

LIQUIGÁS



**PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA
EDIÇÃO 2019**



prêmio GLP
DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

**TÍTULO: ANÁLISE DOS GASES DE COMBUSTÃO EM PROCESSOS
INDUSTRIAIS QUE UTILIZAM GLP**

CATEGORIA: SAÚDE

Setembro de 2019

LIQUIGÁS



**PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA
EDIÇÃO 2019**

**TÍTULO: ANÁLISE DOS GASES DE COMBUSTÃO EM PROCESSOS
INDUSTRIAIS QUE UTILIZAM GLP**

CATEGORIA: SAÚDE

Autores:

Adilson Heck
Alexandre Vasconcelos Rodrigues
Alyne Freitas da Silva
Elcio Augusto da Rocha Sarti
Marcos Antonio dos Santos

SUMÁRIO

1. Problema	5
2. Objetivo	5
3. Materiais e métodos.....	
3.1 Estequiometria da reação de combustão.....	7
3.2 Determinação prática do coeficiente de ar.....	8
4. Resultados e discussões.....	9
5. Conclusão.....	11
6. Bibliografia.....	12

Histórico Liquigás

Liquigás Distribuidora S.A. é uma sociedade anônima de capital fechado que atua no engarrafamento, distribuição e comercialização de Gás Liquefeito de Petróleo, também conhecido como GLP. Está presente em 23 estados brasileiros (exceto Amazonas, Acre e Roraima), o que representa uma ampla cobertura nacional e constitui uma vantagem competitiva da Empresa.

A Liquigás, fundada em 1953, foi adquirida pela Petrobras Distribuidora S.A. (BR) em agosto de 2004 e, em novembro de 2012, após uma reorganização societária, passou a ser subsidiária direta da Petrobras S.A. Desde a integração ao Sistema Petrobras, a Liquigás consolidou sua liderança no mercado de botijões de 13 kg - os mais usados em residências para o cozimento de alimentos e sua posição como uma das maiores distribuidoras de GLP no país. Conta atualmente com 3250 funcionários.

Atende mensalmente mais de 35 milhões de consumidores residenciais, com soluções que abrangem desde variados tamanhos de embalagens, como os botijões de 8 e 13 kg, para o gás de uso doméstico (Área de GLP Envasado) até o fornecimento de produtos e serviços sob medida aos mais diversos setores da indústria, comércio, agricultura, pecuária, aviários, condomínios, hotéis, entre outros (Área de GLP Granel).

A Liquigás conta com 23 Centros Operativos, 19 Depósitos, 1 Base de Armazenagem e Carregamento rodoferroviário, 4 unidades de envasamento em terceiros e uma rede com aproximadamente 4.800 revendedores autorizados, além de sua Sede, na cidade de São Paulo (SP).



Figura 1: Centro Operativo de Capuava – Fonte: Liquigás Distribuidora S.A

1. Problema

Em prospecções de possíveis clientes industriais das congêneres que já utilizavam GLP como energético, algumas vezes nos deparávamos com operadores de equipamentos como secadores de tambor rotativo, fornos e estufas de batelada, e outros tipos de fornos e secadores, que reclamavam de **irritação e ardência nos olhos, as vezes sonolência e em algumas situações até vertigens**. Essas situações chamaram a atenção e mostraram um possível caminho a ser seguido para agregarmos um diferencial técnico nas negociações e assim nos diferenciarmos da análise comparativa direta por “melhor preço”.

Começamos a investigar e inicialmente percebemos que os equipamentos tinham um ponto inicial em comum: os equipamentos tinham deficiências e diversos tipos de problemas nas tiragens dos gases de combustão, como dampers inoperantes, portas mal isoladas, vazamentos, tiragens insuficientes, que expunham os operadores a pequenas concentrações dos efluentes de combustão. Caso as exaustões dos equipamentos estivessem bem dimensionados os operadores não teriam exposições aos efluentes de combustão.

O próximo passo foi investigar a regulagem dos sistemas de combustão e principalmente o “método utilizado” para a regulagem dos equipamentos e nos deparamos com operadores que disseram que ajustavam os queimadores variando combustível e ar atmosférico e os parâmetros empíricos que validavam os ajustes eram “a temperatura e a cor da chama”.

Dado o cenário de convergência entre as falhas nas exaustões dos equipamentos, os ajustes empíricos nos queimadores e as reclamações de **saúde ocupacional dos operadores**, resolvemos investigar a combustão mais detalhadamente para entender o que poderia estar acontecendo e propor soluções técnicas que serviriam tanto como diferencial em prospecções de clientes das congêneres, como em possíveis problemas e reclamações em clientes.

2. Objetivo

Entender a fenomenologia das causas das reclamações de saúde ocupacional dos operadores (ardência e irritação nos olhos, sonolência, etc), propor soluções para o problema descrito e com isso estimular as boas práticas da combustão aplicadas à utilização do GLP como combustível.

3. Materiais e métodos

Para a investigação e análise sistemática das possíveis causas relacionadas, foi definido um “*passo a passo*” para aquisição de informações.

O *primeiro passo* foi verificar a qualidade do ar na posição dos operadores em alguns processos acessados utilizando um **analisador de gases** com o para confirmar ou refutar a hipótese do monóxido de carbono. Abaixo na Figura 2 se observa um exemplo de analisador de gases.



Figura 2: Exemplo de analisador de gases

O segundo passo foi avaliar as **composições químicas e as temperaturas dos gases quentes da combustão** utilizando também o analisador de gases com a introdução de uma sonda através de furos de inspeção localizados em posições a jusante aos queimadores, respeitando as distâncias mínimas estabelecidas em normas.

O terceiro passo foi medir as velocidades dos fluxos dos gases quentes de combustão utilizando um **tubo de Pitot** através do mesmo furo de inspeção utilizado para introduzir a sonda do analisador de gases. Abaixo na Figura 3 se observa um exemplo de tubo de Pitot.



Figura 3: Exemplo de tubo de Pitot

O quarto passo foi medir a velocidade e por conseguinte a vazão do ar atmosférico de admissão para o sistema de combustão, utilizando um **anemômetro portátil** na nas entradas de ar, e um **multímetro** para medir a corrente elétrica do motor do ventilador. Abaixo na Figura 4 se observa um exemplo de anemômetro manual.



Figura 4: Exemplo de anemômetro manual



Figura 5: Exemplo de alicate multímetro

Após finalizada a aquisição dos dados e informações o passo seguinte foi avaliar a combustão.

3.1. Estequiometria da reação de combustão do GLP

O processo de combustão pode ser entendido basicamente como uma reação química de oxidação que envolve necessariamente pelo menos uma substância combustível, como o GLP, e uma substância comburente, como o ar atmosférico, o oxigênio puro, com liberação de energia (calor) e formação de compostos químicos como por exemplo a água, o dióxido de carbono. Para o início da reação química de oxidação é preciso uma energia mínima de ativação, como por exemplo uma centelha provocada por um palito de fósforo, ou elétrica, e por fim, para a continuidade da reação química de oxidação são necessárias condições de temperatura que propiciem a reação em cadeia.

Segundo (IPT), costuma-se denominar "combustão completa" ao processo que leva as substâncias combustíveis à sua forma mais oxidada e, "combustão incompleta" ao processo no qual os produtos de combustão são constituídos, em parte, por formas que representam oxidação parcial dessas substâncias. Do ponto de vista da reação química, alguns fatores básicos influenciam diretamente e propiciam a combustão completa ou incompleta, como a relação de massas entre o combustível e o comburente, a temperatura da reação e o tempo de residência ou permanência do combustível.

As equações de oxidação de todos os combustíveis estão disponíveis e amplamente divulgadas na literatura técnica e científica. Para o GLP a equação básica de oxidação também está disponível, porém deve-se "aclimatar" e **modelar a equação ao GLP típico** de cada região devido as variações de percentuais de butano, propano e demais componentes em sua composição, principalmente para a correta mensuração das quantidades dos produtos de combustão, que também depende da correta caracterização da composição do ar atmosférico. Em análise à equação, pode-se extrair a proporção volumétrica ou mássica entre o combustível e o comburente (ar atmosférico ou oxigênio puro).

A maioria absoluta dos processos industriais que utilizam energia térmica proveniente da combustão não se enquadra na combustão estequiométrica. De maneira prática define-se o "**coeficiente de ar**" como a relação entre o ar utilizado na combustão e o ar de combustão estequiométrico. Então o coeficiente de ar define se a reação de combustão é **estequiométrica**, com "**excesso de ar**", ou com "**falta de ar**" (combustão incompleta). Cada processo industrial com seus respectivos equipamentos geradores de energia térmica possuem suas características específicas quanto aos "excessos ou faltas" de ar e estão amplamente divulgados na literatura técnica.

3.2. Determinação prática do coeficiente de ar

O coeficiente de ar pode ser determinado de maneira prática com a medição das vazões volumétricas do ar de combustão utilizando um anemômetro manual na entrada de ar do ventilador e com as características desse ar admitido calcula-se a vazão mássica desse ar. A

vazão de combustível (GLP) pode ser obtida utilizando um rotâmetro ou medidores de vazão. Determinado o coeficiente de ar, o próximo passo é determinar o “**excesso de ar**”. Abaixo na Figura 6 um exemplo de medidor de vazão.



Figura 6: Exemplo de medidor de vazão de GLP

4. Resultados e discussões

O teste inicial (primeiro passo) realizado com o analisador de gases nas posições dos operadores confirmou a hipótese inicial, ou seja, encontrou monóxido de carbono em quantidades acima das mínimas definidas como aceitáveis. Esse dado já nos norteia que a combustão possa estar totalmente fora do ajuste, pois na combustão estequiométrica do GLP não há monóxido de carbono e mesmo para configurações com “excesso de ar” a quantidade de monóxido extrapola o aceitável. A confirmação da presença de monóxido nos pontos de trabalho dos operadores é muito preocupante devido a alta toxicidade desse gás. O monóxido de carbono tem impacto principal na saúde ocupacional e deve ser evitado e mitigado. Abaixo propostas para a mitigação imediata da situação de exposição:

- Verificar e substituir as vedações das portas dos equipamentos (fornos e estufas);
- Revisar o sistema de exaustão e inter travar a lógica do controle para que a porta ou acesso se abra apenas depois de um tempo programado necessário para a exaustão dos gases internos;

- Quando possível, melhorar a circulação de ar no ambiente de operação dos equipamentos.

O passo seguinte é investigar os motivos da alta concentração de monóxido de carbono, para a proposição de um diagnóstico.

As etapas de aquisição de dados descritas no segundo, terceiro e quarto passos serviram para a caracterização da combustão. Abaixo listados os principais pontos:

- As amostragens dos gases internos com a sonda do analisador confirmaram as altas concentrações de monóxido de carbono;
- Foram observados também hidrocarbonetos não oxidados;
- As velocidades dos fluxos dos gases de combustão também estavam muito baixas comparadas ao usual;
- As vazões de ar medidas nos ventiladores estavam abaixo das nominais e em alguns casos insuficientes para os queimadores que estavam operando.

Com relação as vazões de ar medidas nas admissões dos ventiladores, foram observadas três causas distintas:

- Em um caso foi trocado o queimador por um mais potente e se manteve o mesmo ventilador de alimentação;
- Foi observado um caso que o ventilador estava com uma limitação elétrica;
- Também foi observado em um caso sujeira excessiva na tela de admissão, prejudicando a vazão de admissão.

Conforme descrito, os processos de combustão foram caracterizados como “baixo excesso de ar”, que pode ser traduzido como “falta de ar atmosférico para a combustão”. Isso explica as concentrações de monóxido de carbono e também a presença de hidrocarbonetos não oxidados a jusante ao queimador. Essas condições além de nocivas à saúde das pessoas também demonstram um grande desperdício de energia.

Houveram situações onde foram possíveis atuar nos ventiladores e nas admissões de ar, aumentando o fluxo e equilibrando a combustão. Outros casos onde não foram possíveis atuar nos ventiladores, foi sugerido a redução da regulagem de potência dos queimadores.

5. Conclusão

Conforme observado existem situações em clientes industriais que demandam análise minuciosa para se evitar problemas de saúde laboral e também desperdício de energia. O método proposto de ajuste do sistema de combustão através da análise minuciosa utilizando instrumentação adequada mostra-se robusto e eficaz.

Considerando processos de combustão em ambientes industriais, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é um combustível descrito na literatura científica como um baixo emissor de poluentes e não emissor de compostos tóxicos como o monóxido de carbono provenientes da sua reação de combustão, ainda mais quando é comparado a outros combustíveis como o óleo combustível ou a lenha, o que é uma verdade absoluta. Mas a maioria da literatura existente sobre esse assunto considera apenas a reação de combustão em condições ideais ou estequiométricas, ignorando condições operacionais onde o ajuste não é o ideal, ou seja, existe excesso ou falta de ar atmosférico para a combustão. Em condições críticas de desajuste de queimadores aplicados a fornos, secadores, estufas, geradoras de água quente pressurizada, entre outros equipamentos, podemos encontrar concentrações indesejadas de compostos como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), além de hidrocarbonetos livres não queimados.

Do ponto de vista da saúde ocupacional em particular, a presença de monóxido de carbono nos gases de combustão torna-se ainda mais crítica quando os sistemas de exaustão não estão em correto funcionamento ou mesmo inexitem, ocasionando a exposição das pessoas que trabalham nesse ambiente aos gases de combustão, pois esse gás é tóxico quando inalado em concentrações excessivas. Para evitar esses possíveis problemas descritos, podem-se utilizar métodos suportados por “analisadores de gases” de combustão para nortear os ajustes da “relação ar / combustível” dos queimadores, fugindo assim do empirismo predominante em alguns segmentos que ainda ajustam os queimadores pela “cor da chama”, o que é um grande erro. Pode-se ainda definir uma rotina de verificação dos gases de combustão, para verificar se os ajustes da relação ar / combustível estão corretos. Deve-se sempre buscar os melhores ajustes possíveis embasados em métodos e dados científicos e dessa forma promover o conhecimento científico, a saúde ocupacional e a correta utilização do GLP como excelente combustível.

Mesmo sabendo que na maioria absoluta das aplicações, as responsabilidades pelos sistemas de combustão são das empresas usuárias do GLP, cabe aos profissionais saberem orientar os



clientes e com isso melhorar o setor como um todo demonstrando conhecimento e aportando a confiança do mercado para a utilização cada vez maior do excepcional combustível que é o GLP.

6. Bibliografia

- [1]. ASHRAE, FUNDAMENTALS. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, ATLANTA, 2017.
- [2]. IPT, ESTEQUIOMETRIA DAS RELAÇÕES DE COMBUSTÃO. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, COMBUSTÃO INDUSTRIAL, SÃO PAULO, 2010.
- [3]. VAN'T LAND C.M., INDUSTRIAL DRYING EQUIPMENT: SELECTION AND APPLICATION, MARCEL DEKKER INC., P.19-39, 1991