

PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

**QUEIMA DIRETA DO GLP COMO
ALTERNATIVA A RECUPERAÇÃO
DE CALOR DO VAPOR EM
PROCESSO DE SECAGEM**

CATEGORIA: APLICAÇÕES DO GLP

ABSTRACT

This paper shows an opportunity to increase the energy efficiency, and consequently, reduction of the operational costs in the fluidized bed drying process in a chemical industry. The process had their air-heating mode changed. Initially, heat from a steam, generated by a boiler, was recovered by an indirect heating technique. then it was swapped to direct-fired air-heating using hot-air generator burning liquefied petroleum gas, LPG.

SINOPSE

Este trabalho apresenta uma oportunidade para aumento da eficiência energética, e por consequente, redução dos custos operacionais em processo de secagem através de leito fluidizado em uma indústria química. Houve uma mudança no conceito do modo de aquecimento do ar de processo. Inicialmente, era utilizado o aquecimento indireto do ar de processo através da recuperação de calor do vapor gerado por uma caldeira, mudando para aquecimento através da queima direta realizada em um gerador de ar quente operado a gás LP.

1. BREVE HISTÓRICO DA EMPRESA

A Liquigás Distribuidora S.A. é uma sociedade anônima de capital fechado que atua no engarrafamento, distribuição e comercialização de Gás Liquefeito de Petróleo, GLP. Está presente em 23 estados e no distrito federal. É uma das maiores distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo do País, líder no segmento envazado, atendendo mensalmente mais de 35 milhões de consumidores residências, por meio de uma extensa rede de revendedores. No segmento Granel, atende a mais de 20.000 clientes, oferecendo produtos e serviços sob medida para diversos setores da indústria, comércio, agricultura, pecuária, condomínios, hotéis, hospitais, entre outros. Neste segmento tanques são instalados nos locais de consumo e abastecidos por caminhões-tanque especiais. Na medição individualizada, atende a mais de 35.000 clientes.

A Liquigás foi fundada em 1953, em agosto de 2004 foi adquirida pela BR Distribuidora, e em novembro de 2012 tornou-se subsidiária direta da Petrobras S.A. Conta atualmente com cerca de 3250 funcionários distribuídos em seus com 23 Centro Operativos, 19 Depósitos, 1 Base de Armazenamento e Carregamento rodoferroviário, 4 unidades de envasamento em terceiros, além de sua sede na cidade de São Paulo.

2. PROBLEMAS E OPORTUNIDADE

A indústria química do Brasil, de acordo com o BEN, Balanço energético nacional, 2016, foi responsável por aproximadamente 9% do consumo total da energia do país. Este setor utiliza largamente processos de secagem em suas plantas produtivas, e por serem processos energointensivos, ações de aumento de eficiência promovem rápido resultado econômico viabilizando em curto prazo os investimentos realizados.

Dentre as várias técnicas de secagem o leito fluidizado é muito utilizado para a secagem de partículas úmidas e materiais granulares que possam ser fluidizados. Entende-se por fluidizado o estado no qual sólidos finos comportam-se como um fluido quando suspensos em um fluxo gasoso (Mujundar, 2006).

Neste processo de secagem uma corrente de ar quente passa através do leito interagindo com as partículas úmidas removendo a água. A secagem através desta técnica oferece muitas vantagens sobre outras, pois oferece altas taxas de transferência de calor, uniformidade de temperatura e transporte de massa.

O processo de secagem, objeto deste trabalho, utiliza um sistema de leito fluidizado na etapa final do ciclo produtivo de uma unidade industrial do setor químico. Este equipamento necessita de dois fluxos de ar quente injetados em duas zonas de secagem, denominadas neste contexto de primária e secundária. Na zona primária é injetado um fluxo de 15.000 m³/h de ar, e na zona secundária 3 fluxos de 2.500 m³/h cada. A temperatura do ar destes fluxos varia entre 60 °C e 95 °C, a depender da receita do produto.

O processo de aquecimento utilizado era o indireto, ou seja, nem o fluxo de ar, nem o produto entram em contato com o meio de aquecimento, neste caso o vapor. Um conjunto de permutadores de calor recuperava a energia do vapor advindo da caldeira e o transferia para os 4 fluxos de ar quente. Um conjunto de válvulas operadas eletro-pneumaticamente realizava o controle da vazão e pressão do vapor de modo a controlar a temperatura do processo. O esquema abaixo exemplifica o funcionamento.

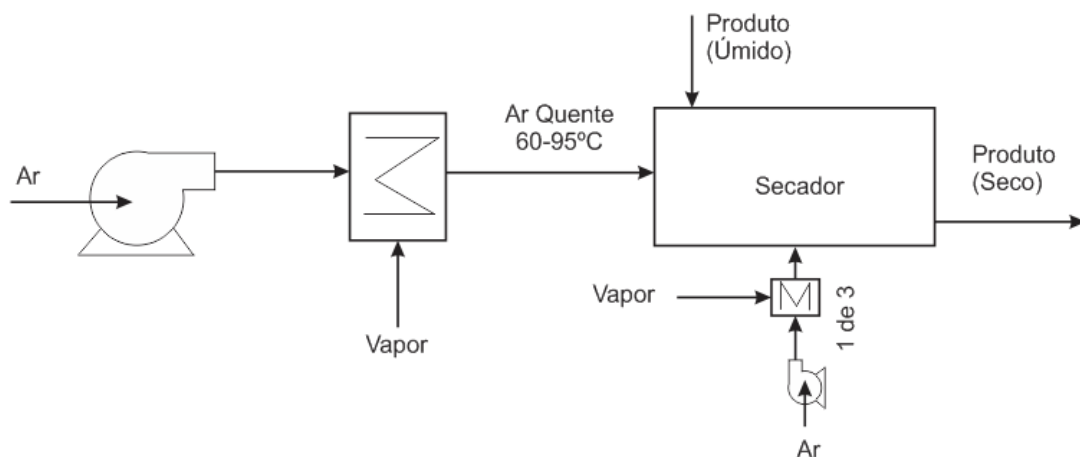


Figura 1 – Esquema inicial simplificado de aquecimento do leito utilizando o vapor.

O processo era de controle complexo, necessitava de muita manutenção, e possuía muitos pontos de ineficiência, a saber: conversão do combustível na caldeira, transmissão do vapor pela rede de distribuição, recuperação do calor nos permutadores do processo, retorno do condensado.

A planta inicialmente fora concebida para utilizar óleos residuais, com baixo custo unitário, como combustível, buscando assim, custo operacional reduzido. A fábrica estava utilizando óleo combustível BPF 1A antes da conversão. Esta visão parcial, focada no menor preço do combustível, pode mascarar as ineficiências do processo como um todo, levando ao desperdício de energia.

Era desejo antigo da empresa eliminar os inconvenientes do uso óleo combustível, sejam eles operacionais, e ou, ambientais, porém, uma substituição direta na geradora de vapor nunca indicava viabilidade econômica.

A partir da avaliação técnica sobre o panorama de secagem, buscou-se um conceito que pudesse reduzir as perdas entre a geração de energia térmica e sua utilização; reduzisse os custos com manutenção e os tempos de parada, além de melhorar homogeneidade da temperatura do leite.

3. PLANO DE AÇÃO, OBJETIVO, METAS E ESTRATÉGIAS

O plano proposto tratava-se da substituição do conceito de aquecimento do processo, mudando de aquecimento indireto através da recuperação do calor do vapor para um processo por queima direta a gás LP. Apesar do maior custo específico do gás LP, o incremento de eficiência vislumbrado suplantaria este revés, resultando em ganho financeiro e curto tempo de retorno dos investimentos.

A empresa possuía uma utilidade de geração de vapor dedicada ao processo, composta por uma caldeira marca ATA modelo 14 H3 com capacidade nominal de 2000 kg de vapor por hora. Por ser uma caldeira antiga, sua eficiência média estava em torno de 75-80%. ¹ A casa de caldeira situava-se a cerca de 150 metros de distância do secador. Apesar da tubulação ser devidamente isolada e rechapeada,

¹ Avaliação efetuada pela própria empresa.

seu longo trecho aéreo gerava muito condensado nos momentos mais frios. Somado a isso, o sistema de condicionamento da malha de controle também possuía muitos pontos de ineficiência.

O sistema proposto substituiria toda a geração de vapor da planta, substituindo-a por um sistema de geração de ar quente por queima direta, alimentando tanto o fluxo primário, quanto os três fluxos secundários. O controle de temperatura seria realizado através da modulação do sistema de combustão, do controle da vazão de ar de aquecimento e ar de processo, entregando, assim um fluxo de ar quente dentro das especificações demandadas.

Entende-se por queima direta o sistema onde os produtos de combustão compõem o ar de processo, ou se misturam a ele. Esta tecnologia possui custo relativo baixo e é muito mais eficiente termicamente que sistemas indiretos, pois convertem próximo dos 100% da energia térmica gerada pelo queima do combustível em ar quente, sendo uma alternativa eficaz em processos onde o produto não se afeta pelos efluentes gasosos emanados pela combustão.

4. IMPLEMENTAÇÃO

Foram instaladas na planta de secagem duas geradoras de ar quente com capacidade nominal de 1 MW cada, sendo uma para a zona primária e outra para as 3 zonas secundárias. Os fluxos de ar quente seriam conduzidos por dois dutos de 20" cada, isolado por lã de rocha e rechapeados. Estes fluxos seriam entregues diretamente ao conjunto de controle automático de vazão na zona primária e distribuído por 3 outras linhas com bitola menor, 10" para os controladores automáticos de vazão secundários.

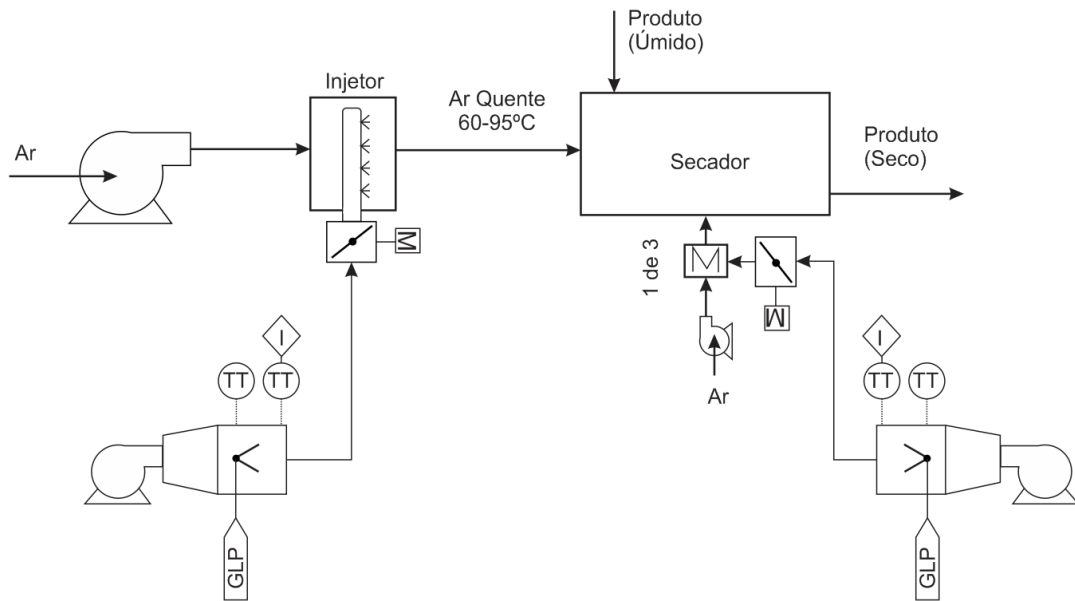


Figura 2 – Esquema proposto: queima direta a gás LP.

Neste conceito a energia do fluxo do ar de processo é obtida através da soma dos fluxos de ar de admissão e suas respectivas entalpias.

$$\dot{m}_{ar_proc} h_{ar_proc} = \dot{m}_{ar_adm} h_{ar_adm} + \dot{m}_{ar_gaq} h_{ar_gaq}$$

No processo de queima direta dois pontos necessitam de atenção: risco de explosão e risco de contaminação.

Sobre o risco de explosão, investigou-se o ponto de fulgor dos produtos processados na planta e constatou-se serem acima da temperatura de processo. Um sistema de intertravamento de segurança com redundância dupla foi implantado com o objetivo de proteger as geradoras de ar quente, a rede de distribuição e o leito. Um sistema de filtros e um sistema de separação inercial fora implementado nas geradoras de modo a reter qualquer material particulado maior que 100 μm , evitando assim, a possibilidade de alguma fonte de material incandescente relevante pudesse adentrar ao sistema colocando-o em risco.

Sobre o risco de contaminação, foi investigada a necessidade da assepsia do processo, ou seja, se haveria interação química entre os efluentes gasosos advindos da combustão, com o produto.

Como apresentado por Baukal, 2004, para temperaturas em torno de 250 °C com grande excesso de ar, a formação dos compostos nitrogenados é muito baixa. Diante disso foi desprezado o impacto destes contaminantes como elementos que pudessem influenciar na composição do produto.

Sobre a contaminação por monóxido de carbono, experimentos foram conduzidos para uma concentração de até 150 ppm e não houve degradação dos produtos produzidos. Devido ao excesso de ar, concentrações deste contaminantes nunca estariam acima deste patamar sob condições normais de operação.

O teor de dióxido de carbono foi estimado através da estequiometria da combustão. Adotando-se um modelo simplificado do gás LP típico: 70% butano/buteno e 30% propano/propeno em volume fase líquida, teor de CO₂ atmosférico de 350 ppm (Gurney, 2002), o excesso de ar utilizado na combustão e a diluição com o ar de processo, concluiu-se que o teor deste contaminante não seria maior que 1,8%, não representando risco ao produto.

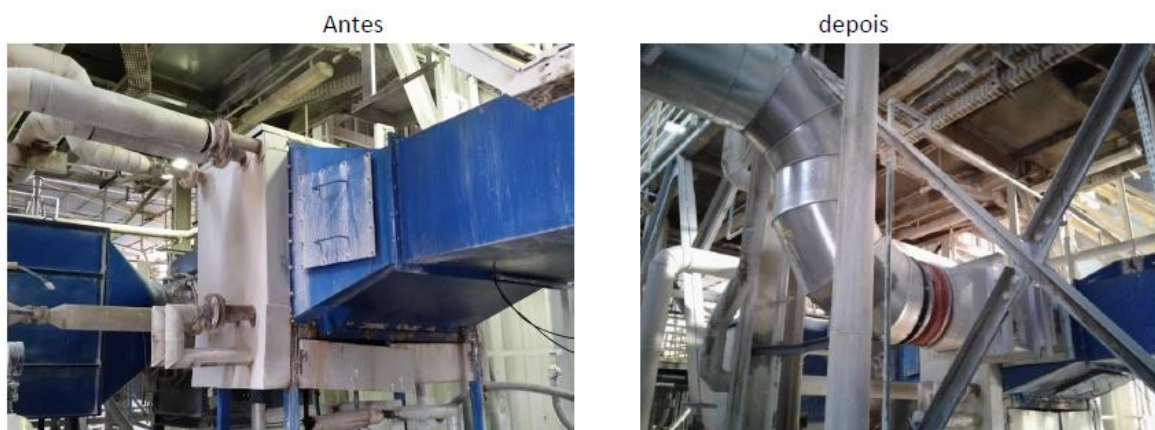


Figura 3 – Vista parcial do sistema de aquecimento primário: tubulão que conduz o ar aquecido, conjunto de controle automático de fluxo e injetor



Figura 4 – Vista parcial do sistema de aquecimento secundário: tubulão e suas derivações, três grupos de dampers automáticos para controle do fluxo secundário.

O queimador utilizado foi do tipo Queimador de Duto (*Duct Burner*). Basicamente este equipamento consiste em um tubo de aço de alta liga, que possui orifícios com diâmetro calibrado. Um defletor em forma de “V” perfurado executa o papel do retentor de chama, protegendo a zona de combustão contra a turbulência excessiva. A baixa pressão provocada pelo escoamento nos orifícios retém a chama próxima a zona de combustão, melhorando o tempo de residência e assim favorecendo a redução da formação de monóxido de carbono (CO). O padrão de perfuração não homogêneo permite uma liberação estagiada do ar, oxidante, reduzindo a temperatura de chama e com isso a formação do óxido nítrico dióxido de nitrogênio (NO e NO₂).



Figura 5 – Vista dos geradores de ar quente instalados no lado externo da planta

5. INDICADORES DE DESEMPENHO

A conversão já foi concluída e a planta já opera há 18 meses com o novo conceito de secagem. Apesar de ainda não possuir uma base de dados mais longa para uma avaliação estatística mais robusta, os resultados preliminares indicam um enorme sucesso.

O processo de secagem está consumindo apenas 40% da energia consumida anteriormente com uma produção similar a dos anos anteriores. Considerando os custos médios dos energéticos, base de setembro de 2017, a redução de custo foi de aproximadamente 31,7%. O retorno do investimento já ocorreu, e necessitou de apenas de 10 meses de operação.

Embora o GLP tenha um custo específico mais elevado, suas características químicas permitem uma combustão limpa, baixa carga de contaminantes, permitindo o emprego da técnica de queima direta, aumentando a eficiência energética e reduzindo os custos operacionais.

5. REFERÊNCIAS

1. Gurney, et al. Towards robust regional estimates of CO₂ sources and sinks using atmospheric transport models. Nature, Nova York, vol. 415, page 628, February 2002.
2. BAUKAL, C. E. Industrial Combustion Pollution and Control, New York: Marcel Dekker Inc., 2004.
3. MUJUMDAR, A. S. Handbook of Industrial Drying, 3rd edition, Singapore: CRC, 2006.
4. BEJAN, A., TSATSARONIS, G., MORAN, M., Thermal Design & Optimization, New York: John Wiley & Sons, 1996.
5. EPE/MME, Balanço Energético Nacional 2016, Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Rio de Janeiro, RJ, 2017.

6. PARTICIPANTES

- 1- Rodrigo Solha Pazzini de Freitas – Liquigás Distribuidora SA
- 2- Elcio Augusto Rocha Sarti – Liquigás Distribuidora SA
- 3- Alyne Freitas da Silva - Liquigás Distribuidora SA
- 4- Adriano Campos Pereira - Liquigás Distribuidora SA
- 5- Alexandre Vasconcelos Rodrigues - Liquigás Distribuidora SA
- 6- Gustavo Batulevicius Pereira – Liquigás Distribuidora SA