

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

***LIQUIGÁS***



**Uso do GLP em substituição ao Acetileno em  
equipamentos de oxicorte mecanizado  
(Caso de uso - Estaleiro)**

**CATEGORIA: APLICAÇÕES DO GLP**



# PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

EDIÇÃO 2019

Participante:

Liquigás Distribuidora S.A.

Categoria:

Aplicações do GLP

Autores:

Alexandre Vasconcelos Rodrigues

Alyne Freitas da Silva

Elcio Augusto Rocha Sarti

---

## RESUMO

O corte do aço é uma operação muito utilizada pela indústria, e em especial a indústria naval, nas quais o GLP, Gás Liquefeito de Petróleo, já substituiu com êxito o acetileno no modo de aplicação manual do processo de oxicorte. Essas aplicações, em sua maioria, são de demolição e corte do aço carbono em chapas finas e médias, espessura menor que uma polegada, para atividades de baixo risco. Nesses casos de uso o operador é capaz de ajustar continuamente os parâmetros operacionais com base em sua observação e experiência, diferentemente o que ocorre nas aplicações mecanizadas, onde são facultados ao operador pouca intervenção nos parâmetros de processo, pois esses são definidos e validados experimentalmente para o acetileno na etapa de projeto.

Nesse trabalho é apresentado os testes de campo realizados com o GLP e sua comparação com o acetileno e por fim é sugerido modificações nos equipamentos e parâmetros operacionais necessários para que o GLP seja uma alternativa viável frente ao acetileno no processo de oxicorte mecanizado.



## SUMÁRIO

1.	BREVE HISTÓRICO DA EMPRESA .....	5
2.	PROBLEMAS E OPORTUNIDADE .....	5
2.1.	SEGURANÇA OPERACIONAL .....	6
2.2.	OXI-COMBUSTÃO .....	8
3.	PLANO DE AÇÃO .....	8
4.	IMPLEMENTAÇÃO .....	9
5.	RESULTADOS .....	11
6.	CONCLUSÃO .....	12
7.	REFERÊNCIAS .....	13

## 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 mais de 3000 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

O corte do aço é uma operação muito utilizada pela indústria, e em especial a indústria naval. Sua aplicação vai desde o corte de peças para manutenção, preparação de chapas para construções soldadas até a demolição de estruturas. Com oxicorte mecanizado é possível alta produtividade de peças confeccionadas com chapas espessas e com uma geometria complexa, característica impossível ou inviável com a aplicação de outras técnicas de corte.

Esse processo se fundamenta na erosão do metal através de sua oxidação a um temperatura específica, e para isso utiliza uma mistura de dois gases: o gás combustível e o oxigênio puro. Desde a invenção do oxicorte, no início do século XX, quando a síntese do acetileno alcançou escala industrial, esse gás foi utilizado como o combustível desse processo e teve hegemonia desde então, haja vista, que equipamentos específicos foram desenvolvidos e exploravam as características peculiares de sua combustão, e por conseguinte, outros gases combustíveis não eram capazes de obter o mesmo desempenho.

Sob a luz da simplicidade o equipamento de oxicorte mecanizado pode ser descrito como um sistema composto de dois conjuntos de armazenamento de gases; dutos para sua transmissão até os pontos de utilização; conjunto de controle e condicionamento no qual é implementado a regulação de pressão e bloqueios de segurança (retrocesso de chama); mesa de corte com carro automático com deslocamento cartesiano através de comando numérico; conjunto da tocha de corte.

Dos item apresentados, a tocha é o dispositivo mais importante, pois é em seu bico que ocorre o corte. Sua função é fornecer energia térmica através da oxi-combustão e um fluxo central concentrado de oxigênio. A figura 1 apresenta seu funcionamento.

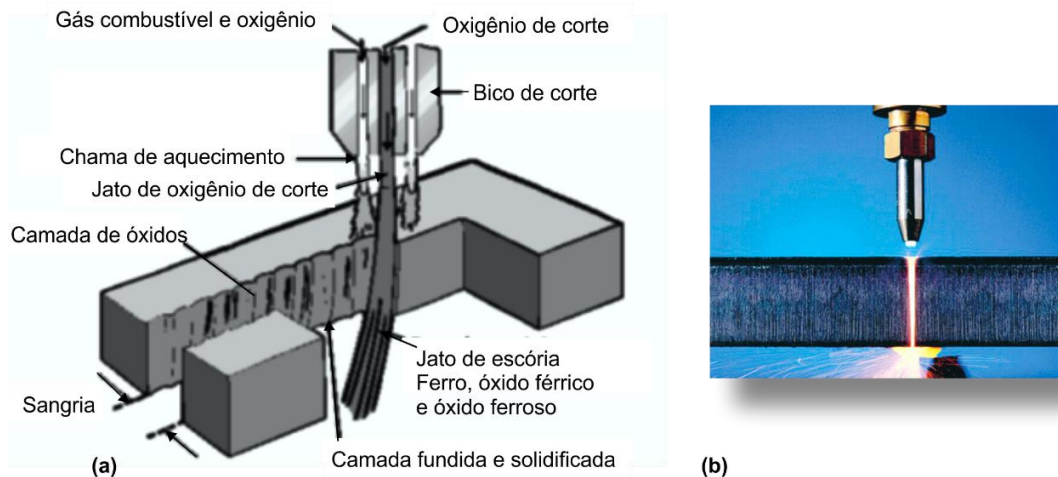


Figura 1 – (a) esquema de funcionamento da tocha do oxicorte. Fonseca, 2017, com adaptações. (b) imagem ilustrativa do oxicorte.

Ainda há algum mal entendimento sobre a fenomenologia do processo de oxicorte por parte dos que o utilizam. Acredita-se que há necessidade de fusão do metal com o calor gerado pela oxi-combustão na tocha para cortá-lo, e dessa forma reforçam que o único gás possível de atingir a temperatura de fusão do aço e do ferro, aproximadamente 1370 °C e 1510 °C respectivamente, seja o acetileno, haja vista seu alto poder calorífico, 13.000 kcal/kg, porém não é essa toda a física do corte. Deve-se somar ao calor entregue pela combustão a energia gerada pela reação exotérmica de oxidação do ferro 269 kJ/mol para o óxido ferroso e 412 kJ/mol para o óxido férrico.

A oxidação do metal ocorre quando esse é aquecido a uma determinada temperatura onde ocorre a sua reação com o oxigênio. Essa temperatura onde a reação é rápida o suficiente para que o calor gerado nessa reação exotérmica permita a reação em cadeia que retroalimentará esse processo é denominada temperatura de ignição, e para o ferro é de 1315 ±20 °C (Laurendeau, 1971). Nessa temperatura a formação do óxido é poroso e não se mantém consolidado, e dessa forma é expulso pelo próprio jato de oxigênio.

O oxicorte somente pode ser aplicado a materiais nos quais a sua temperatura de fusão é superior à sua temperatura de ignição e a temperatura de fusão dos óxidos formados. Por isso ele é indicado para o corte do aço carbono, aços de baixa e média-liga.

No oxicorte mecanizado a função principal do operador é a partir da programação da produção, selecionar a peça e seu número de cópias, posicionar a chapa de aço, ajustar a referência de posicionamento, pequenos ajustes da altura da tocha e pressão dos gases, e por conseguinte, o monitoramento do corte. Os parâmetros de processo, tais como: tempo de furo e velocidade de corte, por razões de qualidade, são previamente definidos no momento do projeto da peça e não é facultado ao operador sua modificação, já são definidos com base em experiência similares e validados experimentalmente com o acetileno ou gás natural.

## 2.1. SEGURANÇA OPERACIONAL

O acetileno é um hidrocarboneto insaturado, sua denominação oficial é etino (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) e pertence à classe dos alcinos. Trata-se de um gás inflamável ligeiramente mais leve que o ar

(densidade 1,17 kg/Nm<sup>3</sup>) obtido pela reação do carbureto de cálcio e a água que possui a temperatura de chama mais elevada dentre os combustíveis gasosos (3200 °C aproximadamente), porém é um gás instável em pressões superiores a 1 bar e dessa forma está sujeito a detonação por conta de sua decomposição e por isso seu manuseio requer cuidados. Seus cilindros não podem ser expostos diretamente ao sol ou a fontes de calor, não podem sofrer impactos e são especialmente sensíveis a eletricidade estática. Seu armazenamento se dá em sob a forma de gás comprimido a baixa pressão em cilindros de pequenos volumes, com capacidade média de 9 kg cada. Sua instabilidade obriga o emprego de cilindros com um meio apassivador, como a utilização em conjunto de um meio poroso inorgânico e um fluido para sua estabilização, que normalmente é a acetona. Devido a seus riscos, há restrições quanto a quantidade máxima de acetileno que pode ser armazenado em uma planta industrial. Seu limite inferior de inflamabilidade, LEL é de 2,5%, e o limite superior é de 82% (Richard, 2004), característica que obriga o uso de válvulas especiais contra o retrocesso de chama pois é capaz de queimar-se quase que sozinho. Seu custo médio é superior a 3 vezes o custo de referência do GLP.

O GLP por ser uma mistura de alcanos e alcenos de baixo peso molecular apresenta menor risco operacional. É uma gás naturalmente estável, com limites de inflamabilidade mais estreitos quando comparados aos do acetileno. LEL de 2,0% e UEL de 9,0%, aproximadamente devido a variações em sua composição. Seu armazenamento é realizado na fase líquida, fato que permite a estocagem de maiores quantidade de produto e dessa forma fornece maior autonomia ao processo. Seu poder calorífico médio é ligeiramente menor, 11.000 kcal/kg e sua combustão necessita de maior quantidade oxigênio.

Os dados apresentados são mostrados tabulados na tabela abaixo:

Tabela 01 – Limites inferiores e superiores de inflamabilidade.

	LEL	UEL
GLP	2,1%	8,8%
Acetileno	2,5%	82%

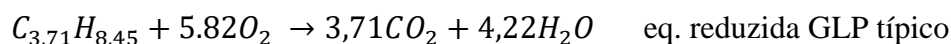
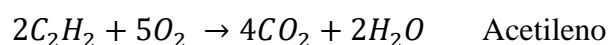
Na figura 2 é apresentada técnica de abastecimento de acetileno utilizada pela empresa: central de cilindros montada sobre carretas intercambiáveis. Cada trailer possui capacidade de fornecimento útil de 3,5 ton de acetileno. Uma central de GLP com aproximadamente a mesma área é capaz de armazenar o dobro da quantidade de combustível. Isso resulta em maior autonomia e por conseguinte redução do risco de desabastecimento.



Figura 2 – (a) - carretas de acetileno. (b) visão de uma central típica de GLP com o dobro da capacidade de armazenamento de combustível.

## 2.2. OXI-COMBUSTÃO

Para o atingimento da elevada temperatura de ignição com uma chama exposta é necessário realizar a combustão com oxigênio puro, a oxi-combustão. A equação estequiométrica da combustão do acetileno e do GLP típico, com  $550 \text{ kg/m}^3$  de massa específica é apresentada abaixo:



Pela análise das equação de combustão quando ajustado o poder calorífico, conclui-se que o GLP necessita de 35% mais oxigênio que o acetileno, com isso a substituição dos combustível resultará inevitavelmente em um aumento no consumo desse gás.

## 3. PLANO DE AÇÃO

Foi proposto a uma empresa atuante no setor da indústria naval que utiliza o oxicorte como etapa de seu processo produtivo testes de performance com o GLP em comparação do atual combustível, o acetileno. O plano de ação proposto foi:

- Determinação da chapa de aço típica utilizada pela empresa;
- Seleção das espessuras de chapa mais empregadas;
- Determinação de um conjunto de máquina operatriz, tocha e bico para a realização dos testes;
- Registro das pressões de operação do gás combustível nos dois cenários. Registro da pressão do oxigênio, GLP e acetileno;
- Avaliação da qualidade de corte conseguida com o atual combustível e sua comparação com o GLP através dos seguinte requisitos: rugosidade, formação de escória, paralelismo das bordas cortadas.
- Registro do tempo de pré aquecimento necessário para iniciar o corte;



- Corte de cinco amostras para cada espessura de chapa. Inicialmente com a velocidade 10% inferior à média utilizada com o acetileno, segunda com velocidade igual, e as demais cada uma com mais 10% de velocidade.

A determinação da velocidade de corte utilizou o critério da máxima velocidade possível de corte respeitando os critérios de qualidade da peças. A peça com a maior velocidade de corte aceita determinou a velocidade para sua espessura.

Um parâmetro importante para o corte mecanizado é o tempo de pré aquecimento. Esse é o tempo necessário para a tocha aquecer a chapa em um determinado ponto até que ocorra a fusão do metal e abertura do furo.

#### 4. IMPLEMENTAÇÃO

Para a realização dos testes uma central provisória de GLP foi montada próximo a máquina. Ela era composta com um vaso P190 com uma coletora montada em uma armadura de segurança para proteção do vaso e de seu enxoval de válvulas.

Um bico de corte específico para uso do GLP foi montado na tocha e mangueiras interconectaram a central provisória a máquina.

A chapas escolhidas eram de aço baixo carbono, contendo entre 0,15 e 0,23% de carbono, além de outros elementos de liga, como o manganês e o silício. As espessuras das chapas foram as seguintes: 16 mm, 25 mm, 32 mm e 50 mm.

Os teste foram realizados em uma máquina de oxicorte mecanizado fabricada pela ESAB, modelo AVG 2-10.5M VIC PC, munida com uma tocha fabricada pela Messe, modelo MS 932, e bico 15-25 com capa 2-100, *part number* Messe 716.16553.



Figura 3– Máquina escolhida para realização dos teste.

Os bicos de corte são diferentes para cada combustível. O acetileno possui maior velocidade de chama e isso faz com que ela se desenvolva mais próxima ao bocal, porém com o GLP isso não ocorre, dessa forma é necessário um desenho especial de modo a promover uma melhor retenção de chama. Na figura 4 é apresentado a característica da chama dos combustíveis em estudo e a diferença no padrão do bico de corte da tocha.

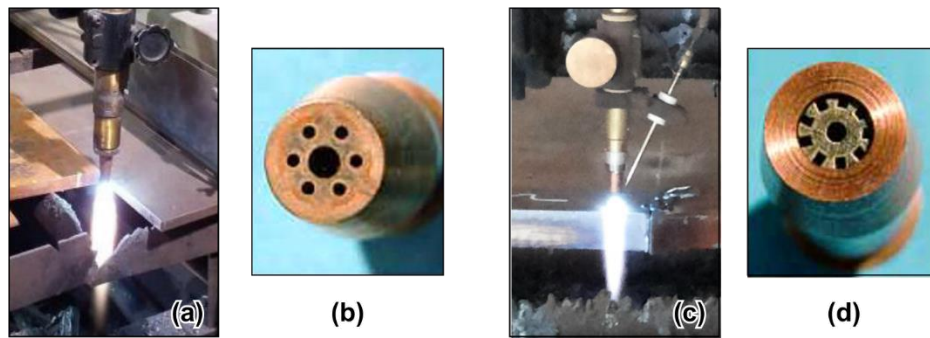


Figura 4 – (a) visão da chama do acetileno (Fonseca, 2017, com adaptações), (b) padrão do bico para acetileno, (c) chama do GLP e (d) padrão do bico para GLP.

A chama do GLP é menos radiativa que a do acetileno, isso é uma característica da diferença entre suas composições químicas. A relação mássica entre carbono e hidrogênio para o GLP médio é de 5,26 e para o acetileno é de 12, dessa forma com mais carbono disponível, o acetileno produz uma chama mais radiativa.

Essa característica impacta no tempo de pré aquecimento. Com menos radiação térmica o GLP necessita de maior tempo para realizar a furação inicial da chapa.

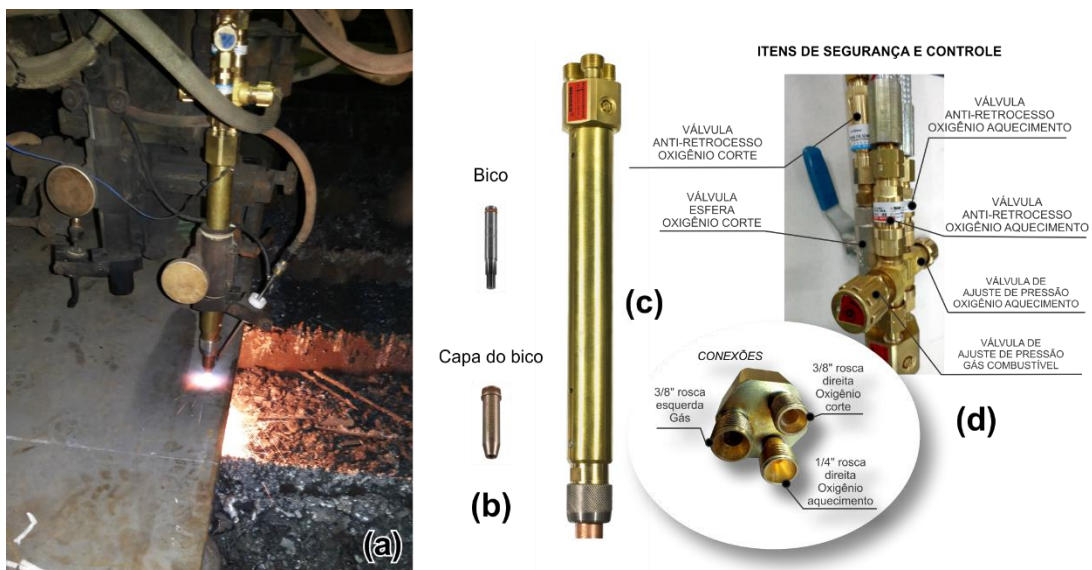


Figura 4 – Detalhes da tocha. (a) conjunto montado em operação, (b) bico e capa do bico utilizado, (c) corpo da tocha Messe MS 932 e (d) detalhe de suas conexões.

Além da troca dos bicos, o GLP também necessita de maior pressão para o oxigênio. A pressão média para o fluxo de oxigênio para aquecimento foi de 83 PSI e para corte variando entre 100 PSI para as chapas de 16 mm e 25 mm e de 125 PSI para as chapas de 32 mm e 50 mm.

## 5. RESULTADOS

Na tabela 2 é apresentado o resultado do desempenho de corte entre o GLP e o acetileno. A maior velocidade conseguida de cada lote com o GLP foi comparada com a média da velocidade de corte da máquina operando com o acetileno.

O GLP conseguiu em média velocidades de corte 22% maiores que o acetileno, porém foi registrado tempo de pré aquecimento superiores ao acetileno conforme indicado em vermelho na tabela. Esse tempo foi em média 48% mais elevado.

Tabela 2 – Performance do corte entre os combustíveis

GLP			Acetileno			Comparativo GLP x Acetileno	
Espessura chapa (mm)	Velocidade média (mm/min)	Tempo pré aquecimento (s)	Espessura chapa (mm)	Velocidade média (mm/min)	Tempo pré aquecimento (s)	Velocidade média (%)	Tempo pré aquecimento
16	515	36,0	16	443	22,0	16,3	63,6
25	498	46,8	25	416	24,0	19,7	95,1
32	315	66,0	32	300	62,0	5,0	6,5
50	326	96,0	50	220	74,0	48,0	29,7

Na figura abaixo é mostrado algumas peças cortadas com GLP. Cabe salientar a baixa rugosidade de corte atingida com GLP mesmo com velocidade de corte maiores



Figura 4 – Avaliação da qualidade do corte e desempenho. (a) Paralelismo do corte, (b) rugosidade, (c) formação de escória, (d) medição da velocidade de corte.

O tempo maior de furo pode ser facilmente compensado com uma velocidade maior de corte.

## 6. CONCLUSÃO

A utilização do GLP como combustível para o oxicorte mecanizado não pode limitar-se a simples troca do gás combustível, necessita da troca do bico de corte, modificação da regulação da pressão do oxigênio e gás combustível e nova parametrização dos tempos de furo e velocidade de corte. Com o cumprimento desses requisitos o GLP se mostra como uma alternativa tecnicamente viável, pois garante a produtividade desejada dentro do padrão de qualidade requerido e ainda pode promover redução nos custos operacionais frente ao tradicional uso do acetileno, além de oferecer menor risco operacional.

## 7. REFERÊNCIAS

Pubchem identifier: CID 6326; National Institutes of Health, Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6326>>; acesso em: 26/09/2019.

Richard J. Lewis; (Ed.), Sax's Dangerous of Properties of Industrial Materials. 11<sup>th</sup> ed. New Jersey, EUA: Wiley-Interscience, 2004, pp 45.

PARKIN, N.; FLOOD, C. R; Welding Craft Practice, 2<sup>nd</sup> ed. UK: Pergamon, 1979.

LAURENDEAU, N. M.; GLASSMAN, I. (1971) Ignition temperatures of metals in oxygen atmospheres, Combustion Science and Technology, 3:2, 77-82.

FONSECA, E. D.; Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso de uma mistura combustível no processo de corte oxicom combustível. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.