

PROJETO DE EXPANSÃO BUNGE - Cubatão

1100 t/d H_2SO_4

Bunge Fertilizantes S.A.



Apresentação

- Caracterização da Unidade
- Evolução da Capacidade
- Projeto de Aumento Capacidade para 1100 t/d
- Modificações Necessárias
- Implantação das Modificações
- Resultados Obtidos
- Conclusões



Modificações de plantas de ácido sulfúrico existentes implicam num desafio maior, por conta dos seguintes fatos:

- Idade dos equipamentos
- Desvalorização tecnológica
- Exigências ambientais mais severas
- Operação nos limites da Capacidade dos Equipamentos

A planta de ácido sulfúrico da Bunge em Cubatão terminou no mês passado um projeto de aumento de capacidade obtendo expressivos resultados.

O presente trabalho tem por objetivo descrever como foi desenvolvido este trabalho e os seus resultados.

BUNGE FERTILIZANTES

- No Brasil desde 1938
- Produção de 1 300 000 t H₂SO₄ /ano
- 3 Fábricas no Brasil
 - Bunge Cubatão 1100 t/d partida 1978
 - Bunge Cajati 1800 t/d partida 1996
 - Bunge Araxá 1000 t/d partida 2003
- Participação Majoritária na Fosfertil
- Aumento de Capacidade de 700 000 t/ano até 2008



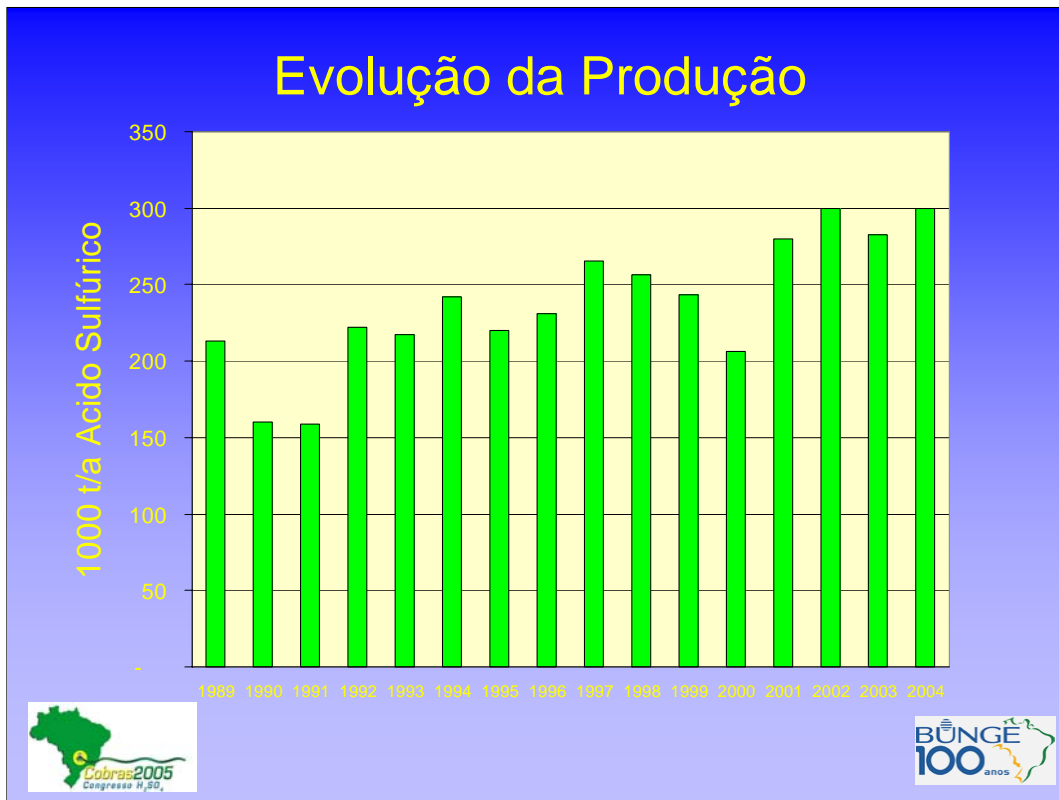
Atuando no Brasil desde 1938, a Bunge Fertilizantes vem participando de forma atuante no setor de fertilizantes no Brasil.

Caracterização da Planta Cubatão

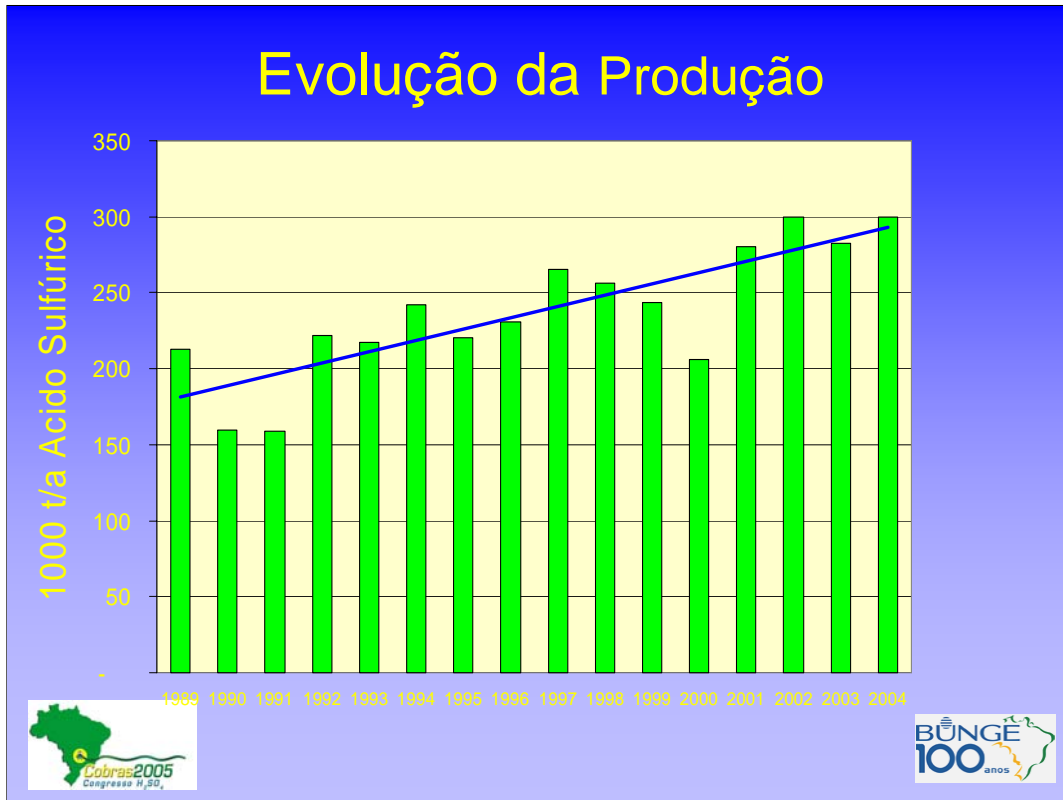
- Projeto Davy Power Gas – Chemiebau (1974)
- Capacidade Nominal 600 t/d (720 t/d max)
- Matéria Prima - Enxofre
- Processo 3+1 Dupla Absorção
- Conversão 99,5%
- Início Operação 1978



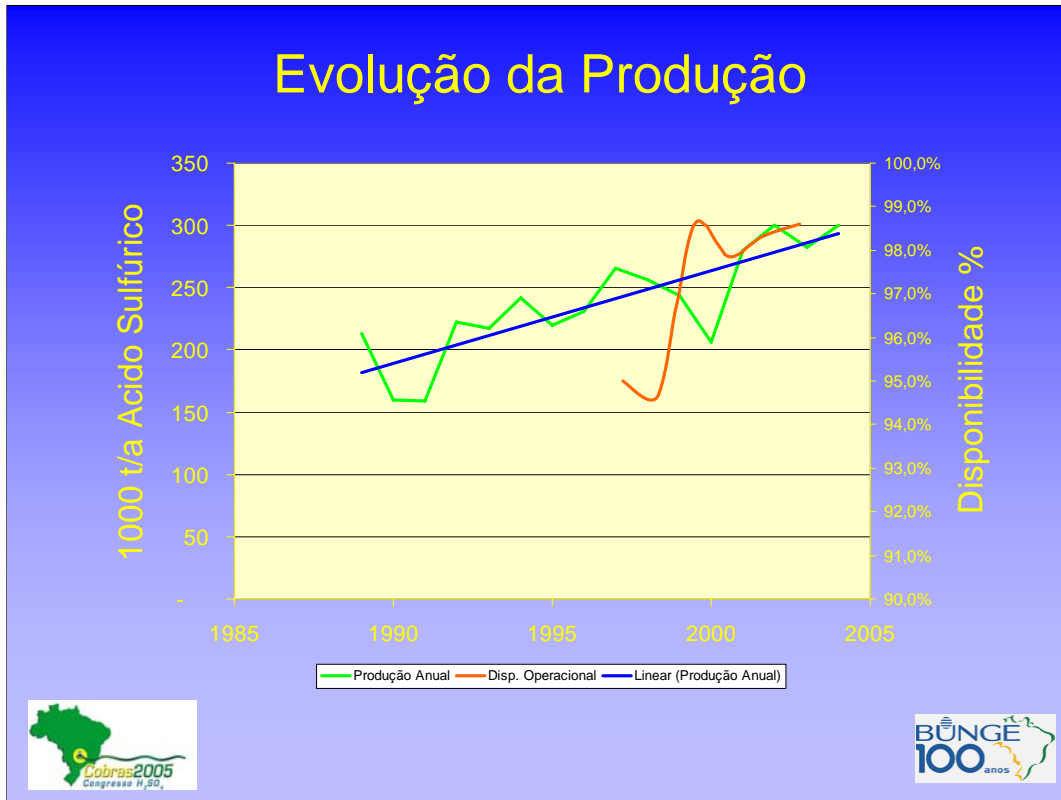
Construída na década de 70, a planta de ácido sulfúrico da antiga INDAG foi a terceira planta a utilizar o processo de dupla absorção no Brasil.



Desde 1989 a unidade da Bunge vem mantendo um contínuo aumento de capacidade através de uma série de modificações das instalações e melhoria dos procedimentos de operação e manutenção.



A linha azul indica a linha de tendência das produções anuais da unidade.



Este processo de melhoria pode ser observado na evolução da disponibilidade anual da unidade. Esta disponibilidade exclui os tempos de paradas bianuais programadas.

Modificações Implantadas pela MBC

- Sistema de Oleum 28% (1994)
- Substituição do Trocador Gás/Gás E104 (1995)
- Substituição Forno de Enxofre e Caldeira (1999)
- Modificação da Torre Absorção Final (1999)
- Otimização Catalítica (desde 1993)



Na década de 90 a MB Consultores desenvolveu uma série de projetos de melhorias na unidade visando o aumento da sua capacidade.

Sistema de Oleum 28% (140 t/d)



O sistema de oleum 28% foi projetado em 1994 para produzir 140 t/d. O projeto inclui também um sistema de estocagem de oleum e carregamento de caminhões. O sistema funciona até hoje com excelente eficiência e desempenho superando a capacidade de projeto em cerca de 20%.

Substituição Trocador 1º Leito



O trocador de calor gás/gás do projeto original localizado na saída do primeiro leito sempre apresentou falhas mecânicas no seu espelho quente com freqüentes vazamentos e interrupções. Os problemas eram causados pelo empenamento do espelho devido ao peso e expansão do duto de saída do primeiro leito. Esta deformação provocava a degola sistemática dos tubos. Em 1995 a MB Consultores projetou um novo trocador de calor gás/gás com 826 tubos de aço inoxidável, modificando o duto de saída. O projeto foi desenvolvido para alterar a altura do cabeçote superior para evitar o esforço do antigo duto. Este equipamento está em operação há 10 anos sem apresentar até hoje nenhum defeito.

Substituição do Forno de Enxofre



Após 18 anos de operação, o forno de enxofre original da unidade começou a apresentar freqüentes problemas de manutenção e teve que ser substituído junto com a caldeira, que também apresentava problemas de micro-poros nas soldas dos tubos. Estes problemas eram, na época, responsáveis por uma persistente pluma de nevoa na chaminé.

Os novos equipamentos foram dimensionados para a futura capacidade de 1100 t/d.

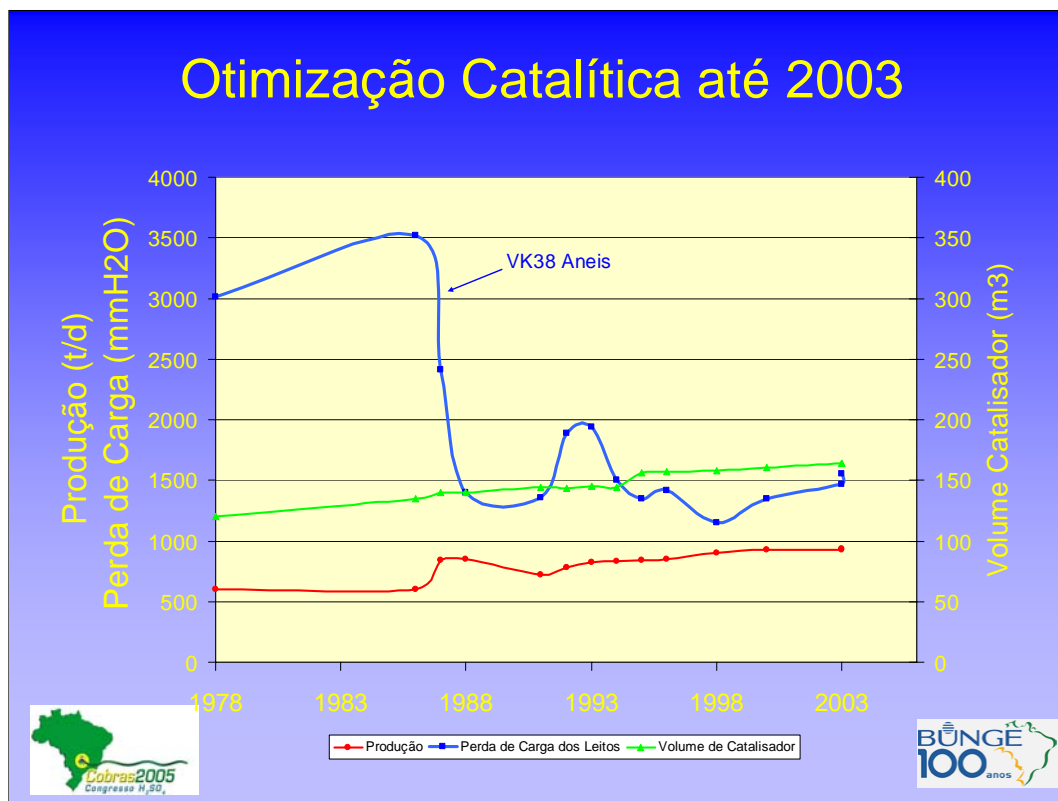
Substituição da Caldeira de Vapor



O sistema de contorno dos gases quentes, que era interno, foi modificado para um sistema de válvula de contorno quente externa.

As sapatas dos equipamentos existentes foram aproveitadas, sendo adicionada uma nova base para atender o aumento de comprimento da caldeira.

O tambor de vapor foi também substituído, para atender o aumento da pressão do sistema de vapor de 32 kg/cm^2 para a nova pressão de projeto de 45 kg/cm^2 , visando a futura implantação de um novo sistema de turbo-geração.



O sistema catalítico desta unidade é limitado pelo pequeno diâmetro do conversor. Para acomodar um maior volume de catalisador, houve a necessidade de aumentar as alturas dos leitos catalíticos, aumentando a perda de carga da unidade. A introdução do catalisador Topsoe VK38 tipo anel, possibilitou nos anos 80 uma redução de 50 % desta perda de carga.

Este reator opera hoje com o menor volume catalítico unitário do Brasil.

O gráfico acima mostra a evolução da capacidade da planta ao longo dos últimos 18 anos, indicando um contínuo aumento de capacidade e de volume catalítico com uma significativa redução da perda de carga.

As indicações correspondem a medições feitas em condição de planta limpa, logo após a partida da unidade depois das paradas de manutenção.

Aumento de Capacidade 1100 t/d

- Estudo MB Consultores 25/07/2001
 - Análise Operação Atual a 928 t/d
 - Simulação para Nova Capacidade 1100 t/d
 - Avaliação de Alternativas
 - Estimativa de Investimento
- Aprovação da Diretoria em 14/12/2004
- Partida da Unidade Modificada em 06/08/05



Em julho de 2001, a MB Consultores desenvolveu um estudo de processo visando aumentar a capacidade do nível de 928 t/d para 1100 t/d.

Este estudo compreendeu uma detalhada análise das condições operacionais existentes para identificar as limitações de cada sistema da unidade.

Uma simulação da unidade operando a 1100 t/d , considerando várias alternativas e opções, permitiu identificar e focar o cenário mais interessante para a Bunge.

Uma estimativa de investimento detalhada foi elaborada visando a aprovação do projeto pela diretoria da Bunge, que foi obtida em dezembro de 2004.

O projeto foi imediatamente iniciado de forma a permitir a sua implantação na parada bianual da unidade de julho 2005.

Análise Operação a 928 t/d

- Limitações Identificadas
 - Preaquecimento do Ar para Forno
 - Soprador de Ar
 - Catalisador
 - Super Aquecedor Vapor Saída 2º Leito
 - Perda de Carga no Recheio Cerâmico TAI
 - Eliminador de Névoa da TAI
 - Bomba de Água de Caldeira

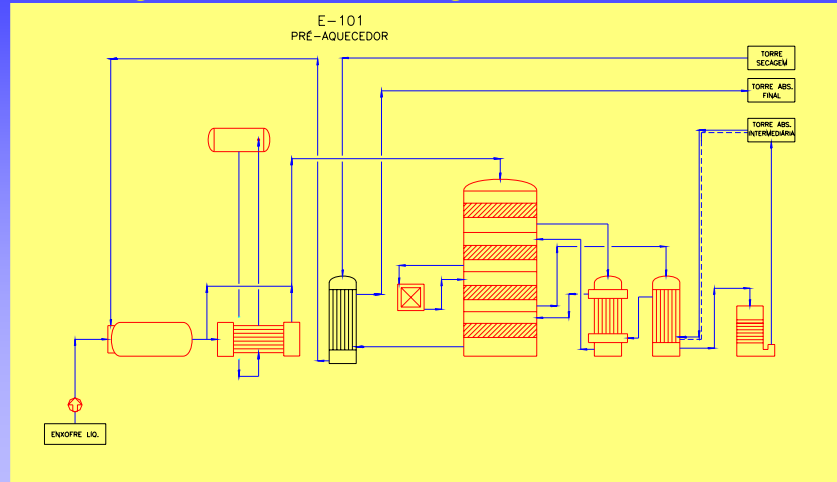


As principais modificações visaram cinco objetivos maiores:

- 1- Substituição do Pré-aquecedor de Ar que resfriava os gases de saída do 4º leito
- 2-Implantação de um soprador “booster”
- 3-Aumento da área de troca dos equipamentos do sistema de vapor
- 4-Aumento da atividade do catalisador
- 5-Modificações para reduzir a perda de carga do sistema de gás

Pré-aquecimento do Ar para Forno

- Fluxograma Processo Original:



O desenho acima ilustra o pré-aquecedor de ar na entrada do forno.

Pré-aquecimento do Ar para Forno

- Solução Proposta: **Instalação do SuperEco**
 - Reduzir a Temperatura Ar Forno de 210 °C para 60 °C
 - Permitir Aumento Concentração SO₂ no Forno
 - Aumentar Geração Vapor Reduzindo Temperatura TAF
 - Reduzir a Perda de Carga do Lado do Gás



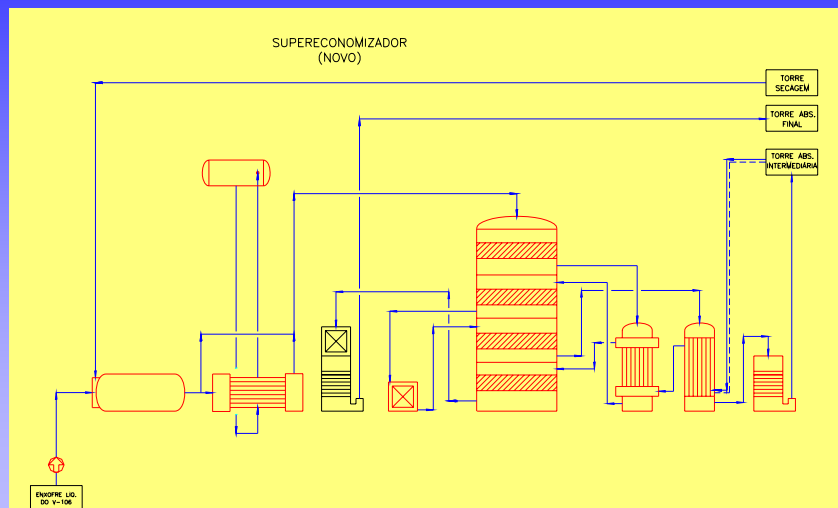
A substituição deste pré-aquecedor possibilitou o aumento da concentração do forno de enxofre mantendo os mesmos níveis de temperatura originais da planta. Desta forma o aumento de capacidade não requer aumento substancial de vazão de gás, evitando maiores limitações de perda de carga.

O novo SuperEco foi dimensionado para reduzir a temperatura dos gases na entrada da TAF para aumentar a produção de vapor e reduzir a carga térmica do sistema de ácido da TAF.

O antigo pré-aquecedor foi adaptado para continuar na unidade, operando como pré-aquecedor de partida para aquecimento dos leitos catalíticos até 250 °C.

Pré-aquecimento do Ar para Forno

- Fluxograma Processo Modificado:



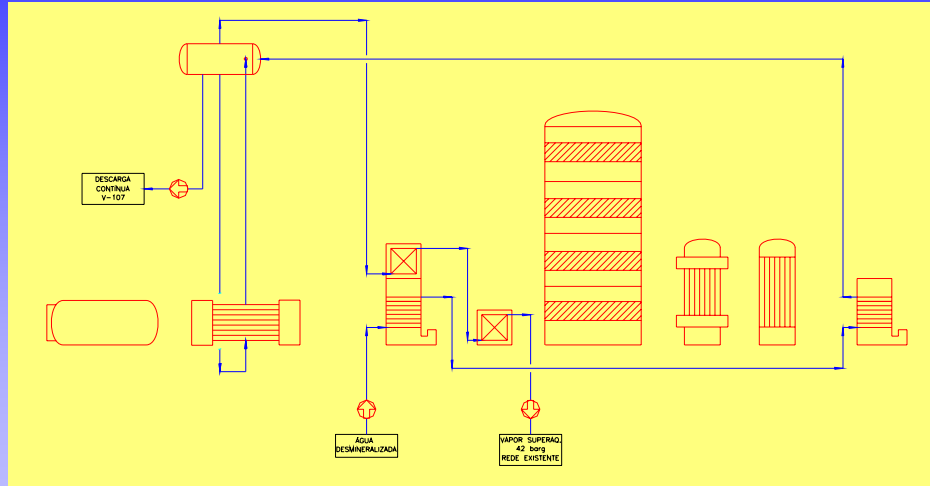
O diagrama acima ilustra o sistema de gás após a implantação do SuperEco.

Para melhorar as condições do vapor para a futura implantação de um turbo-gerador, e também evitar uma vaporização excessiva nos economizadores, a carga térmica do equipamento foi dividida em um feixe inferior de pré-aquecimento de água, e em um feixe superior de superaquecimento de vapor.

O novo equipamento possibilitou também a eliminação da perda de carga dos tubos do pre-aquecedor.

Pré-aquecimento do Ar para Forno

- Fluxograma Vapor Modificado:



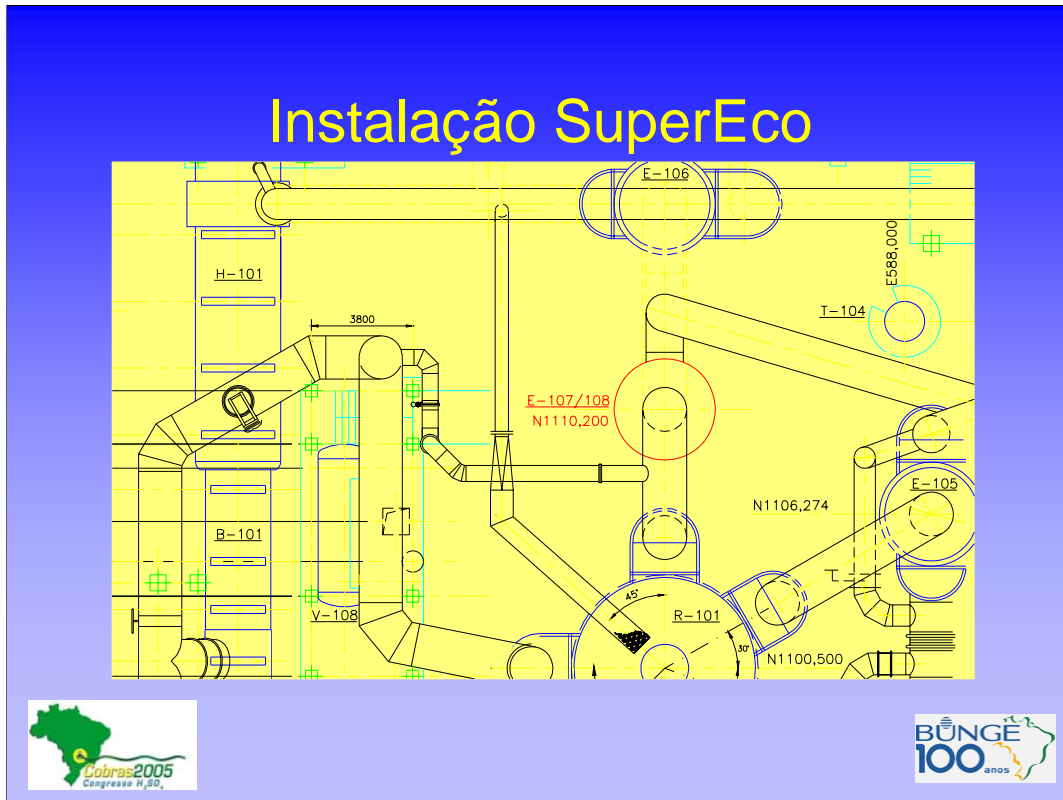
Os dois economizadores foram interligados em serie. Os superaquecedores também foram dispostos em serie, com um dessuperaquecedor intermediário, para ajuste de temperaturas.

Instalação SuperEco

- Especificação Técnica

Temperaturas	
Economizador	Entrada 105 °C, Saída 165 °C
Superaquecedor	Entrada 258 °C (sat.), Saída 344 °C
Casco	A-516-60, esp. 12,5 mm
Superaquecedor	
Material	A-213-T11
Feixe tubular	24 x 32 tubos, diâm. 45 mm, 1380 m ²
Economizador	
Material	A-210-A1
Feixe tubular	24 x 24 tubos, diâm. 45 mm, 1035 m ²





O arranjo acima ilustra a localização do novo SuperEco, na unidade.

Instalação SuperEco

- Fotos



O equipamento foi içado como uma única peça de 46 t utilizando um guindaste telescópico de 500 t.

Instalação SuperEco

- Fotos



Detalhes do içamento

Instalação SuperEco

- Fotos



O acesso do novo equipamento à sua nova base foi bastante limitado pela falta de espaço na unidade.

Instalação SuperEco

- Fotos



Uma vez instalado na sua base, foram acoplados os bocais e aplicado o isolamento

Instalação SuperEco

- Fotos



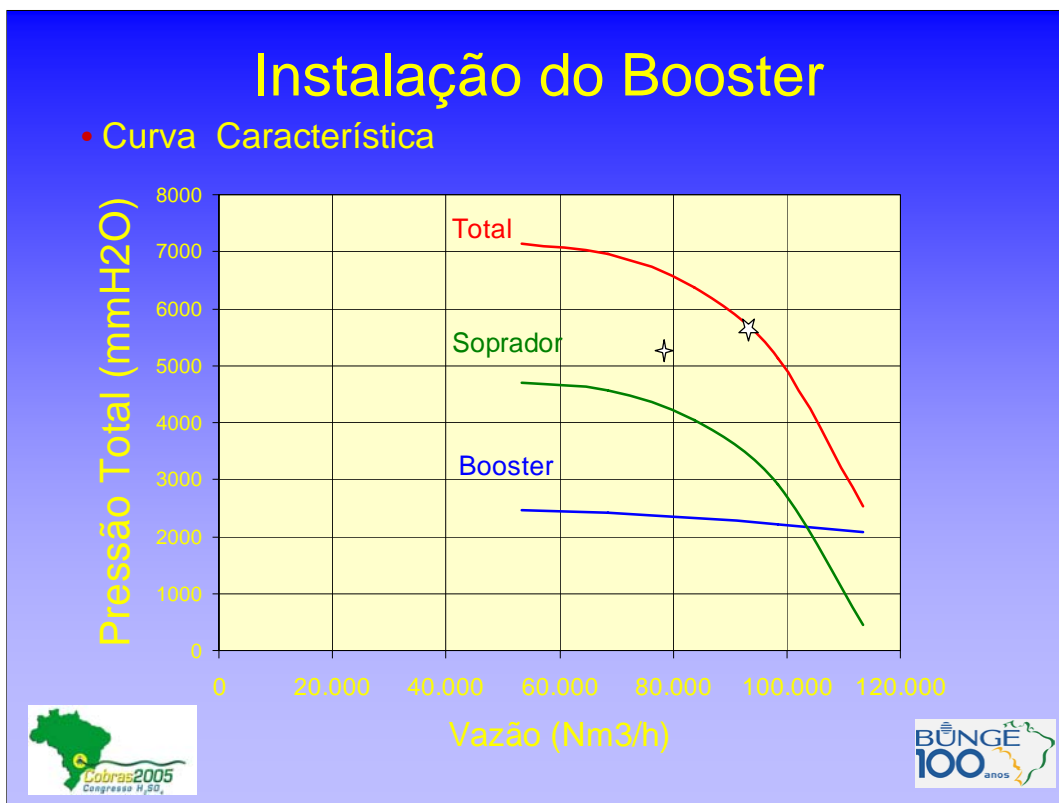
Detalhes dos tubos aletados do economizador e do guindaste utilizado no seu içamento.

Soprador de Ar

- Solução Proposta: **Instalação de um “Booster”**
 - Aumentar a Vazão de Ar
 - Aumentar a Pressão de Descarga
 - Substituir o Filtro de Ar
 - Redimensionar o Duto de Descarga de Ar

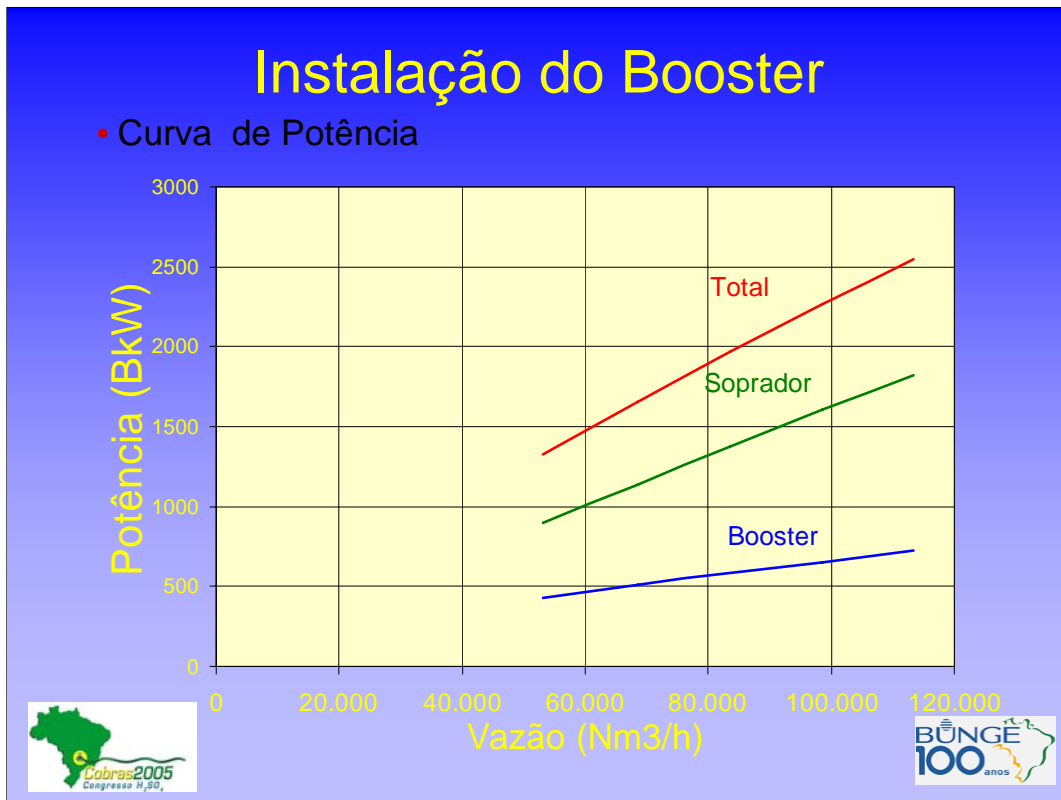


Para fazer frente ao aumento de perda de carga para a nova capacidade, foi instalado um soprador “booster” em série com o soprador principal.



Esta figura ilustra as curvas características individuais e combinadas do soprador e do novo “booster”.

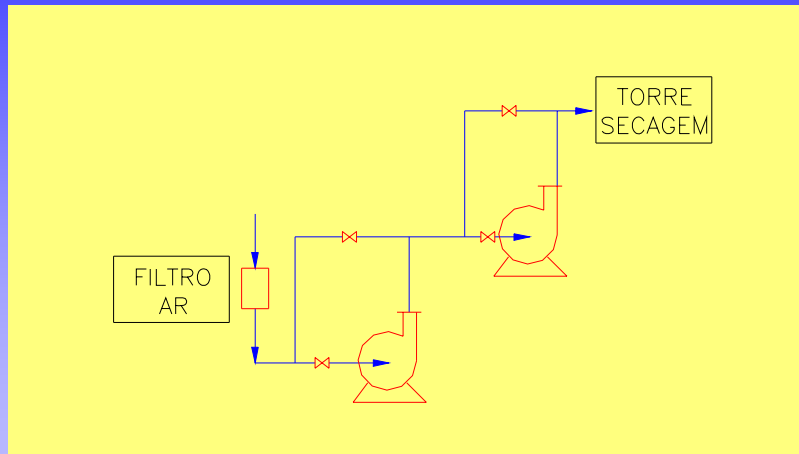
A estrela da esquerda indica o ponto de operação do soprador principal na condição anterior, operando a uma rotação mais elevada. A estrela da direita indica o novo ponto de operação dos dois sopradores operando em série.



A potência de compressão ficou assim distribuída entre os dois equipamentos.

Instalação do Booster

- Diagrama de Instalação



O arranjo de instalação foi concebido de forma a permitir também a operação individual de cada equipamento.

Instalação do Booster

CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Teste 20/09/04	Condição Futura a 1100 t/d	
	Soprador KKK	Soprador KKK	Booster Novo
Vazão (Nm ³ /h)	76.218	94.191	94.191
P.Sucção (mmH ₂ O)	-258	-50	3460
P.Descarga (mmH ₂ O)	5353	3460	5700
Potência BkW	1495	1495	631



Para dimensionar o novo “booster”, foi levantada uma curva de desempenho do soprador principal para compará-la com a sua curva original, para identificar a perda de eficiência da máquina após 28 anos de operação. A partir desta curva de desempenho real, foi dimensionado o novo booster para atender uma nova condição de vazão e pressão para as novas condições de operação a 1100 t/d.

Instalação do Booster

- Fotos



Durante o projeto foi feita uma visita às duas plantas da Galvani em Paulínia , onde dois “boosters” do mesmo fabricante operam com sucesso há mais de um ano.

A foto da direita mostra a instalação do novo equipamento na Bunge foi feita dentro da casa do soprador existente.

Redução Perda de Carga

EQUIPAMENTO	Abr 03 937 t/d	Ago 05 937 t/d	Diferença Delta P	OBSERVAÇÃO
Forno + Caldeira	854	789	65	Ferrules e Ar + Frio
Catalisador (Limpo)	1583	1243	340	
Recheio TAI	321	150	171	Troca Recheio LPD 3"
PreAquecedor C	56	122	100	Substituído p/ SuperEco
T	166	0		
E.Nevoa TAI	348	231	117	Aumento de 17 para 23 Novos Elementos
SEC	43	34	9	
Superaquecedor	218	190	28	Aumento de Área 30%
Total mm H₂O	3589	2759	830	
Pressão Descarga Soprador Antes @ 937 t/d				4870 mm H ₂ O
Pressão Descarga Soprador Depois @ 937 t/d				4030 mm H ₂ O
Pressão Descarga Soprador Depois @ 1100 t/d				4600 mm H ₂ O (5700)



Testes realizados após a partida da unidade , operando a 937 t/d indicaram que houve uma redução de cerca 800 mm de H₂O em relação a outra medição feita com a planta limpa após a entrada em operação da planta em abril de 2003. As reduções de perda de carga na unidade foram distribuídas conforme indicado na tabela acima.

Estes levantamentos permitem aferir que com a entrada em funcionamento do “booster” a unidade terá uma folga de 1100 mm para atender os acréscimos de perda de carga ao longo da próxima campanha.

Catalisador



- Aumentar Volume VK69 no 4º Leito
 - Substituir 30 m³ VK48 por VK69 de 12 mm Daisy para aumentar atividade catalítica e compensar o aumento de concentração de SO₂. Aumento de 50% para 100 % do leito
- Reativação dos Leitos Existentes
 - Como os leitos eram preponderantemente anéis de 10 mm com 10 anos de operação, foi feita uma atualização catalítica com catalisador Daisy 12 mm
- Conversor no limite de seu volume útil com diâmetro de 6,4 metros e velocidade de gás de 0,803 Nm/s.



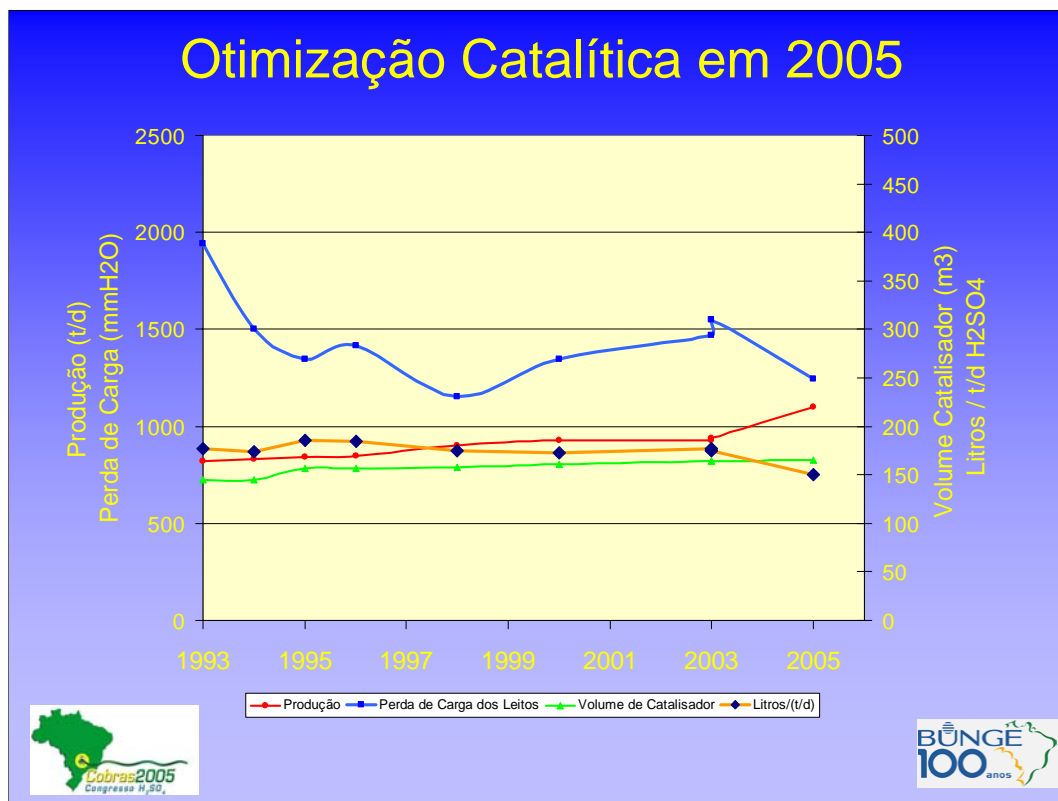
Para atender as novas condições operacionais e garantir uma eficiência de conversão elevada que atendesse as emissões exigidas pela legislação ambiental, o projeto implantou uma série de modificações no conversor catalítico.

Devido ao limitado espaço para acomodar maiores volumes de catalisadores, o projeto teve que limitar o volume de catalisador a 165 m³ que corresponde a 150 litros de catalisador por tonelada de ácido produzido. Para compensar esta limitação, o projeto aumentou o volume do catalisador promovido a cério VK69 da Topsoe, garantindo assim um aumento de atividade e eficiência da unidade.

Catalisador			
Leitos	Tipo	Abril 03 (m ³)	Agosto05 (m ³)
1	VK38 20 mm Anéis	1	1
	VK38 12 mm Daisy	30	30
2	VK38 12 mm Daisy	36	36
3	VK48 12 mm Daisy	39	39
4	VK48 12 mm Daisy	30	
	VK69 9 mm MiniDaisy	29	27
	VK69 12 mm Daisy		32
Total	m³	165	165
	litros / t/d H₂SO₄	176	150,01

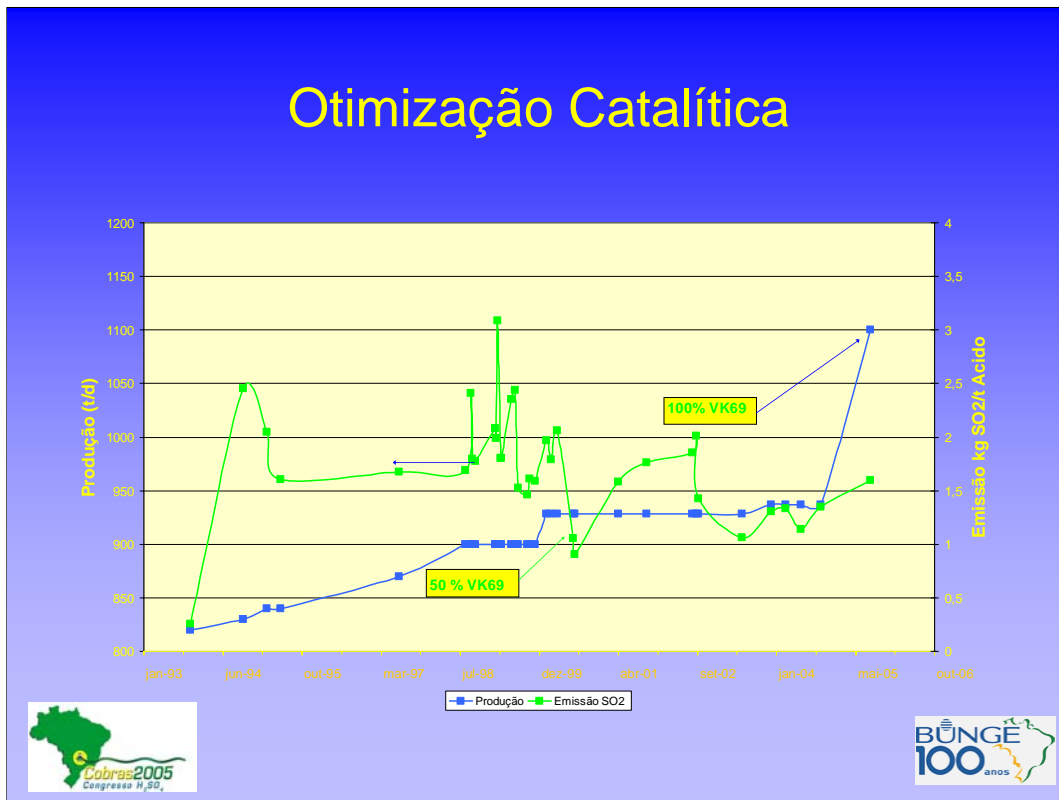
A tabela acima mostra a distribuição dos leitos catalíticos antes e depois da implantação do projeto.



O gráfico acima indica a evolução da capacidade com a eficiência do sistema catalítico da Bunge em Cubatão.

A queda das emissões em 1995 foram obtidas com a instalação do catalisador tipo VK48 Daisy 12 mm no 4º leito em substituição de catalisadores de bastão de 4 mm. Com a redução da perda de carga, a unidade pode aumentar a vazão de gás beneficiando a relação O₂/SO₂ e a conversão.

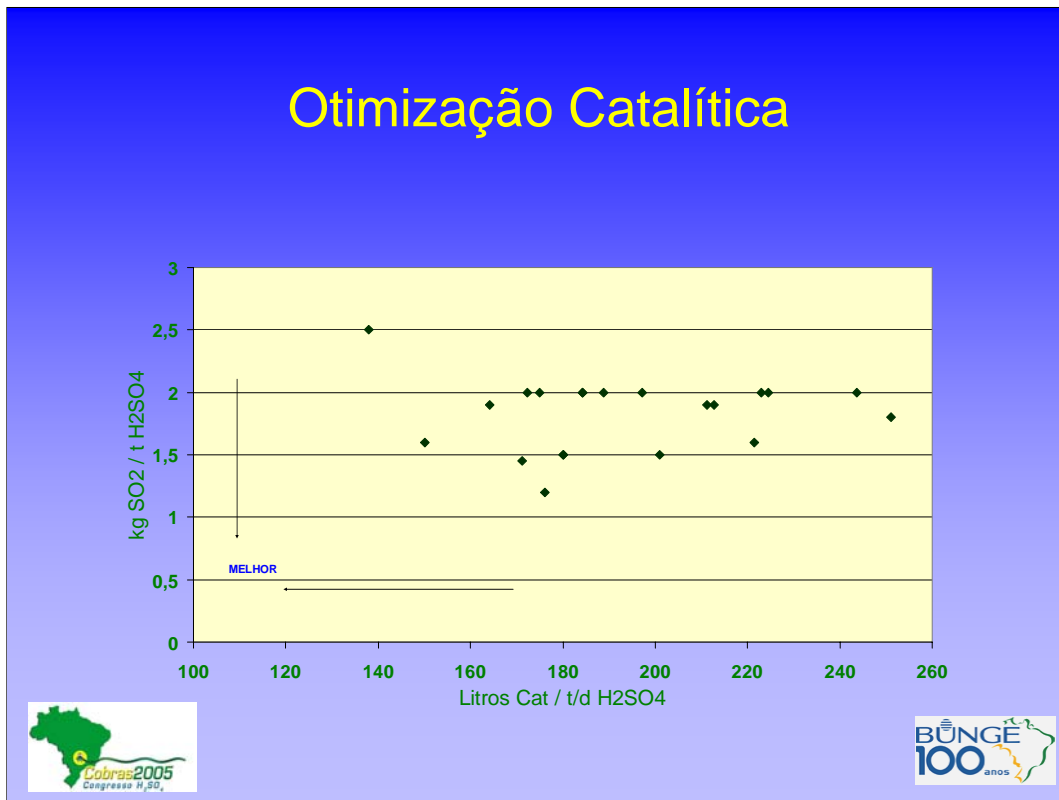
A segunda importante queda do nível de emissões ocorreu em 2000, quando foi introduzido o VK69 na metade superior do 4º leito.



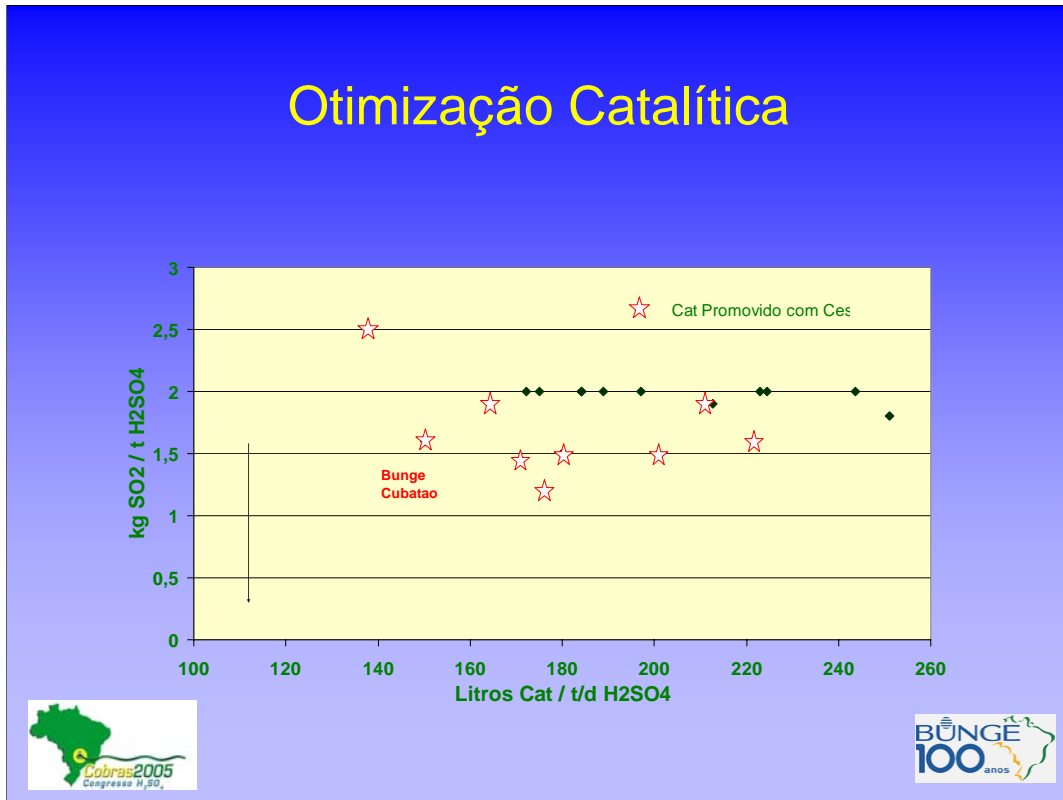
O gráfico acima indica a evolução da capacidade com a eficiência do sistema catalítico da Bunge em Cubatão.

A queda das emissões em 1995 foram obtidas com a instalação do catalisador tipo VK48 Daisy 12 mm no 4º leito em substituição de catalisadores de bastão de 4 mm. Com a redução da perda de carga, a unidade pode aumentar a vazão de gás beneficiando a relação O₂/SO₂ e a conversão.

A segunda importante queda do nível de emissões ocorreu em 2000, quando foi introduzido o VK69 na metade superior do 4º leito.



O gráfico acima indica a distribuição da carga catalítica e emissões das plantas de ácido no Brasil



Os pontos estrelas ilustram as plantas de ácido sulfúrico que utilizam catalisadores promovidos com Césio.

Recheio Cerâmico

- Substituição de recheio intalox da TAI
 - Os recheios das torres tipo intalox 1,5" foram ao longo dos anos sendo substituídos gradualmente por selas intalox de 3" reduzindo a perda de carga em mais de 50% apesar do aumento de capacidade .
 - Ainda restavam 55 m³ deste material na TAI que foram agora substituídos por recheios mais modernos tipo LPD 3" com perda de carga de 150 mm H₂O .



Recheio Cerâmico



Como as torres possuem uma limitação no seu diâmetro e parte dos recheios eram ainda originais do tipo intalox de 1,5", foi feita uma substituição de 66% do volume da TAI, utilizando recheios otimizados da Clark-Koch tipo LDP 3".

Esta mudança possibilitou uma redução da perda de carga real de 321 mm para 150 mm de H₂O.

Eliminador de Névoa

- Critérios para Substituição Elementos da TAI
 - Perda de carga anterior de mais de 350 mm H₂O foi reduzida para 230 mm H₂O.
 - Os filtros permaneceram pendurados para facilitar manutenção e aumentar tempo de vida útil.
 - O diâmetro do vaso foi mantido inalterado para facilitar instalação e evitar aumento de peso do equipamento sobre sua base original.



Eliminador de Névoa

- Especificações dos Elementos da TAI
 - Perda de carga máxima de 230 mm H₂O
 - A eficiência de 100 % para mist > 1 micron e 98% para < 1 micron.
 - Para atender estes critérios, foram especificados 23 elementos de 24" de diâmetro e 168" de altura.

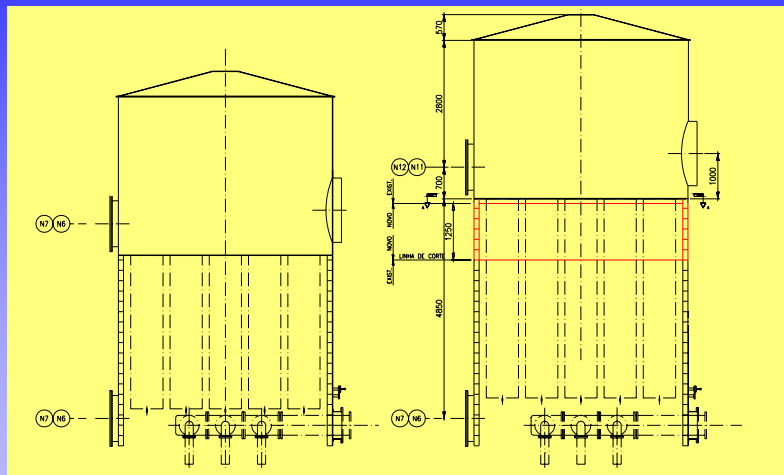


Eliminador de Névoa

- Modificações Necessárias na TAI
 - Substituição do espelho por outro de mesmo diâmetro com 23 aberturas
 - Introdução de um carretel de 1250 mm abaixo do espelho que deveria ser revestido com tijolos.
 - Como o bocal de saída dos gases subira 1250 mm, o duto deveria ser aumentado também em 1250 mm
 - Elevação espelho para aumentar a distância das velas do distribuidor



Eliminador de Névoa



Antes

Depois



Detalhe da modificação introduzida na parte superior da TAI. Observar que antes da modificação, a os elementos já haviam sido aumentados no seu comprimento reduzindo o espaço livre de acesso para manutenção.

Eliminador de Névoa

- Foto



O novo espelho foi soldado na torre e sobre ele foi instalada a cúpula modificada.

Eliminador de Névoa

- Fotos



O espelho foi fabricado com os flanges de suporte dos elementos elevados para facilitar a instalação dos elementos e reduzir possibilidade de geração de névoa ácida por vazamentos sobre o ácido drenado.

Eliminador de Névoa

- Fotos



Vista inferior do espelho suporte e do costado da torre que é de aço carbono e não possui revestimento de tijolos antiácidos.

Eliminador de Névoa

- Fotos



Vista dos elementos pendurados e espelho original.

Bomba de Água de Caldeira

- Aumento de Capacidade e Pressão da Caldeira



Vista das bombas de alimentação de caldeira.
Vazão 65 m³/h
Pressão de Descarga 550 mm H₂O
Acionadas por motores elétricos de 189 kW

Segundo Filtro de Enxofre

- Instalação de um Novo Filtro de Enxofre em Série
- Área de Filtração 80 m²



Um novo filtro foi instalado em série com o filtro existente para garantir um enxofre filtrado de boa qualidade.

Novas Bombas de Acido

- Troca das Bombas de Circulação de Ácido
 - Vazão 550 m³/h
 - Pressão de Descarga 22 mcl
 - Acionadas por motores elétricos de 90 kW.
 - Modelo Lewis modelo 8R



As bombas originais operavam com má faixa de 360 a 450 m³/h.

Em função do aumento de capacidade e melhoria do fator operacional da unidade, já que estes equipamentos eram responsáveis pela maioria das paradas não programadas de manutenção, o projeto efetuou a substituição de todas as 3 bombas por um modelo único.

O teto dos tanque de circulação foi substituído para adequar os flanges de suporte.

Duas linhas de ácido frio de reciclo para os dois tanques para ajuste de vazão e temperatura foram incluídas no sistema de ácido.

Novas Bombas de Enxofre

- Troca das Bombas de Enxofre
- Enxofre sujo
 - Vazão 25 m³/h, 42 mcl e 18,5 kW
 - Lewis Mod 2 CLS
- Enxofre Filtrado
 - Vazão 10 m³/h 42 mcl e 7 kW
 - Lewis Mod 1 ¼ VS



Para atender a operação dos dois filtros em série e garantir um melhor fator operacional, 4 novas bombas de enxofre foram instaladas.

Super Aquecedor do 2º Leito

- Aumento da Área de Troca Térmica em 30 %
- Troca Feixe após 28 anos sem Furos



Para atender a nova carga térmica do superaquecedor de vapor instalado na saída do 2º leito, o projeto dimensionou um novo feixe de tubos lisos para substituir o feixe original que operou desde partida da planta sem nunca ter apresentado um único furo.

Por motivos de economia foi aproveitado o mesmo casco do equipamento original. Para evitar um aumento da perda de carga através do novo feixe tubular, o novo projeto aumentou a largura do feixe para aumentar a área de passagem dos gases.

Economizador

- Instalação 3º Feixe no Economizador Existente



O economizador original da planta tinha originalmente 3 feixes de tubos lisos. Ao longo dos últimos 28 anos de operação, o feixe inferior foi retirado por motivos de corrosão. Para atender as novas condições a 1100 t/d, um novo feixe foi reinstalado na parte inferior do economizador.

Outras Modificações Implantadas

- Instalação de um Analisador SO_2/O_2
- Troca do Eliminador de Névoa da Torre Secagem
- Nova unidade de Desmineralização
- Aumento da Área Serpentina Ácido



Um analisador de O_2/SO_2 que permite determinar a concentração de SO_2 na entrada do 1º leito e calcular diretamente a conversão e taxa de emissão da planta foi implantado na unidade.

Uma nova unidade de Desmineralização de Leito Compacto para $60 \text{ m}^3/\text{h}$ foi instalada

Aproveitando o espaço disponível na bacia de serpentinas de ferro fundido, foram instalados 04 novos pentes elevando a área de troca térmica dos resfriadores da secagem e TAI em 17%.

Conclusões

- Tecnologia simples e consagrada
- Não depende de um fornecedor de tecnologia único possibilitando maior concorrência dos fornecedores
- Desafio mais simples de outros projetos anteriores implantados com sucesso
- Abre possibilidade para posterior implantação de turbo gerador



NOVO DESAFIO

- Turbo Gerador de 10 MW em 2006



Agradecemos a sua Atenção!



Suporte de Catalisador – 1º Leito

