

USO DE GÁS COMBUSTÍVEL NA TREFILARIA
DE CONTAGEM DA CIA. SIDERÚRGICA
BELGO-MINEIRA

- . Manoel Osório Santos Guimarães (1)
- . Gláucio Lima Santos (2)

- (1) Engenheiro Mecânico-Eletricista pela UFMG
Chefe da Divisão Técnica da Diretoria de
Produtos Trefilados - DIRPT
Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira
- (2) Engenheiro Mecânico pela PUC/MG
Chefe de Setor do Departamento de Engenharia de
Equipamentos da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira
Unidade Industrial de Contagem

I - INTRODUÇÃO

Possuindo uma área total construída de cerca de 120.000m² a Unidade Industrial de Contagem da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira produz, em cinco fábricas (ou Unidades Independentes de Produção), mais de 9.000 itens de produtos.

São até 560.000t/ano de produtos trefilados (arames) de alto e baixo teores de carbono, retrefilados e recozidos, galvanizados, produtos agropecuários, produtos para concreto protendido, galvanizados e cobreados para grampeação e soldagem.

Para os processos de tratamento térmico, secagem e galvanização de arames e para a geração de vapor usado no processo industrial a Cia. Sid. Belgo-Mineira iniciou, a partir de junho de 1992, a utilizar em seus sistemas térmicos o Gás Residual de Refinaria, em substituição ao óleo combustível pesado tipo 2A (alto teor de enxofre) e ao alcatrão vegetal.

O objetivo do presente trabalho é a divulgação da experiência, ganhos, dificuldades e das perspectivas que estão relacionadas à introdução do gás na matriz energética da fábrica de Contagem e contribuir com estes dados e informações para a disseminação do uso e o fortalecimento da presença de gases combustíveis ricos (de origem não siderúrgica) nas matrizes do gás natural no Estado.

A Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira ao participar de forma pioneira no projeto da CEMIG/GASMIG de distribuição em escala industrial de gases combustíveis de alto poder calorífico, desenvolve qualificação e capacitação de seu quadro técnico e contribui para o desenvolvimento do Estado de Minas Gerais de uma concessionária apta a gerenciar a futura distribuição do gás natural no Estado.

II - EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA

A Unidade Industrial de Contagem da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira iniciou sua produção no início da década de 60, consumindo em seus processos térmicos basicamente o óleo diesel como combustível.

A partir de 1968, foi pioneira no consumo do combustível OC-4, um óleo diesel "sujo", porém, ainda conservando baixa viscosidade e possibilidade de queima à temperatura ambiente.

O óleo combustível OC-4 foi totalmente substituído a partir de 1977 pelo óleo BPF, dando início a um processo de queima de óleos combustíveis com características cada vez piores, e para os quais as indústrias tiveram que se adaptar, introduzindo modificações em suas instalações e sistemas de combustão, particularmente construindo sistemas de aquecimento de óleo (tancagens, linhas de distribuição e sistemas locais nos pontos de consumo).

O óleo combustível "E" - OC-E, com alto teor de enxofre, substituiu a partir de 1980 o óleo BPF. Este período é caracterizado pelo auge da crise do petróleo deflagrada pelos países árabes e alavanca na Belgo Mineira a decisão de procurar alternativas próprias de um combustível que pudesse substituir os derivados de petróleo que estavam cada vez piores, mais caros e com risco iminente de falta.

Aproveitando-se do processo de resfriamento e ciclonação dos gases de combustão provenientes dos fornos de carbonização de madeira, utilizados para produzir o carvão vegetal, a Belgo-Mineira inicia, em 1981, um processo em escala industrial de produção e consumo de alcatrão vegetal.

Apesar das dificuldades iniciais para adequação de equipamentos e sistemas para armazenagem, distribuição e queima do novo combustível atingiu-se em 1985 uma produção e consumo de alcatrão, que supriu 50% da demanda energética proveniente de combustíveis líquidos da Unidade de Contagem.

Em 1984, inicia-se o processo de consultas e levantamentos técnicos visando uma possível venda de gás de refinaria, através da PETROBRÁS para a Belgo-Mineira. Este processo foi abortado no início de 1985, tendo sido retomado em 1987, desta vez tendo a CEMIG como a distribuidora do produto.

III - CARACTERÍSTICAS DO GÁS DE REFINARIA

ORIGEM E COMPOSIÇÃO:

O gás residual da Refinaria Gabriel Passos é uma mistura de hidrocarbonetos, hidrogênio e nitrogênio provenientes de várias fontes:

- componentes naturais do petróleo cru, constituídos de hidrocarbonetos saturados (C_nH_{2n+2}) em cadeia aberta ou ramificada, tais como: metano, etano, propano, butano, pentano e, ainda, isobutano provenientes das Unidades 01 e 101, enviadas ao SECRA I e SECRA II.
- componentes provenientes do craqueamento catalítico do gasóleo de vácuo processados nas unidades SECRA I e SECRA II, tais como: nitrogênio, etano, buteno e propeno.
- hidrogênio decorrente do SEHID.

Alguns outros componentes gerados nas unidades catalíticas são retirados na unidade de tratamento (DEA), tais como: monóxido de carbono (CO), gás carbônico (CO₂), gás sulfúrico (H₂S) e mercaptans (R-SH).

O gás residual de refinaria, após esse tratamento, torna-se inodoro. Para odorizá-lo adiciona-se, controladamente, um teor de metil-mercaptan. Caso o volume do gás não atenda à demanda o volume adicional necessário às indústrias é complementado pela evaporação do GLP (propano, butano e iso-butano).

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO GÁS

O gás de refinaria é basicamente de metano (CH₄) - 34%, etano (C₂H₆) - 15,0%, hidrogênio (H₂) - 28,3%, nitrogênio (N₂) - 7,05%, eteno (C₂H₄) - 11,8% e componentes maiores que C₂ - 3,85%.

Discriminadamente tem-se:

<u>Substância</u>	<u>% Média</u>
Hidrogênio	28,30
Nitrogênio	7,05
Metano	34,00
Eteno	11,80
Etano	15,00
Propeno	1,90
Propano	0,50
Isobutano	0,15

Buteno	0,24
Butano	0,06
Pentano	1,00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- . Poder calorífico superior: 8.832 Kcal/Nm³
8.229 Kcal/m³
- . Poder calorífico inferior: 8.017 Kcal/Nm³
7.470 Kcal/m³
- . Densidade relativa : 0,5786
- . Número de Wobe : 1166 Kcal/Nm³
- . Ar teórico : 14,98Kg ar/Kg gás
8,59m³ ar/m³ gás

GASODUTO E DISTRIBUIÇÃO

O gasoduto geral de distribuição de gás de refinaria, sob a jurisdição da GASMIG, tem aproximadamente 15Km de extensão, opera com pressão de 4,0Kg/cm², atingindo uma vazão máxima de 250.000m³/dia nesta pressão.

Na fase inicial do projeto a GASMIG está distribuindo 100.000m³/dia de gás, abastecendo as empresas: FIAT, SAMAG, MANNESMANN, MAGNESITA, BISCOITOS AYMORÉ e BELGO-MINEIRA. A Belgo-Mineira com o seu consumo contratado de 28.953m³/dia, se constitui um dos principais clientes da GASMIG, nesta fase.

IV - PROCESSOS E EQUIPAMENTOS ENVOLVIDOS

O projeto de introdução do gás de refinaria na Unidade Industrial de Contagem está se desenvolvendo de forma gradual, tendo seu término de implantação previsto para novembro de 1993.

O cronograma do projeto foi elaborado e negociado com a GASMIG, tendo como parâmetros a disponibilidade de recursos para investimento, a capacidade de entrega dos fornecedores e o não comprometimento das atividades de produção da Unidade.

Novas estufas de secagem de arames foram especialmente projetadas e construídas para a utilização do novo combustível, em função da inadequação dos equipamentos existentes à queima de gás. Nos demais equipamentos (fornos e caldeiras), estão sendo mantidas as características técnicas originais dos mesmos, não tendo sido necessárias modificações em câmaras de combustão, canais de gases, paredes refratárias e chaminés.

As grandes modificações introduzidas nos equipamentos ficaram por conta da substituição total dos componentes dos sistemas de combustão, abrangendo:

- queimadores;
- redes de combustíveis;
- sistemas de controle e supervisão.

Há de se ressaltar que os sistemas existentes para queima de óleo pesado eram, essencialmente, de controle manual, sem dispositivos de supervisão de chama, intertravamentos de segurança e modulação adequada de potência.

De forma resumida, o projeto "Gás de Refinaria" abrange:

- fabricação de novas estufas de secagem;
- conversão de duas caldeiras flamotubulares de média capacidade (5,5 e 8.0t/h de vapor);
- conversão de fornos e estufas de secagem, envolvendo a substituição de 82 queimadores existentes, que eram exclusivos para queima de óleo combustível.

- Fornos tipo cuba para fusão de chumbo:

Instalação	Quantidade de Queimadores	Potência Instalada (Kcal/h)	Consumo Médio Mensal de Óleo (Kg)	Consumo Médio Mensal Previsto p/Gás de Refinaria (m ³)
1	9	1.350.000	31.891	36.947
2	9	1.350.000	34.861	40.388
3	4	840.000	23.754	27.520
TOTAL	-	-	90.506	104.855

Obs.: Na falta de gás de refinaria estes equipamentos queimarão quantidades energeticamente equivalentes de querosene.

- Fornos tipo cuba para fusão de zinco:

Instalação	Quantidade de Queimadores	Potência Instalada (Kcal/h)	Consumo Médio Mensal de Óleo (Kg)	Consumo Médio Mensal Previsto p/Gás de Refinaria (m ³)
1	4	1.240.000	28.553	33.080
2	4	840.000	37.437	43.373
3	4	840.000	29.696	34.404
4	4	840.000	16.676	19.320
5	4	840.000	16.676	19.320
6	4	840.000	45.195	52.360
7	4	840.000	23.754	27.520
8	4	440.000	12.250	14.192
TOTAL	-	-	193.597	243.569

Obs.: Na falta de gás de refinaria estes equipamentos queimarão de querosene energeticamente equivalentes.

- Forno tipo túnel

Instalação	Quantidade de Queimadores	Potência Instalada (Kcal/h)	Consumo Médio Mensal de Óleo (Kg)	Consumo Médio Mensal Previsto p/Gás Refinaria (m ³)
1	26	2.860.000	65.110	75.432

Obs.: Na falta de gás de refinaria esses equipamentos queimarão quantidades de querosene energeticamente equivalentes.

- Caldeiras flamotubulares

Equipamentos padrão de mercado (fabricação CBC), destinam-se à geração de vapor saturado de baixa pressão para aquecimento de banhos no processo de decapagem química.

Os equipamentos são do tipo câmara de combustão fria (fornalha tubular em aço) com tiragem natural independente.

Caldeiras Flamotubular
(Geração de Vapor)
Temp. do Vapor: 164°C

- Caldeiras

Instalação	Quantidade de queimadores	Potência Instalada (Kcal/h)	Consumo Médio Mensal de Óleo (Kg)	Consumo Médio Mensal Previsto p/Gás de Refinaria (m3)
1	01	3.920.000	139.902	162.082
2	01	5.880.000	209.319	242.504
TOTAL	-	-	349.221	404.586

Obs.: Na falta de gás de refinaria esses equipamentos queimarão quantidades de querosene energeticamente equivalentes.

- Estufas

Instalação	Quantidade de Queimadores	Potência Instalada (Kcal/h)	Consumo Médio Mensal de Óleo (Kg)	Consumo Médio Mensal Previsto p/Gás de Refinaria (m3)
1	01	650.000	-	27.800
2	01	650.000	-	27.800
3	01	650.000	-	27.800
4	01	310.000	13.058	15.128
5	01	310.000	19.611	22.720
TOTAL	-	-	32.669	121.248

V - PREMISSAS ADOTADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE CONVERSÃO

EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

- Queimadores

Uma das definições mais complexas durante a fase inicial de desenvolvimento do projeto foi aquela relativa ao tipo de queimador a ser adotado

O gás de refinaria, por sua característica de produção e distribuição, é sujeito a interrupções de fornecimento quer de forma planejada ou eventual.

Era preciso escolher os queimadores, tendo em vista o funcionamento com o gás, bem como com outro combustível alternativo durante os períodos de interrupção.

As características dos queimadores instalados nos fornos, com dimensões muito reduzidas e baixas potências (110.000 a 310.000 Kcal/h por queimador), impossibilitaram a manutenção do óleo 2-A como combustível alternativo, pela inexistência no mercado de equipamentos bi-combustíveis que pudessem operar de forma satisfatória com gás e óleo pesado.

Os primeiros estudos desenvolvidos indicaram o GLP como segundo combustível para queima, na falta do gás de refinaria.

Esta alternativa foi abandonada a partir da liberação pelo Governo, no final de 1991, do uso de combustíveis leves (querosene e diesel) em processos industriais, condicionando o uso somente à disponibilidade do produto no mercado após o atendimento dos usos veiculares e institucionais.

A utilização de um óleo leve como combustível alternativo simplificou as soluções de engenharia, reduziu os investimentos necessários e ampliou as alternativas de escolha de equipamentos no mercado pela disponibilidade de várias opções de queimadores bi-combustíveis para gás e óleos leves.

Vencida a etapa de definição do combustível alternativo foram especificados para uso em todos os fornos industriais queimadores de alto impulso (HIGH VELOCITY) com velocidade de escape de gases da

ordem de 70m/s.

O princípio de ação destes queimadores permite a criação de uma gran de turbulência nas câmaras de combustão e nos canais de gases dos fornos, otimizando as trocas térmicas por convecção.

INSTRUMENTAÇÃO PARA LINHAS DE GÁS

Face à pouca tradição e disponibilidade no mercado nacional de instrumentos específicos para o uso em controle e segurança de sistemas de combustão de gases, a Belgo-Mineira optou por adquirir todos os equipamentos importados. Foram considerados os seguintes aspectos:

- Padronização

Foram adquiridos de um único fabricante toda a linha de instrumentos. Esta definição simplifica as manutenções e o treinamento de pessoal, permite a intercambialidade de componentes e diminui o estoque de peças-reserva.

- Confiabilidade e atualização tecnológica

Optou-se pelos equipamentos de um fabricante europeu de primeira linha, com mais de trinta anos de especialização neste mercado.

Os instrumentos incorporam tecnologia de ponta, alta confiabilidade e custos compatíveis com similares disponíveis no mercado nacional.

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

- Sistemas de Supervisão e Controle

Aproveitando a necessidade de introdução de novos painéis para executar as funções de supervisão e controle dos sistemas de combustão e de operação dos fornos, a Belgo optou por desenvolver junto à BMS/MALC todos os sistemas com o uso de CLP's - Controladores Lógicos Programáveis. Foram considerados os seguintes aspectos:

- Domínio da Tecnologia

As equipes de engenharia, implantação de projetos e de manutenção da Belgo-Mineira estão ampliando, nos últimos anos, a utilização dos CLP's na sua Unidade Industrial tendo, hoje, domínio da tecnologia envolvida.

- Confiabilidade e Manutenção

Os CLP's incorporam alta confiabilidade de operação, baixas taxas de falhas e simplicidade e rapidez de manutenção.

- Expansão e Interligação

Os sistemas foram projetados com capacidade de software e hardware suficientes para permitir expansões e assumir, futuramente, a automação total das instalações onde estão instalados.

Está prevista, também, a interligação futura, em rede, de todos os CLP's dos fornos permitindo a integração e gerenciamento centralizado dos processos.

- Custos Envolvidos

Com a disseminação do uso dos CLP's nas indústrias, os sistemas desenvolvidos a partir do uso de controladores lógicos, apresentam, hoje, custos compatíveis com sistemas similares convencionais baseados no uso de relés e controladores eletro-mecânicos.

- Sistemas de Modulação de Potência

Aproveitando os recursos de programação dos CLP's e a versatilidade do equipamento, optou-se pelo uso do sistema cíclico de modulação de potência dos fornos.

O sistema se baseia no acendimento e desligamento dos queimadores de forma cíclica, em sequências pré-estabelecidas, livremente configuráveis, liberando sempre quantidades definidas de energia.

A maior ou menor distância da temperatura de controle em relação ao set-point determina o tempo e número e queimadores que estarão ligados em um dado momento em cada zona de controle.

VI - VANTAGENS E GANHOS OBTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DO GÁS DE REFINARIA EM SUBSTITUIÇÃO AO ÓLEO PESADO

GANHOS AMBIENTAIS

Em termos globais médios a Unidade Industrial de Contagem deixara de queimar 7.556t/ano de óleo 2A e 3475t/ano de alcatrão vegetal com a introdução do gás de refinaria.

Considerando os processos envolvidos, os ganhos ambientais serão altamente significativos com reduções drásticas dos poluentes lançados nos efluentes gasosos da planta industrial.

A substituição do óleo pesado de alto teor de enxofre (cerca de 5% em peso) e do alcatrão vegetal, pelo gás de refinaria, possibilitara a melhoria dos processos de combustão com uma resposta positiva com relação à melhoria da qualidade do ar.

Haverá redução de 99,17% na emissão de particulados para a atmosfera o que representa 23,8t/ano de fuligem a menos sobre o ambiente.

Com relação aos compostos de enxofre (SOx), deixarão de ser liberados na atmosfera 622t/ano de compostos poluentes, representando uma redução de 99,36% na emissão de SOx.

Conseqüentemente, a substituição terá forte impacto positivo sobre a qualidade do ar na região, inclusive no que se refere a possibilidade de formação de chuva ácida.

GANHOS EM MANUTENÇÃO E PRESERVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

O aumento das campanhas dos fornos e das caldeiras da Unidade Industrial, possibilitada pela menor formação de fuligem e depósitos nos circuitos de fumaças dos equipamentos com a queima de gás, representará ganhos de produção com a maior disponibilidade das instalações e redução do custo total de manutenção da fábrica.

Um dos itens críticos do processo de galvanização de arames é a preservação das cubas metálicas dos fornos de fusão de zinco. O zinco é altamente reativo ao aço de baixo carbono do qual são construídas as cubas. Pontos ou regiões da cuba que apresentem temperaturas elevadas em relação à temperatura de fusão do metal são corroídas de forma acelerada, em progressão geométrica com o aumento da temperatura.

O uso do gás combustível conjugado com as premissas de projeto adotadas (uso de queimadores de alto impulso, sistema cíclico e controle eficiente de temperatura) permitirá o aumento da vida útil das cubas havendo uma expectativa de se dobrar o tempo de sua utilização sem ne

cessidade de reforma.

GANHOS EM CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

As significativas e constantes mudanças ocorridas na matriz energética da Unidade Industrial, conforme descrito no item II, criaram uma situação de inadequação dos equipamentos de combustão aos combustíveis usados em cada época.

A empresa não conseguiu introduzir, ao longo dos anos, as modificações necessárias nos equipamentos, de forma a manter os sistemas com os níveis de performance adequados ao uso de combustíveis cada vez piores.

Neste aspecto, o projeto de conversão dos equipamentos para o uso de gás está permitindo a otimização dos processos térmicos e, apesar de ainda não terem sido totalmente quantificados os ganhos, podemos observar uma redução da ordem de 15% no consumo específico global de combustíveis em Contagem, em 1993, em função dos equipamentos já convertidos.

GANHOS TECNOLÓGICOS

A introdução do gás combustível na matriz energética da fábrica de Contagem amplia de forma significativa as possibilidades de uso de novas tecnologias nos processos de tratamento térmico e superficial de arames.

Várias soluções de engenharia introduzindo equipamentos mais compactos, com melhores isolamentos térmicos e performances superiores aos existentes são totalmente incompatíveis com as características dos óleos combustíveis nacionais, particularmente devido aos teores de enxofre que eles contêm.

Fusão direta de metais usados para recobrimento superficial e tratamento térmico de arames e aquecimento direto de banhos de decapagem sem a necessidade de uso de vapor são exemplos de tecnologias disponíveis para uso exclusivo de combustíveis gasosos..

VII - DIFICULDADES ENCONTRADAS

A falta de experiência anterior das equipes de engenharia e de implantação de projetos da Belgo-Mineira em projetos integrados de distribuição, queima e controle de sistemas de combustão de gases de alto poder calorífico, determinou a necessidade de se formar uma base de informações iniciais para o desenvolvimento dos trabalhos.

Visitas a empresas consumidoras e concessionárias estaduais de gás no Rio e em São Paulo, participação de cursos e seminários voltados para o uso de gases combustíveis constituíram etapas importantes para a formação das equipes envolvidas.

O mercado fornecedor de equipamentos e as empresas de engenharia nacionais detêm pouca tradição neste mercado, o que torna as definições técnicas mais difíceis e demoradas, até que fornecedor e consumidor consensem soluções e definições.

Outra dificuldade existente é a falta de normas técnicas brasileiras para projeto, equipamentos e instalações consumidoras de gases combustíveis. Na falta de normas, o consumidor brasileiro tem que recorrer às recomendações da CONGÁS e PETROBRÁS editadas sobre o assunto.

As normas européias e americanas podem divergir em requisitos e recomendações e, dependendo dos fornecedores e equipamentos escolhidos, poderão ocorrer incompatibilidade de sistemas.

O mercado industrial brasileiro, sujeito às oscilações e inconstâncias da economia e das variações dos volumes mensais de produção, está encontrando na forma de contratação do consumo de gás, outra dificuldade. O estabelecimento de cotas fixas de gás a ser retirado, sendo a empresa responsável pelo pagamento das cotas, havendo ou não consumo - "TAKE OR PAY", transforma em custo fixo as despesas com o energético, comprometendo a estrutura de preços das empresas.