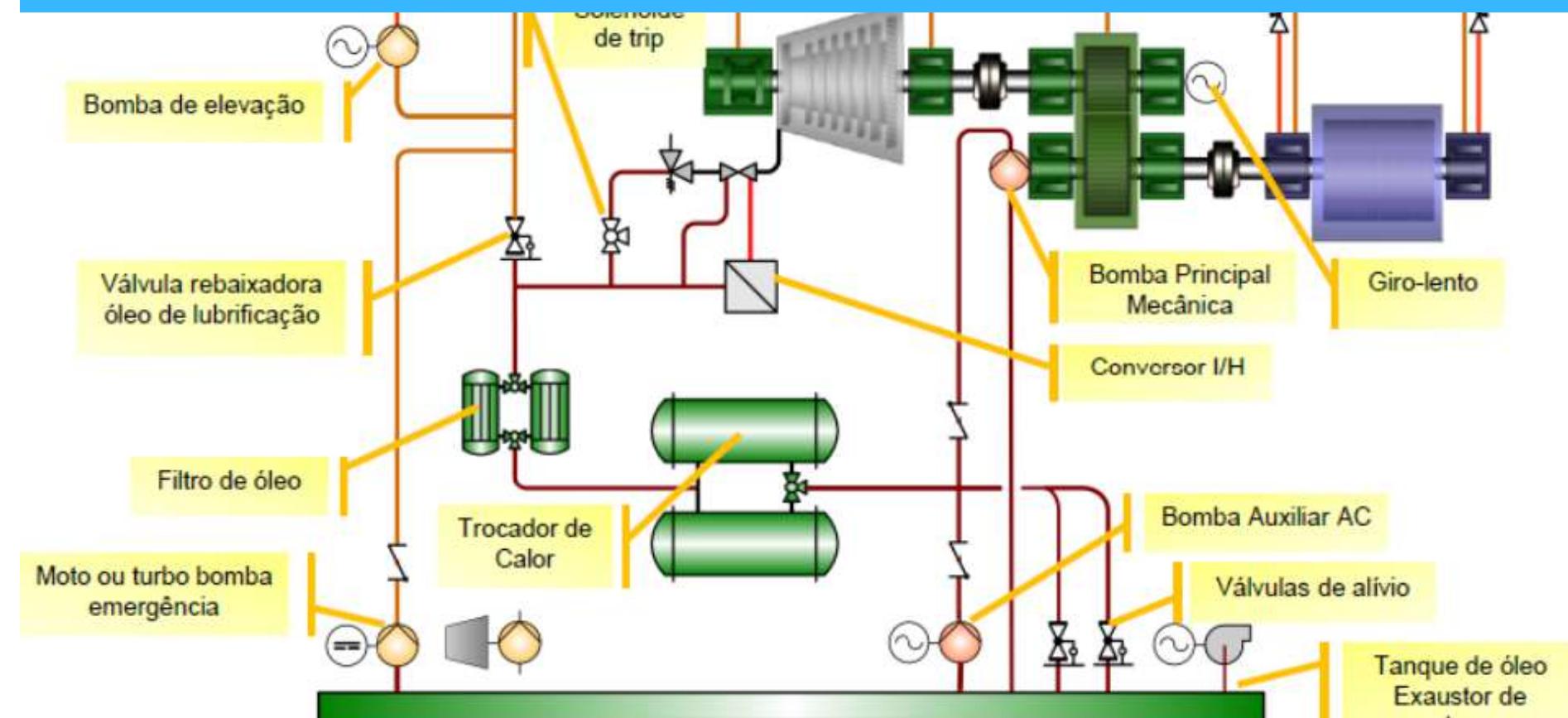
- Pontos de medição

Localização

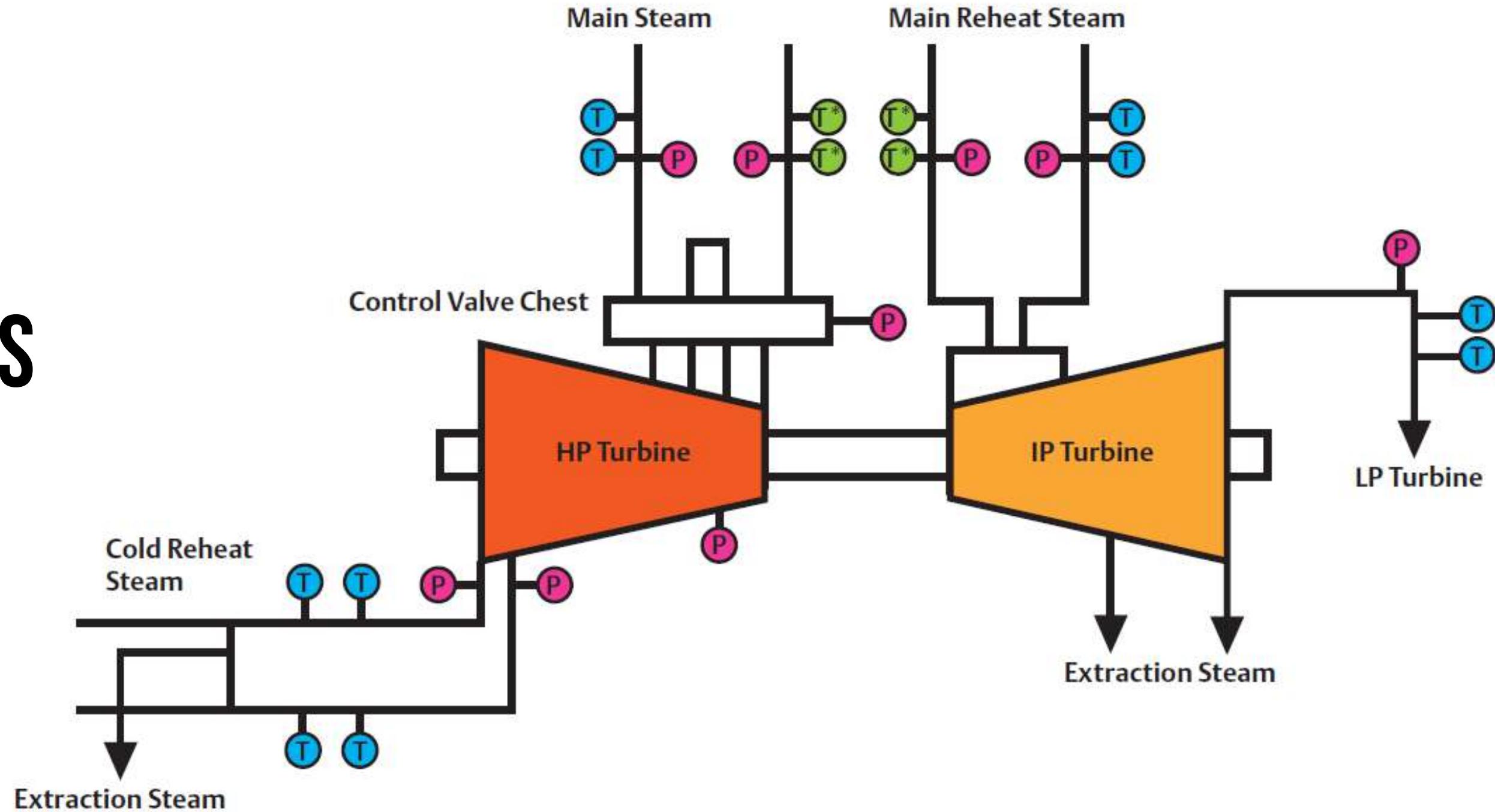
- Acompanhar com fluxograma (como é a turbina?)
- Medidor de vazão
- Medidor de temperatura
- Medidor de pressão
- Fechamento de drenos e respiros da tubulação entre turbina e pontos de medição ;
- Planta estabilizada
- Duração do teste entre 1h e 2h

\_COMO FAZER?

# PROCEDIMENTOS DE MEDAÇÃO DE PERFORMANCE



# PROCEDIMENTOS DE MEDAÇÃO DE PERFORMANCE



CONDIÇÃO DA PLANTA | PONTOS DE MEDAÇÃO

## VÁLVULAS

- Posição das válvulas de controle de admissão
- Totalmente abertas, de acordo com DIN 1943, para redução ao mínimo das perdas por estrangulamento

\_COMO FAZER?

# PROCEDIMENTOS DE MEDAÇÃO DE PERFORMANCE



## INSTRUMENTAÇÃO

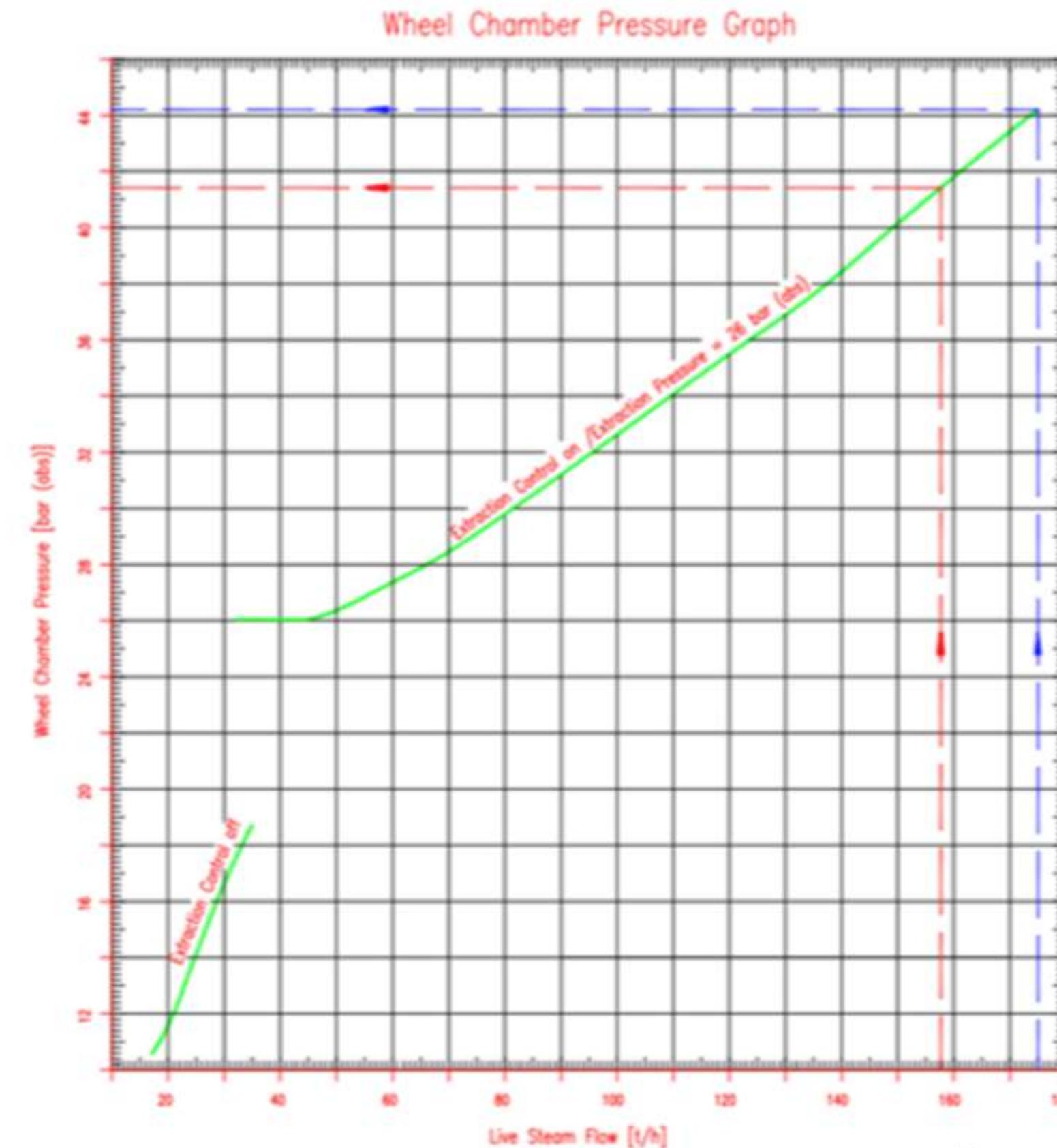
- Utilização de instrumentos calibrados, podendo ser da própria turbina
- Temperatura: termopares ou termorresistências
- Pressão: transmissores de pressão
- Vazão: Placas de orifício com medição de pressão diferencial
- Rotação: pick up magnético
- Potência elétrica: Wattímetro

\_COMO FAZER?

# PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DE PERFORMANCE



# CÁLCULO DA VAZÃO DE VAPOR VIVO PELA PRESSÃO DA CÂMARA DA RODA





# CÁLCULO DE POTÊNCIA DA TURBINA

$$P = m * \Delta H$$

P: potência gerada (Kw)

m: vazão mássica (kg/s)

$\Delta H$ : variação de entalpia (Kj/Kg)

## CONSIDERAÇÕES

- Rendimento da turbina (eficiência termodinâmica)
- Queda isentrópica: toda energia disponível para a turbina
- Entalpia do vapor (kJ/kg) na saída considerando entropia de entrada de vapor (kJ/kg.k) e pressão de escape
- Perdas mecânicas
- Perdas elétricas (quando aplicável)

# CÁLCULO DE POTÊNCIA DA TURBINA





# CÁLCULO DE POTÊNCIA DA TURBINA

$$P = (m * \Delta H * \eta) - p$$

P: potência gerada (Kw)

m: vazão mássica (kg/s)

$\Delta H$ : salto entálpico disponível (Kj/Kg)

$\eta$ : eficiência termodinâmica

p: perdas (kW)

## EXEMPLO CÁLCULO DE POTÊNCIA

Vapor vivo

- 120 bar abs
- 520C

Vazão

- 60 ton/h

Escape

- 12 bar abs
- 240C

$\Delta H$  disponível

- 603 kJ/kg

$\Delta H$  real

- 491 kJ/kg

Rendimento termodinâmico

- 81,4%

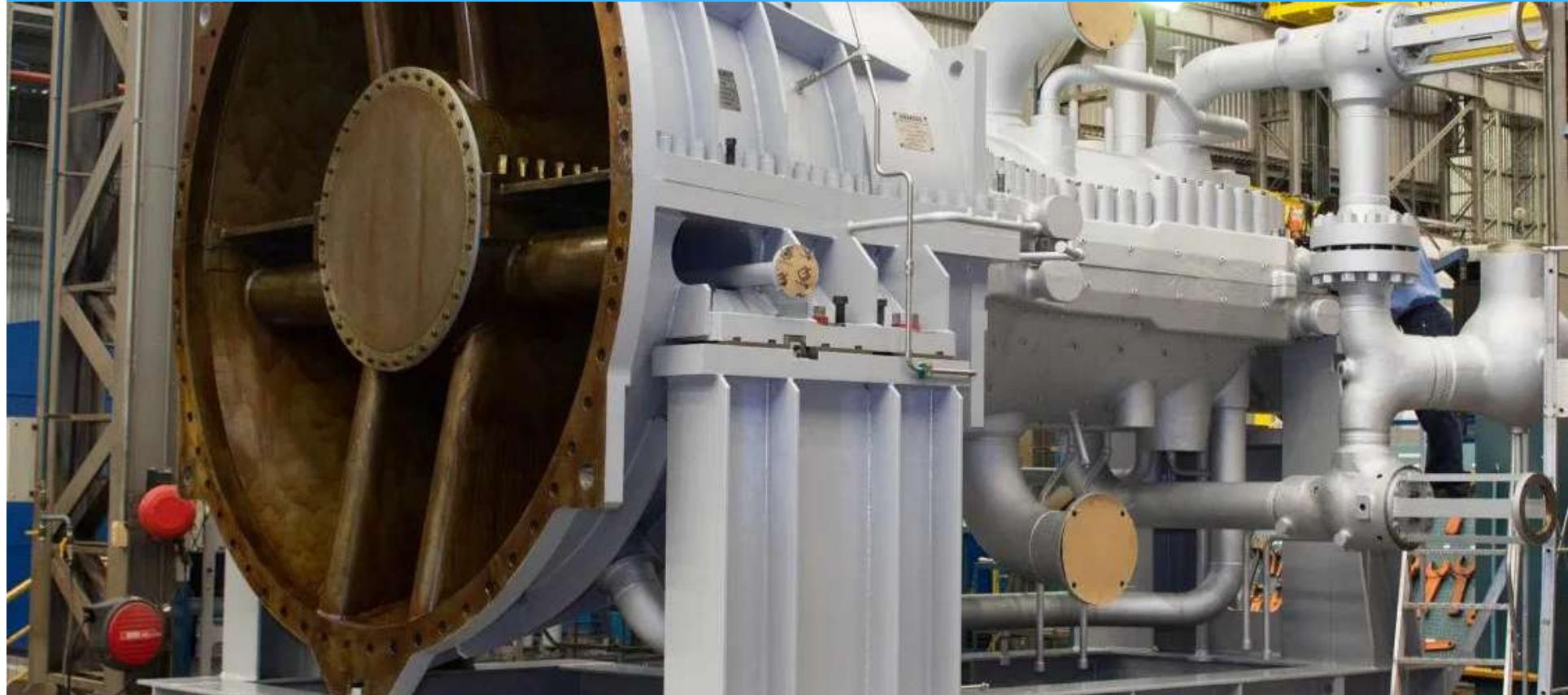
Perdas

- 100 kW

Potencia gerada

- 8083 kW

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



## FALTA DE POTÊNCIA

- Alteração observada: alta temperatura de escape (turbinas de contrapressão com vapor superaquecido no escape), aumento da pressão da câmara da roda, aumento da vazão de vapor
- Possível causa: baixa eficiência na turbina

Analisar:

- Folgas nas vedações (labirinto, fitas, etc)
- Danos nos labirintos
- Desgate no palhetamento/blocos dos injetores/diafragmas
- Incrustação/corrosão

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



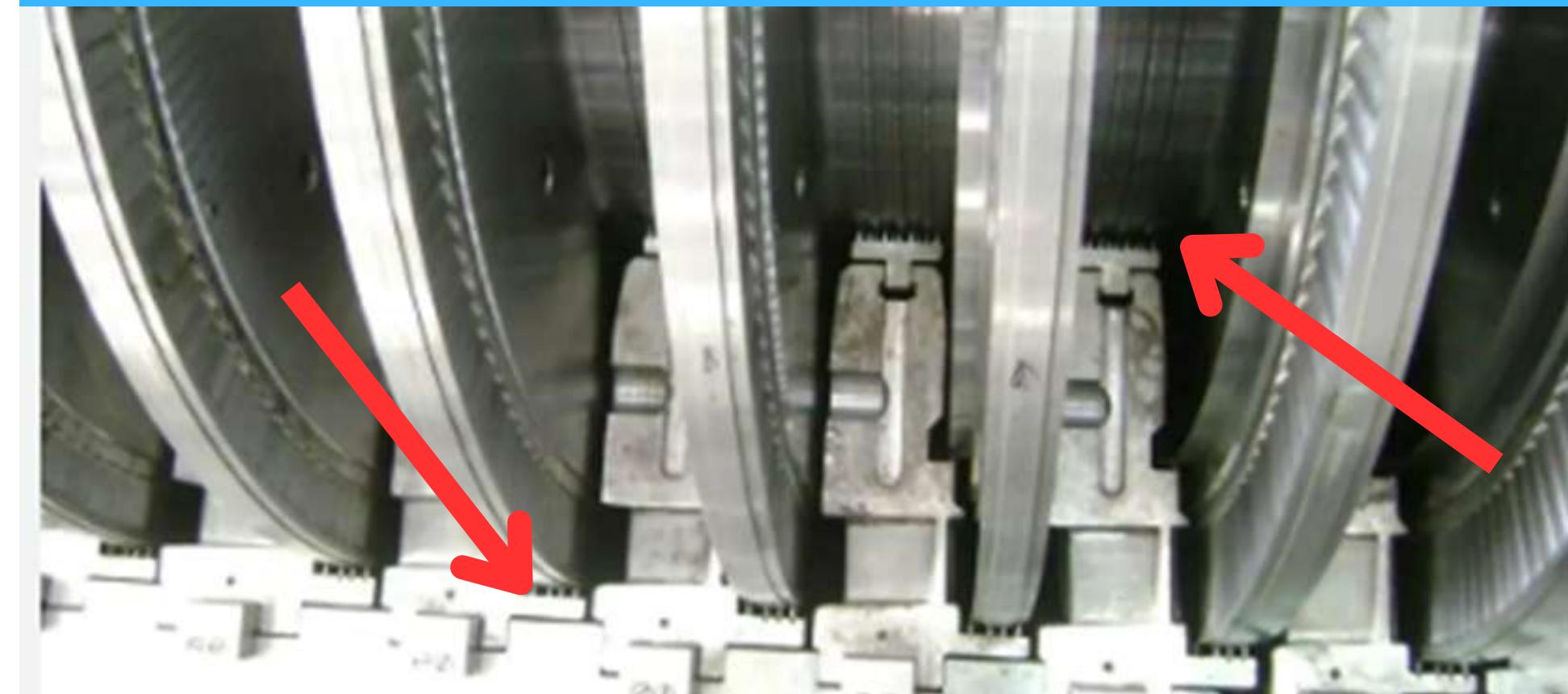
## FALTA DE POTÊNCIA

- Folgas de palhetamento e diafragma

Analizar:

- Folgas nas vedações (labirinto, fitas, etc)
- Danos nos labirintos
- Desgate no palhetamento/blocos dos injetores/diafragmas
- Incrustação/corrosão

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



## FALTA DE POTÊNCIA

- Fornecimento de vapor vivo: caso haja uma limitação da caldeira, a vazão de vapor vivo pode não ser suficiente para alimentar a turbina; nesse caso, é comum começar a ocorrer uma redução na pressão de admissão quando a demanda por maior potência aumenta

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



## FALTA DE POTÊNCIA

- Contrapressão muito alta: Provoca redução da energia disponível para a turbina;
- Importante ressaltar que a turbina em si não determina a contrapressão, e sim o processo do cliente;
- Pode haver uma relação com perda de carga excessiva no processo, causado, por exemplo, por um diâmetro de tubulação subdimensionado;

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



## FALTA DE POTÊNCIA

### Turbina de Condensação

- Problemas de vácuo: selagem, ejetores, intercondensadores
- Reduz a energia disponível para a turbina a vapor

Possíveis causas:

- Troca térmica condensador de superfície: analisar temperatura de água de resfriamento, temperatura da saída de água de resfriamento
- Problemas no ejetores
- Operação: quais ejetores estão em funcionamento (partida, trabalho)

## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE

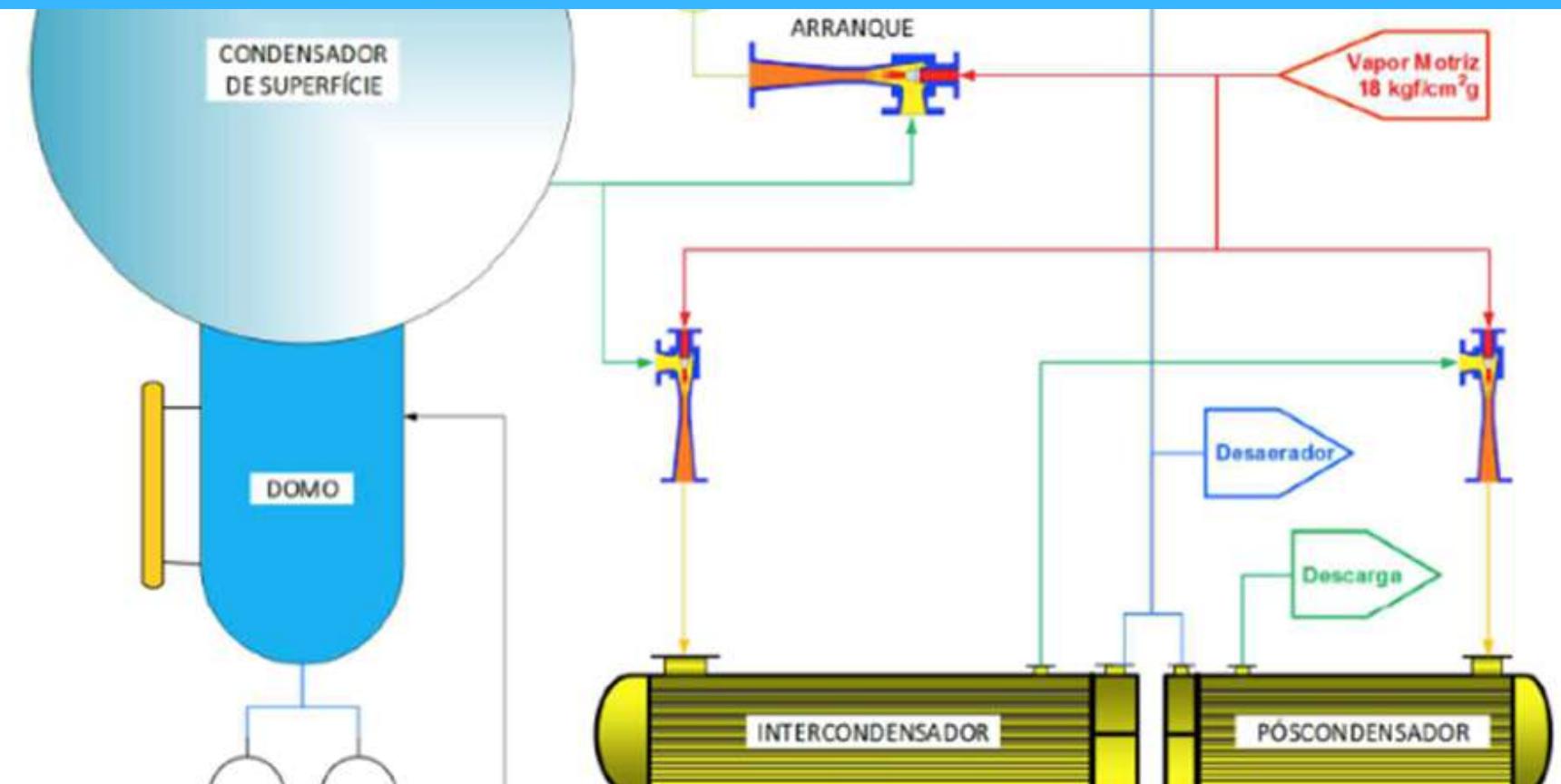


## FALTA DE POTÊNCIA

### Turbina de Condensação

- Problemas de vácuo: selagem, ejetores, intercondensadores

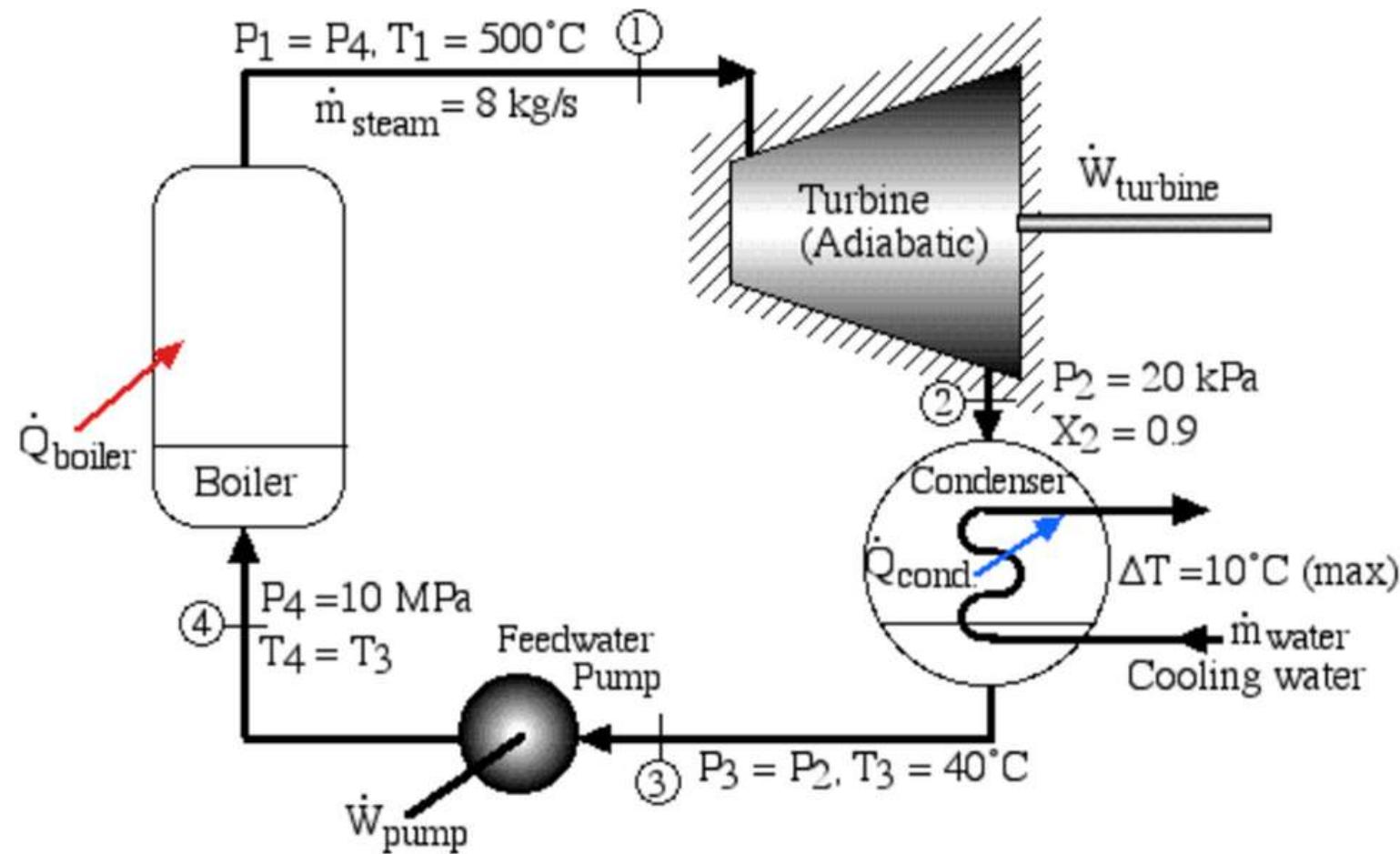
# EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



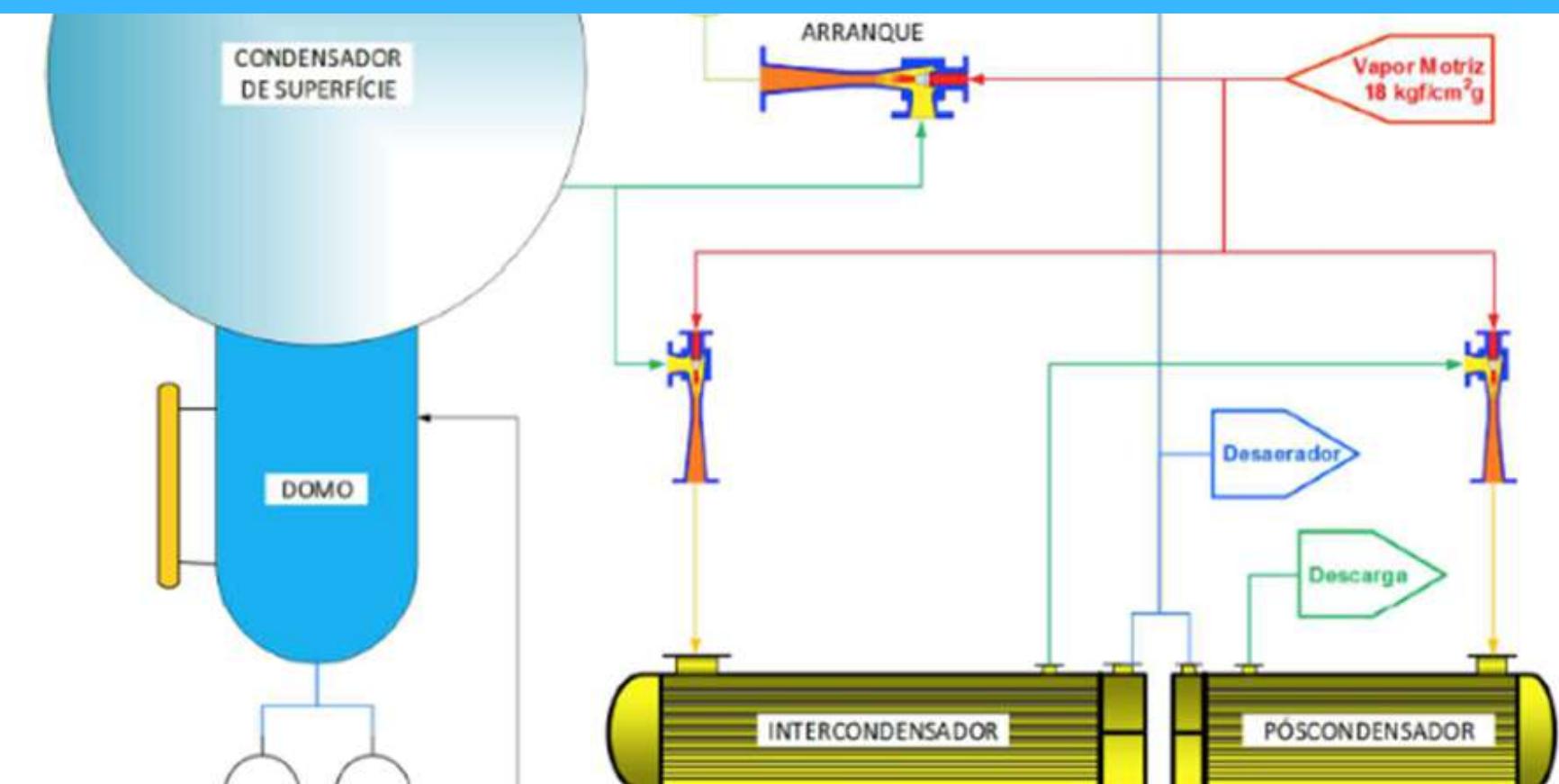
## FALTA DE POTÊNCIA

### Turbina de Condensação

- Problemas de vácuo: selagem, ejetores, intercondensadores



## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE



## ALTA PRESSÃO CÂMARA DE RODA

- Incrustação da máquina: analisar qualidade da água da caldeira
- Observar gráfico de pressão da câmara da roda
- Pode dificultar o atingimento da potência máxima

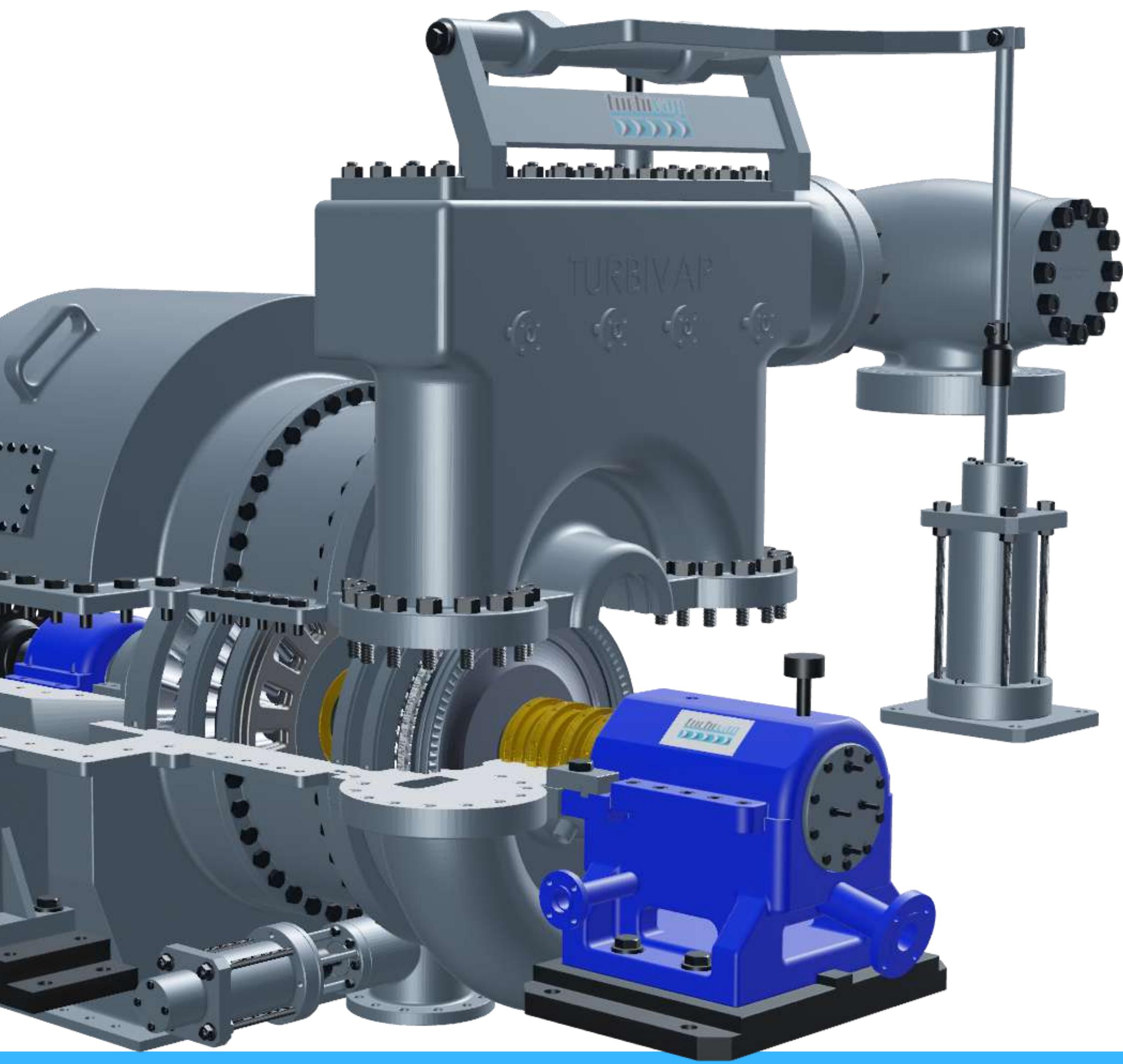
## EXEMPLOS DE PROBLEMAS DE PERFORMANCE





PERFORMANCE E DIAGNÓSTICO EM TURBINAS A VAPOR

# Q & A



# OBRIGADO

INFO@TURBIVAP.COM.BR

TURBIVAP.COM.BR

*turbivap*  
www.turbivap.com.br