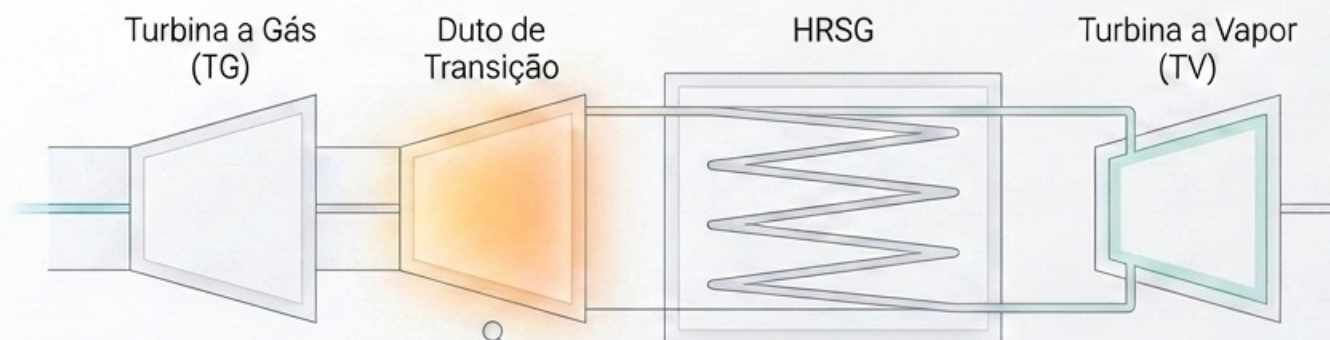


Queima Suplementar (*Duct Firing*) em Ciclos Combinados

Queima Suplementar (*Duct Firing*) em Ciclos Combinados

Aumentando a Potência e Flexibilidade



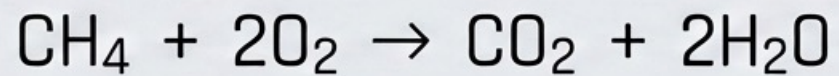
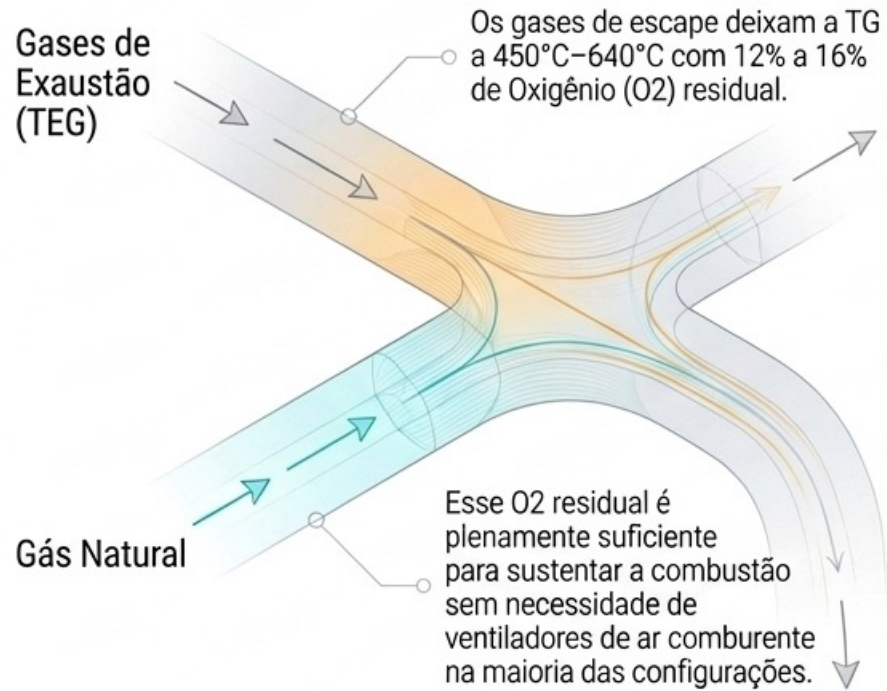
O que é a Queima Suplementar (*Duct Firing*)

Adição direta de combustível (geralmente gás natural) no duto de transição que interliga a exaustão da turbina a gás ao HRSG.

Como funciona: Este método eleva significativamente a entalpia dos gases de escape antes que entrem nos feixes de troca térmica do HRSG.

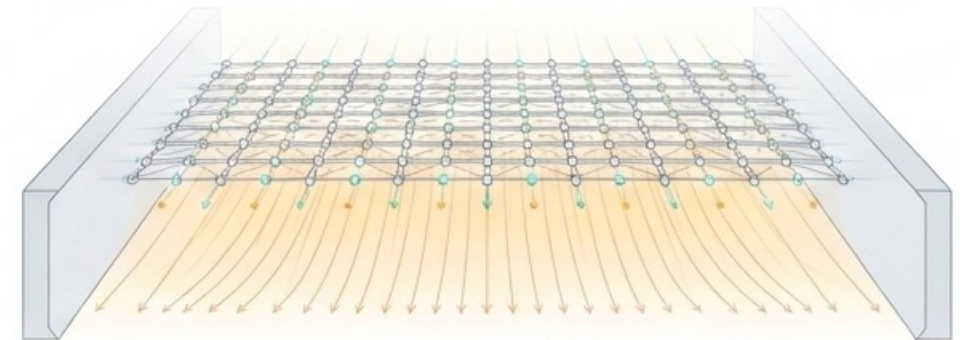
Benefício: Amplifica drasticamente a geração de vapor para a turbina a vapor sem alterar a operação da turbina a gás, permitindo maior flexibilidade e potência de pico.

A Química da Combustão

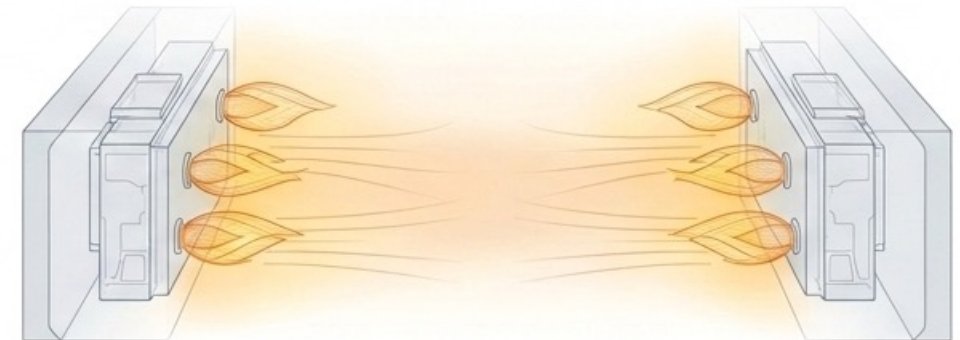


O Hardware

Queimadores Lineares / em Grelha

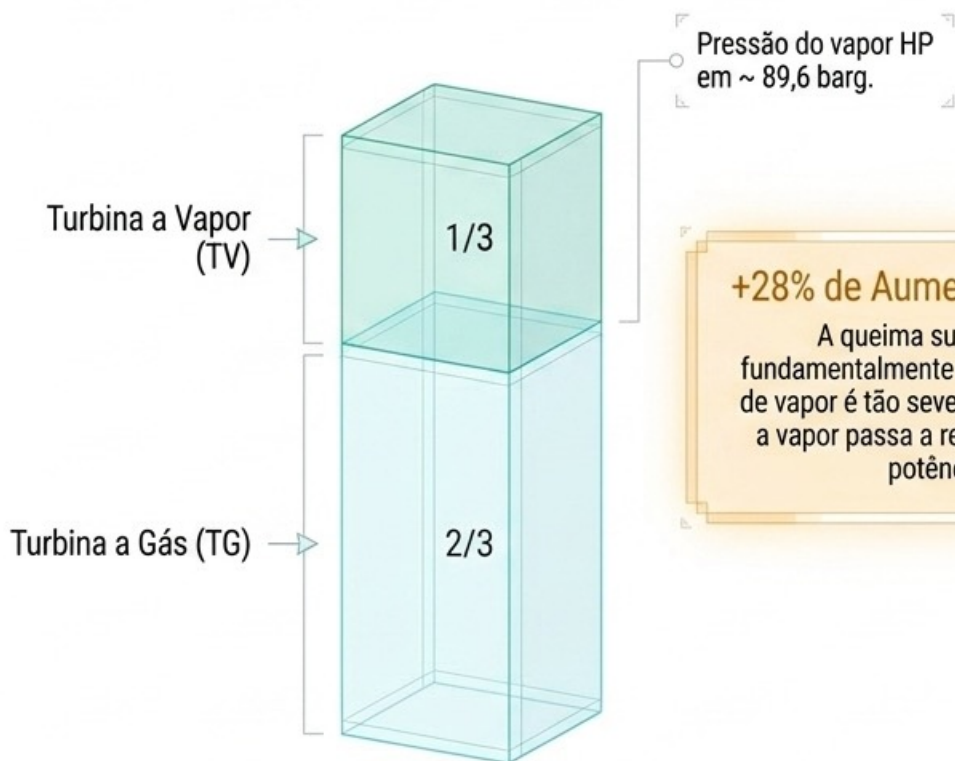


Queimadores de Parede



Comparação da Distribuição de Potência da Usina

Operação Base (Sem Queima)

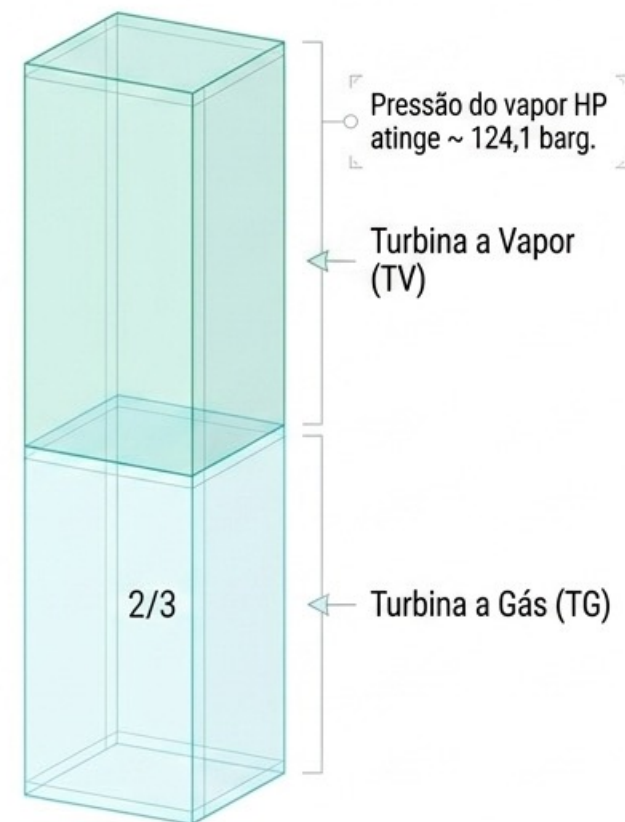


Operação Base (Sem Queima)

+28% de Aumento na Potência Líquida

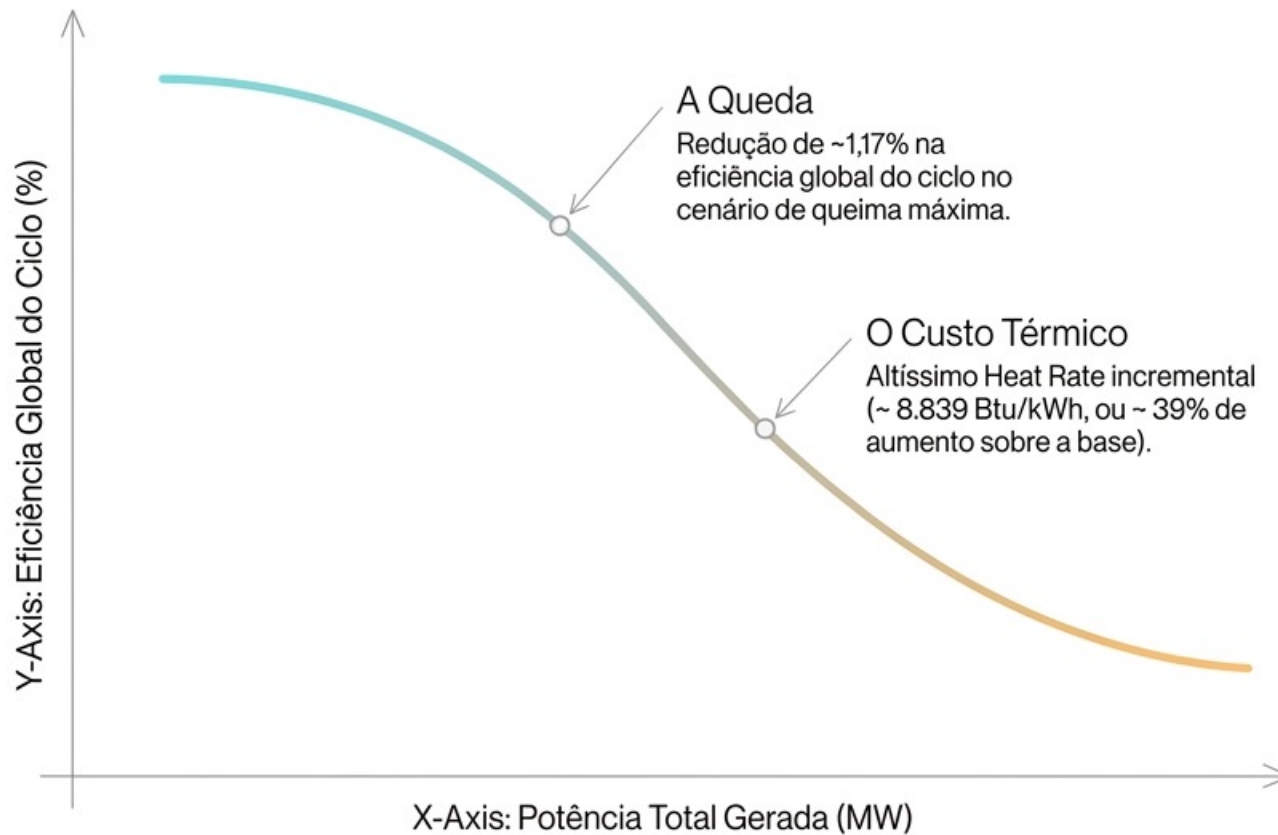
A queima suplementar máxima altera fundamentalmente a balança da usina. A produção de vapor é tão severamente ampliada que a turbina a vapor passa a responder por metade de toda a potência elétrica gerada.

Operação de Pico (Com Queima Suplementar)



Operação de Pico (Com Queima Suplementar)

Trade-off Curve

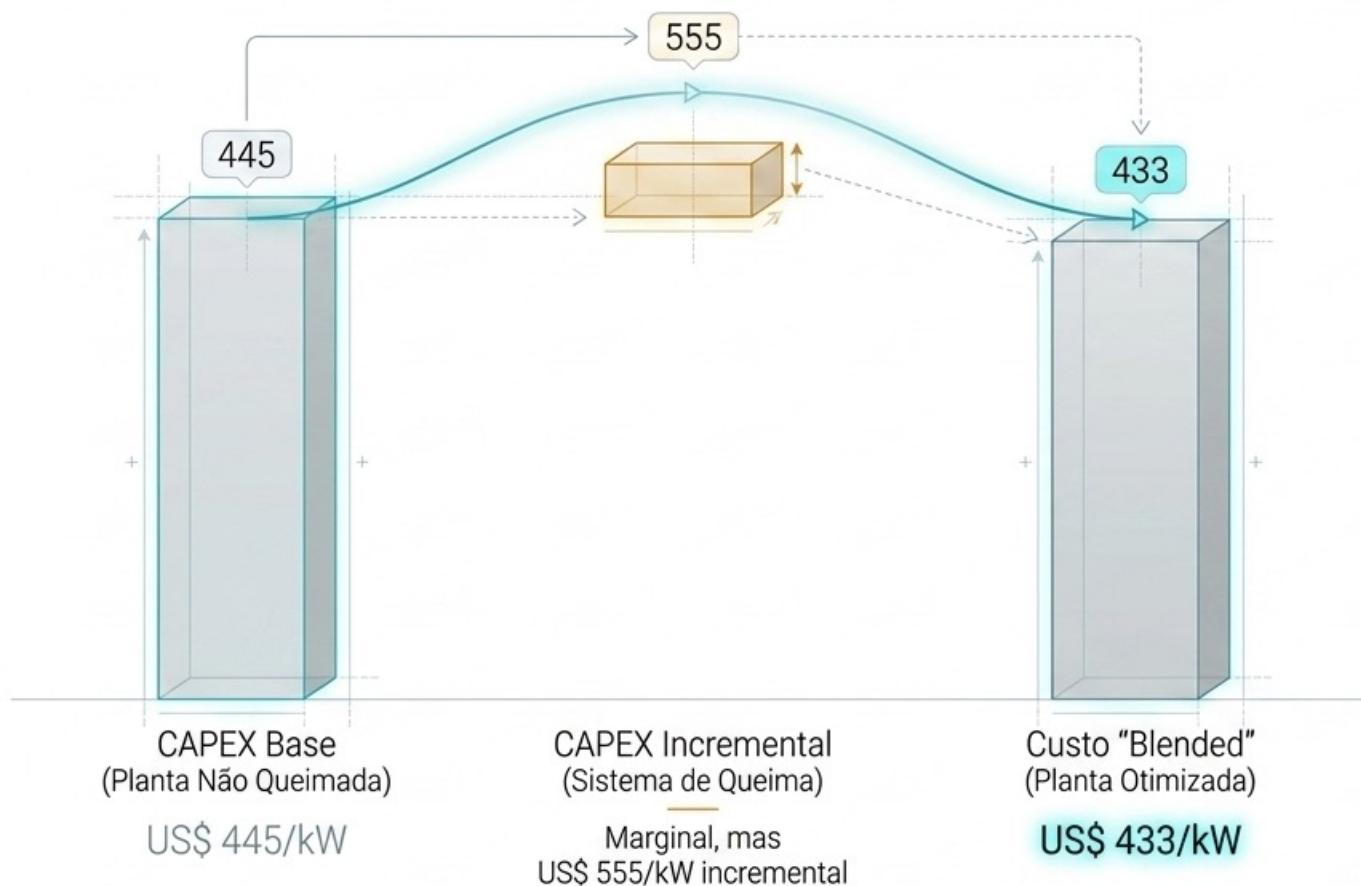


O Paradoxo Termodinâmico

Por que a eficiência cai?

O combustível adicional não realiza trabalho mecânico no ciclo Brayton de alta eficiência (Turbina a Gás). Ele é convertido diretamente em calor e aproveitado exclusivamente no ciclo Rankine (Turbina a Vapor), que possui limites termodinâmicos intrinsecamente menores (30% a 40% de eficiência).

Unit Economics de Queima em Duto: O Efeito Blended



Redução de CAPEX Unitário

O aumento do custo total de aquisição é marginal em comparação ao volume de megawatts injetados. Isso dilui o custo geral da usina, resultando em um \$/kW Blended inferior.

Sinergia Híbrida

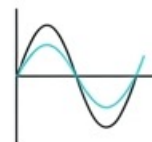
O custo unitário é otimizado ao máximo (US\$ 414/kW) quando a queima em duto é hibridizada com o resfriamento do ar de admissão (TIC), criando a usina de pico ideal sob a ótica de capital.



Picos de Demanda no Verão

Desafio: Altas temperaturas reduzem a densidade do ar, causando perda de 10-35% na capacidade da Turbina a Gás.

↳ Solução: A queima injeta energia térmica para restabelecer ou superar a geração original de vapor da planta.



Controle de Frequência

Desafio: Intermitência de fontes renováveis exige estabilização rápida da rede.

Solução:

↳ Alta capacidade de rampa (load following). Adiciona dezenas de MW em minutos, sem o tempo de partida de uma TG adicional.



Carga Parcial da TG

Desafio: Despacho reduzido da TG derruba a temperatura de exaustão, arriscando fadiga por necessidade de atemperação extrema ($\sim 67\text{ K}$).

↳ Solução: A queima estabiliza a pressão e a temperatura do vapor entregue à TV, mantendo a integridade do ciclo inferior.



Cogeração e Processos

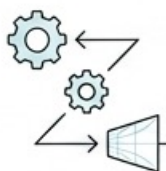
Desafio: Necessidade contínua de vapor de processo industrial mesmo com a TG desligada.

↳ Solução: Queimadores com ventiladores de ar fresco permitem operação autônoma do GVRC como uma caldeira auxiliar de alta capacidade.

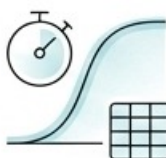
Vantagens



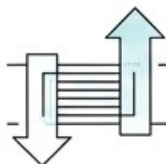
Baixo CAPEX Incremental
O menor custo de capital por kW adicional disponível no mercado térmico.



Altíssima Flexibilidade
Desacopla a produção de vapor da carga da turbina a gás.



Resposta Dinâmica Rápida
Tempo de rampa superior para aproveitar tarifas de pico e serviços ancilares.



Aproveitamento Oportunista
Utiliza infraestrutura de superfície de troca térmica pré-existente no GVRC.

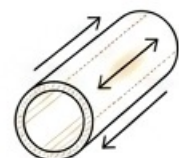
Desvantagens



Degradação de Eficiência
Redução de ~1,17% na eficiência global da usina.



Elevado OPEX (Combustível)
Custo operacional altíssimo devido ao heat rate marginal elevado. O combustível pode dominar até 75% do LCOE.



Estresse Termomecânico
Flutuações cíclicas severas de temperatura elevam o risco de fadiga e Corrosão Acelerada pelo Fluxo (FAC).



Emissões Acrescidas
Necessidade de rigoroso controle de NOx e maior emissão de CO2 absoluta.



www.gt2.com.br