

# Vantagens do Uso do GLP como Combustível Em Fornos de Aquecimento para a Conformação à Quente de Metais: uma Contribuição ao Desenvolvimento Regional

Fabiano de Lima Nunes<sup>1</sup>  
Fabiano André Trein<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo visa demonstrar o estudo sobre a substituição do óleo diesel pelo GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) como combustível em fornos de aquecimento utilizados no processo de conformação à quente (forjamento) de metais, focando os benefícios econômicos e a redução de custos desta opção. Além da fundamentação teórica sobre fornos de aquecimento, óleo diesel e GLP, também será realizado um estudo de caso no setor de forjamento da empresa Siverst Ind. de Componentes Automotivos Ltda, situada em Canoas RS. Através da pesquisa bibliográfica e estudo de caso, serão levantados dados econômicos sobre o combustível utilizado atualmente e sugerir a implantação do GLP como combustível para o aquecimento dos fornos, para fins de redução dos custos de insumos e manutenção. Este estudo tem o intuito de demonstrar a vantagem econômica que o GLP possui em relação ao óleo diesel nesta aplicação.

Palavras-chave: Combustível. Óleo Diesel. GLP. Forjamento e Redução de Custos.

## ABSTRACT

This article intends to demonstrate the study about the substitution from diesel oil to LGO (Liquefied Gas Oil) as fuel in heating ovens used in the process of heat conformation (forging) of metals, detaching the economic benefits and costs reductions of this option. Beyond the theory recital about heating ovens, diesel oil and LGO, it will also be realized a case study, in the forging sector of the Siverst Ind. de Componentes Automotivos Ltda company, located in Canoas RS. Through bibliography research and case, it will be raised economic data about the supporter of combustion currently used and to suggest the implantation of LGO as fuel for the ovens heating, aiming at the costs reduction. This study wants to demonstrate the economic vantage that the LGO has in relation to diesel oil in this application.

Keywords: Fuel. Diesel Oil. LGO. Forging and Costs Reduction.

## INTRODUÇÃO

Este estudo tem o objetivo de demonstrar os impactos econômicos causados pela substituição do óleo diesel pelo GLP como combustível nos fornos de aquecimento do setor de forjaria da empresa Siverst Indústria de Componentes Automotivos Ltda, demonstrando a viabilidade econômica e a redução dos custos obtidos com esta mudança. Em conjunto com a fundamentação teórica sobre fornos de aquecimento, óleo diesel e GLP, será apresentado o estudo de caso realizado no setor de forjamento da empresa Siverst Ind. de Componentes Automotivos Ltda, situada em Canoas RS, que se baseou no levantamento de dados sobre o combustível atualmente utilizado e seus impactos econômicos à organização e à sugestão de implantação do GLP, como combustível de aquecimento dos fornos utilizados na conformação à quente de metais. Esta pesquisa baseou-se no levantamento dados de consumo e custo do combustível e o confronto destes com os valores apurados do GLP.

## 1 CONFORMAÇÕES DE METAIS

O objetivo geral da conformação mecânica é a alteração na forma dos materiais, controlando-se as propriedades físicas e mecânicas dos materiais. (SCHAEFFER, 1995).

Conforme Schaeffer (1995), é praticamente impossível uma classificação geral para a conformação mecânica. Porém podemos classificá-la quanto à temperatura (aquecimento ou não de metais), quanto ao encruamento, quanto ao tipo de força e quanto ao processo de conformação.

A conformação por aquecimento, também chamada de conformação a quente ou forjamento a quente (warm forging), tem como principais características proporcionar grandes deformações,

<sup>1</sup> Acadêmico, graduando Curso Superior de Formação Específica em Gestão da Produção no Centro Universitário FEEVALE. E-mail: fnunes@siverst.com.br

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Produção (UFRGS), Professor no Centro Universitário FEEVALE. E-mail: fabiano@flecksteel.com.br

pouca precisão comparada aos processos convencionais e também a aplicação de menor força na deformação, se comparada à conformação não aquecida (forjamento a frio ou cold forging).

### 1.1 Fornos de Aquecimento

Artigos forjados passam quase que inteiramente por processos de aquecimento em sua produção, podendo este ser direto ou indireto. Ele é direto quando provém dos gases de combustão ou de fonte elétrica, como nos fornos, fornalhas, estufas e alguns secadores. É indireto, quando provém de um fluido térmico aquecido pelos gases de combustão ou fonte elétrica e posto em contato com a carga. Segundo Russomano (1987), o equipamento usado para o aquecimento direto pode ser genericamente denominado de forno. Numa definição básica, forno é uma câmara revestida de refratário onde se coloca o material a ser aquecido e onde é aplicado calor para realizar o processo térmico desejado.

Segundo Vlassov (2001), os fornos podem ser classificados de acordo com quatro parâmetros: fontes de energia: combustíveis e eletricidade; forma de aplicação e calor: com ou sem proteção de carga (relativamente aos gases de combustão); atmosfera do forno: redutora, inerte ou oxidante; e forma de alimentação: intermitente ou contínua.

A eficiência térmica de um forno deve referir-se ao custo de aquecimento em relação ao peso do material processado. Isso inclui o custo operacional e também os custos de amortização e manutenção do forno. O custo do combustível é o item mais relevante, fazendo com que a definição da eficiência térmica se expresse simplesmente como a quantidade de combustível, calor, ou energia, exigida para o aquecimento de uma unidade da carga. Muitas vezes, os fornos podem atingir baixas eficiências, devido à má distribuição de calor, o que se deve prestar absoluta atenção (RUSSOMANO, 1987).

Segundo Russomano (1987), existem duas maneiras de se calcular a eficiência térmica de um forno: uma diretamente, a partir da definição de eficiência, e outra, indireta, a partir das perdas observadas. No método direto, há necessidade de determinar o calor fornecido pelo combustível e o calor absorvido pela carga. No indireto, basta determinar as perdas na distribuição do calor no forno.

Queimadores são os principais equipamentos de combustão, tanto para combustíveis gasosos, como para líquidos. A grande maioria dos combustíveis gasosos é fácil de queimar controladamente, através de técnicas simples. Diversos usos de gases permitiram o desenvolvimento de diferentes tipos de queimadores. Existem basicamente dois tipos: o não aerado e o aerado. O queimador não aerado caracteriza-se por ter o ar de combustão captado totalmente da atmosfera, sendo o primeiro a ser utilizado. Utiliza o princípio mais simples de queima de gases: ele é liberado por um orifício, e, por difusão, encontra o ar ambiente. Para

uma boa combustão, é preciso atingir uma considerável velocidade, o que dificulta o uso canalizado. O queimador aerado é também conhecido por atmosférico, de baixa pressão e tiragem normal. Parte do ar de combustão é introduzida com o ar primário, por efeito da depressão gerada pela passagem do gás num venturi, e o restante é fornecido pela atmosfera. Este tipo é o usado em residências.

Nos combustíveis líquidos, a queima se processa nos estágios de atomização, quando o combustível é desagregado, por processos mecânicos, em pequenas gotículas; vaporização, quando o combustível atomizado passa para um estado gasoso, através do aquecimento na câmara de combustão; mistura, quando o combustível, no estado gasoso, é misturado com o comburente; e combustão, quando a mistura inflamável queima produzindo uma reação exotérmica. Óleos combustíveis mais pesados são mais viscosos para serem atomizados de maneira efetiva, e então devem ser pré-aquecidos (RUSSOMANO, 1987).

Em fornalhas de qualquer instalação térmica é mais fácil queimar um combustível gasoso. Um gás natural, gases residuais de processos tecnológicos, gases de gaseificação de outros combustíveis têm preços relativamente baixos. As vantagens do uso de combustíveis gasosos são as seguintes (VLASSOV, 2001):

- ausência de cinzas;
- transporte fácil (usam-se gasodutos);
- mistura-se facilmente com o ar;
- facilidade de controle e manutenção dos equipamentos;
- possibilidade de queimar grandes quantidades;
- boa economia de processos de combustão;
- possibilidade de pré-aquecimento.

A maioria das instalações térmicas consome combustíveis derivados de petróleo. A qualidade do óleo exerce grande influência na construção e funcionamento de caldeiras e fornos, segundo Vlassov (2001).

### 1.2 Tipos de Combustíveis para Aquecimento

De modo geral, denomina-se combustível qualquer corpo cuja combinação química com outro seja exotérmica. Para aquecimento, os fornos admitem qualquer espécie de combustível. Entretanto, as condições de baixo preço e a existência na natureza ou o processo de fabricação, em grande quantidade, limitam o número de combustíveis usados. Tendo por base o seu estado físico, eles podem classificar-se em sólidos, líquidos e gasosos.

Como fonte de energia primária, temos o petróleo, o gás natural, o carvão mineral, o urânio, a biomassa (lenha, cana-de-açúcar, etc.), a energia hidráulica, a energia solar, e outros produtos, que são fornecidos pela natureza. Fontes de energia secundária são produtos resultantes dos diferentes Centros de Transformação, e têm como destino principal diversos

setores de consumo. Como exemplos: óleo diesel, gasolina, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), carvão vegetal, eletricidade, entre outros.

Segundo Russomano (1987), os elementos característicos dos combustíveis são o carbono, que pode aparecer oxidado, ou como monóxido de carbono; hidrogênio e enxofre. O último aparece em porcentagem muito baixa, porque pouco contribui para a produção do calor. Os elementos oxidantes (comburentes) mais usados são o ar atmosférico, ou o ar enriquecido com oxigênio. O ar é a forma mais usada por ser a mais abundante e barata. É composto de nitrogênio e oxigênio e pequenas porções de dióxido de carbono, vapor d'água, gases raros e, em certas áreas, pode conter óxidos de enxofre e nitrogênio, ozônio e partículas sólidas.

### 1.2.1 GLP

O GLP, Gás Liquefeito de Petróleo, é constituído por hidrocarbonetos que são produzidos no início da destilação do petróleo, e também durante o processamento do gás natural. É um derivado composto da mistura de hidrocarbonetos com 3 e 4 átomos de carbono com ligação simples, denominados de propano e butanos. Ligações duplas, propeno e buteno, também ocorrem com frequência, principalmente na corrente de GLP proveniente das refinarias. Dependendo da origem e dos processos de tratamento a que foram submetidos, podem apresentar variações na composição. Desse modo, o GLP obtido do gás natural não contém hidrocarbonetos insaturados, ao passo que quando são obtidos a partir de gases de refinarias (petróleo) esses hidrocarbonetos podem aparecer em quantidades variáveis. O GLP consumido no País provém em sua maior parte do refinamento de petróleo. O petróleo é basicamente uma mistura de hidrocarbonetos, compostos formados por átomos de carbono e hidrogênio (VLASSOV, 2001).

O processo de refinação do petróleo consiste em se separar estas misturas em faixas delimitadas, onde certas características podem ser associadas aos produtos obtidos. Para o GLP proveniente do petróleo, os hidrocarbonetos que aparecem em maiores proporções são os compostos de três átomos de carbono (propano e propeno) e de quatro carbonos (butano e buteno). Pequenas quantidades de etano e pentano também podem ocorrer. O GLP tem amplo emprego tanto em aquecimento doméstico como industrial. Apresenta grandes vantagens sobre os combustíveis sólidos ou líquidos, devido ao seu alto poder calorífico, que é de 11.730 kcal/kg na forma líquida, com massa específica de 555 kg/m<sup>3</sup>, atingindo o poder calorífico de 26.860 kcal/m<sup>3</sup> em sua forma gasosa, e massa específica de 2,29 kg/m<sup>3</sup>, (RUSSOMANO, 1987).

A pressão atmosférica e temperaturas normalmente encontradas no ambiente, o GLP é um produto gasoso, inflamável, inodoro e asfíxiante, quando aspirado em altas concentrações.

A temperatura ambiente, mas submetido à

pressão na faixa de 3 a 15 kgf/cm<sup>2</sup>, o GLP se apresenta na forma líquida. Deste fato resulta o seu nome - gás liquefeito de petróleo - e a sua grande aplicabilidade como combustível, devido à facilidade de armazenamento e transporte do gás, a partir do seu engarrafamento em vasilhames.

Segundo Russomano (1987), dentre as diversas utilizações do GLP, podem ser associadas características gerais e específicas, que devem atender aos diferentes requisitos de desempenho. Assim, quando utilizado como fonte de aquecimento, as seguintes características o fazem particularmente adequado:

- apresenta-se altamente concentrado;
- propicia queima limpa;
- apresenta composição uniforme;
- possui baixo teor de enxofre;
- possui alto poder calorífico.

### 1.2.2 Óleo Diesel

O óleo diesel é mais uma das frações da destilação do petróleo, na faixa de 170°C a 370°C. Sua composição química é muito variável, porém predominam os hidrocarbonetos de nove a vinte átomos de carbono.

O combustível apresenta densidade de 20/4°C 0,838, viscosidade de 1,6 a 6,0cSt a 37,8°C. Possui 1,3% de enxofre em massa, 0,02% de cinzas, 0,10% em água e sedimentos e 42,92 Qt/in<sup>3</sup> MJ/kg. O índice de cetano calculado é 45. O ponto de fulgor é de 60°C. Seu poder calorífico é de 10.830kcal/kg, um valor bastante alto (RUSSOMANO, 1987).

A escolha do tipo de óleo a ser usado, além do queimador e instalações de apoio, é baseada, na maioria das vezes, no caráter econômico e no ajuste ao projeto. O óleo diesel, embora seja mais caro, é mais fácil de ser queimado, requerendo pequenos investimentos e custos de manutenção em seu armazenamento e transporte, enquanto que o óleo combustível, que é mais barato, solicita maiores investimentos e custos de manutenção.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia de trabalho desenvolvida foi baseada na pesquisa bibliográfica e em um estudo de caso, pois, na maioria das vezes, existem combinação e métodos usados concomitantemente, (LAKATOS; MARCONI, 1999).

De acordo com Lakatos e Marconi (1999), a pesquisa bibliográfica, ou fontes secundárias, abrange bibliografia já exposta em relação ao tema de estudo, podendo ser livros, monografias, teses, jornais, publicações avulsas, etc. A finalidade destas fontes é colocar o pesquisador em contato com tudo o que foi escrito sobre o tema de estudo. Esta etapa da pesquisa será baseada na documentação indireta, que é realizada com o intuito de recolher informações prévias sobre o tema de interesse, e serão utilizadas as

pesquisas documentais e bibliográficas.

Conforme Yin (2001), o estudo de caso é a estratégia de pesquisa mais utilizada quando tem-se como questões o como e o porquê, principalmente quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos, e quando o foco encontra-se em acontecimentos contemporâneos inseridos em algum contexto da realidade. “O estudo de caso é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes” (YIN, 2001, p. 27).

Neste artigo, utiliza-se a observação não participante, onde o pesquisador toma somente o contato com o grupo ou setor de forjaria da Siverst Ltda., pois o mesmo irá presenciar os fatos e não participar deles.

### 3 HISTÓRICO DA EMPRESA

Em 1983, foi fundada a SIVERST INDÚSTRIA DE COMPONENTES AUTOMOTIVOS LTDA, na residência dos sócios Ismael Valdir Trevisol e Lourdes Baldasso Trevisol, focada inicialmente como empresa de representação e consultoria em forjamento de peças industriais.

Atualmente, a SIVERST é um grupo de cinco empresas, dentre as quais três unidades fabris, uma filial distribuidora no estado de SP e uma Comercial Exportadora/ Importadora, abrangendo um total de 476 colaboradores e situada na Rua Berto Círio, 1480, Distrito Industrial de Canoas, no estado do Rio Grande do Sul.

Esta empresa é focada para o atendimento de mercado de reposição e linha de produção de motopeças (partes componentes de motocicletas), sendo esta líder de mercado em todos os segmentos em que atua e, atualmente, detêm aproximadamente 80% do mercado brasileiro de reposição.

O mercado de motopeças é o segmento que mais cresce no país e a previsão é de que o crescimento seja de 7% em 2005, conforme ABRACICLO (2005), chegando a 976 mil unidades comercializadas no país. Já em fevereiro deste ano o mercado cresceu em 15,8%, em relação ao mesmo período do ano passado, portanto é bem provável que as estimativas sejam cumpridas com antecedência. O crescimento deste mercado é marcado por dois pontos significativos: os altos preços dos combustíveis e a necessidade de rapidez de deslocamentos nas grandes cidades.

O baixo consumo de combustíveis das motocicletas é fator importante no processo de crescimento deste mercado, pois se vive em um país de economia instável e de baixo poder aquisitivo, tornando a motocicleta uma excelente alternativa de deslocamento com baixo custo.

Outro fator importante é a visível dificuldade, encontrada nas grandes cidades, de deslocamento, devido ao alto índice de automóveis, precários projetos

e planos direcionados à malha viária, e também aos péssimos serviços de transporte coletivo, contribuindo assim para o crescimento do mercado de motocicletas, em que a partir do baixo custo de aquisição e manutenção soluciona os problemas acima citados.

## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

O estudo de caso fora desenvolvido no setor de forjamento da empresa Siverst Ind. Componentes Automotivos Ltda., com o intuito de demonstrar a viabilidade econômica e a redução dos custos do combustível utilizado no aquecimento dos fornos de aquecimento à conformação de metais, para a fabricação de pedais de partida (kick start) utilizados em motocicletas. Esta empresa é focada para o atendimento de mercado de reposição (After Market) de motopeças (partes componentes de motocicletas) e linha de montagem de montadoras que tem por missão ser líder de mercado em todos os segmentos em que atua, e atualmente é detentora de 80% do mercado brasileiro de reposição.

### 4.1 Estrutura atual do setor de forjamento

O setor de Forjaria desta empresa conta atualmente com 09 funcionários, divididos em dois conjuntos de forjamento, compostos por um forno, uma prensa de fricção de 270 toneladas, uma prensa excêntrica de 60 toneladas e duas prensas excêntricas de 40 toneladas cada, dispostas em linha conforme a Figura 01.



Figura 01: Setor de Forjamento - Conjunto de Forja No. 01.  
Fonte: Empresa Siverst Ltda (2005)

Este setor é responsável pela produção de 135.000 peças forjadas/mês e está focado em fornecer peças a serem usinadas (no setor de usinagem), e posteriormente ao setor de montagem de pedais de partida (kick start) de motocicletas, conforme Figura 02.



Figura 02: Pedais de Partida (Kick Starter) de motocicletas fabricados pela Siverst Ltda.  
Fonte: Empresa Siverst Ltda (2005)



Figura 04: Queimador MAGOPI, 18L/h Óleo Diesel.  
Fonte: Empresa Siverst Ltda (2005)

Atualmente, os dois fornos idênticos são do tipo de câmara, conforme Vlassov (2001), fabricados internamente com chapas de aço galvanizadas e revestidos com tijolos refratários com as seguintes dimensões: interno 800 mm, externo 1.200mm e altura de 550 mm, de acordo com a Figura 03.



Figura 03: Forno 02 Setor de Forjaria da Siverst Ltda.  
Fonte: Empresa Siverst Ltda (2005)

Os queimadores, de acordo com Vlassov (2001), são do tipo aerado e têm a capacidade de queima de 18 l/h de combustível, estão instalados tangencialmente aos fornos, conforme Figura 04

Os fornos utilizam como combustível o Óleo Diesel Metropolitano, que são abastecidos por uma tubulação de aço que os interliga até o reservatório de óleo diesel com capacidade de armazenamento de 12.000 litros, instalado externamente ao setor a uma altura do solo de 4,5m.

#### 4.2 Material a ser forjado

O tipo de metal utilizado para o forjamento a quente dos pedais de partida é o aço SAE 1045, cuja composição química pode ser vista na Tabela 01.

Tabela 01: Composição Química do Aço SAE 1045.

ABNT/SAE/AISI	C (Carbono)	Mn (Manganês)	P (Fosforo) máx.	S (Enxofre) máx.
1045	0,43 - 0,50	0,60 - 0,90	0,040	0,050

Fonte: <http://www.favorit.com.br>; acessada em 28/03/05

De acordo com Schaeffer (1995), este aço é indicado para a fabricação de eixos e peças para indústrias agrícolas, automobilísticas, de máquinas e equipamentos etc., pois se trata de um material de boa usinabilidade, boa resistência mecânica, média soldabilidade e alta forjabilidade. Para o forjamento deste material, é necessário aquecê-lo na temperatura de 900 a 1100 C, conforme Schaeffer (1995).

#### 4.3 Consumo Mensal de Óleo Diesel

O consumo de óleo diesel na empresa Siverst Ltda fora avaliado em cinco meses distintos, abrangendo o período de novembro de 2004 até março de 2005. Nos meses de dezembro e janeiro observa-se uma queda no consumo, porém esta queda deve-se ao fato de que esta empresa realizou férias coletivas no

período, paralisando suas atividades entre 17/12/04 até 06/01/05.

Ao analisar a Figura 05, pode-se verificar que o total consumido de óleo diesel é 39.000 litros e a média de consumo nos cinco meses é de 7.800 litros. Porém, observa-se que a moda e a mediana deste consumo são de 9.000 litros. Portanto, utilizaremos este valor para os cálculos a seguir.

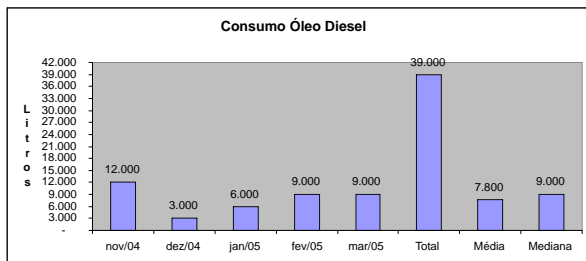


Figura 05: Consumo de Óleo Diesel no Setor de Forjaria da Empresa Siverst Ltda  
Fonte: Empresa Siverst Ltda

#### 4.4 Calor Fornecido pelo Óleo Diesel

De acordo com Russomano (1987), o calor fornecido pelo combustível (CFC) em um forno é dado pela seguinte equação: CFC= Quantidade diária de Combustível x poder calorífico do combustível.

Considerando que o valor médio de dias úteis em um mês é de 21 dias, pode-se calcular a quantidade diária consumida de óleo diesel nos fornos para aquecimento de aço da empresa Siverst Ltda. O consumo mensal, conforme Tabela 02, demonstra que o consumo de óleo diesel a ser considerado é de 9.000 litros/mês. Portanto, se temos o consumo de 9.000 litros/mês e 21 dias úteis, que compõem um mês de trabalho, pode-se afirmar que o consumo diário de óleo diesel (CDOD) é:

$$CDOD = \frac{9.000}{21} = 428,57 \text{ litros / dia}$$

Cabe ressaltar que a densidade do óleo diesel é de 0,839, portanto, temos o consumo de óleo diesel diário de 359,57 kg.

A partir destes dados, é possível obter o calor fornecido pelo óleo diesel:

$$CFC = 359,57 \text{ kg} \times 10.830 \text{ kcal/kg} = 3.894 \text{ Mcal}$$

#### 4.5 Substituição do Óleo Diesel pelo GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

Para a substituição do óleo diesel pelo GLP como combustível para o aquecimento dos fornos de aquecimento do setor da empresa Siverst Ltda, será necessária, além dos cálculos de eficiência energética e consumo mensal, a substituição dos queimadores e reservatórios.

##### 4.5.1 Queimadores

Os queimadores para GLP devem ser do tipo de alta pressão, conforme Russomano (1987), com câmara de combustão em concreto refratário.

##### 4.5.2 Reservatórios

Para a instalação da rede de abastecimento de GLP, na empresa Siverst, são necessários dois tanques estacionários de 1000 (mil) quilos de GLP cada, a serem instalados um ao lado do outro, em área de difícil acesso, evitando o fluxo de pessoas ao redor dos mesmos.

##### 4.5.3 Consumo Mensal de GLP

O consumo de GLP no processo de forjamento da empresa Siverst Ltda, fora calculado pelos técnicos da COPAGAZ Ltda, que a partir dos dados abaixo informaram o valor de 6.000 kg de GLP mensais, através dos seguintes dados:

- Temperatura Média do Forno: 900 C;
- Calor específico do Aço: 0,102 kcal/kg;
- Tempo de Aquecimento do Forno: 1h25min;
- Peso da carga a ser aquecida para o forjamento: 800 kg.

##### 4.5.4 Calor Fornecido pelo GLP

Utilizando-se do mesmo método de cálculo do calor fornecido pelo combustível aplicado no óleo diesel, é possível informar que o valor desta variável do GLP é de:

CFC= Quantidade diária de Combustível x poder calorífico do combustível

O consumo mensal demonstrado no item 4.5.3 demonstra que o consumo de GLP a ser considerado é de 6.000 kg / mês. Portanto, se temos o consumo de 6.000 litros/mês e 21 dias úteis, que compõem um mês de trabalho, pode-se afirmar que o consumo diário de GLP (CDG) é:

$$CDG = \frac{6.000}{21} = 285,71 \text{ kg / dia}$$

A partir destes dados é possível obter o calor fornecido pelo óleo diesel:

$$CFC = 285,71 \text{ kg} \times 26.860 \text{ kcal/kg} = 7.674 \text{ Mcal}$$

#### 4.6 Resultados Propostos

##### 4.6.1 Calor Fornecido pelo Combustível

Ao analisar os resultados encontrados nos itens 4.4 e 4.54, pode-se verificar que o calor fornecido pelo GLP é o dobro do calor fornecido pelo atual combustível, pois este fornece um calor de 7,674 Mcal, enquanto o óleo diesel fornece 3,894 Mcal, representando um aumento de 97 % no aumento do calor fornecido pelo sistema, tornando-o assim mais eficaz na irradiação de calor no forno, principalmente no tempo de aquecimento do aço.

#### 4.6.2 Impacto Econômico

De acordo com os estudos de viabilidade econômica realizados neste artigo, é possível definir que a substituição do Óleo Diesel pelo GLP é exequível, pois, após a inserção dos dados de consumo em uma planilha eletrônica (Tabela 02), verifica-se que, mesmo com o investimento inicial de aquisições de dois queimadores para o GLP e os gastos com a infraestrutura civil para a instalação dos tanques, é possível uma redução de gastos mensais com combustível para os fornos na ordem de 20%. E os investimentos seriam amortizados em 1,81 meses, ou seja, em 54,3 dias o investimento inicial era ressarcido por esta substituição, superando inclusive o baixo tempo-padrão de amortização da empresa, que é de 06 meses, utilizando uma taxa de retorno interna de 2% a.m.

Tabela 02 - Análise de Custos e Investimentos da Substituição do Óleo Diesel pelo GLP

Análise de Custos						
Motivo:	Troca de fornecedor + Troca de Combustível					
Peça:	Óleo Diesel a GLP					
Custo Atual - Óleo Diesel						
Fornecedor	Preço p/qq	ICMS 12%	Frete CIF	Custo Final Simples p/ Litro	Qtde Mensal	
Querodiesel	R\$ 1.596	R\$ 0,192		R\$ 1.405	3.000	L
Custo da Peça posta na Siverst	R\$ 1.404,7					
<b>Prazo de Pagamento:</b>	<b>21 DD</b>					
Custo Proposto - GLP						
Fornecedor	Preço p/qq	ICMS 12%	Frete CIF	Custo Final Simples p/ kg	Qtde Mensal	
Copagaz	R\$ 1.910	R\$ 0,229		R\$ 1.681	6.000	kg
Custo da Peça posta na Siverst	R\$ 1.680,8					
<b>Prazo de Pagamento:</b>	<b>21 DD</b>					
Custo Proposto - GLP 2ª. Etapa - Após a Amortização de Queimadores.						
Fornecedor	Preço p/qq	ICMS 12%	Frete CIF	Custo Final Simples p/ kg	Qtde Mensal	
Copagaz	R\$ 1.810	R\$ 0,217		R\$ 1.593	6.000	kg
Custo da Peça posta na Siverst	R\$ 1.592,8					
<b>Prazo de Pagamento:</b>	<b>21 DD</b>					
Investimento em Obra Civil						
Totais dos Gastos	R\$ 4.500,00					
Preço Atual	R\$ 1.404,7					
Preço Proposto	R\$ 1.680,8					
Lucro	R\$ (0,2761)					
	<b>ÓLEO DIESEL</b>		<b>GLP</b>			
Lucro \$ p/Qtde	R\$ 12.642,70	R\$ 10.084,80	R\$ 2.557,90	<b>GANHO PRÉ AMORTIZAÇÃO</b>		
Lucro %	20,2%		R\$ 3.085,90	<b>GANHO PÓS AMORTIZAÇÃO</b>		
Tempo Padrão	6 meses.					
T de Amortiz	1,81			R\$ 4.502,92		
Lucro	R\$ 2.557,90					
Taxa mensal	2,00%					
N. de meses	1,81	54,3	Dias			
Montante	R\$ 4.502,92					
<b>Análise Final do Investimento:</b>	<b>VIÁVEL</b>					

#### 4.6.2 Impacto Ambiental

Segundo Russomano (1987), a substituição de óleos em geral (óleo BPF, óleo Diesel, Querosene e outros), por Gás Liquefeito de Petróleo GLP, em processos de combustão industrial, traz benefícios diretos para o meio-ambiente, pois em toda queima de combustíveis, além da energia proporcionada por esta, existe a dissipação de elementos nocivos ao meio ambiente. Estudos realizados mostram as seguintes vantagens:

- Redução da emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), gás este que destrói a camada de ozônio da Terra.
- Redução da formação de Monóxido de Carbono (CO), partículas chamadas popularmente de fuligem, reduzindo consideravelmente as paradas para manutenção dos equipamentos.
- Redução em 99,98% do enxofre no combustível, eliminando a formação de chuva ácida.
- Redução das consequências e severidade dos impactos ambientais potenciais, decorrentes do armazenamento e consumo do combustível.
- Melhorias de ordem, limpeza e operação do equipamento.
- Redução do custo de manutenção do equipamento.
- Melhoria na qualidade do produto ou processo.
- Redução no consumo de combustível.
- Redução do desperdício de material (formação de borra), em processos de fusão de metais.
- Aumento da produtividade do equipamento, dentre outras.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstra que a substituição do óleo diesel pelo GLP como combustível, para o aquecimento dos fornos de conformação à quente da empresa Siverst Ltda, é viável, pois, além do GLP possuir maior calor fornecido, ele também tem o menor custo no montante da quantidade de combustível a ser gasto para o processo, ou seja, a utilização deste comburente reduz os gastos com aquisição em 20,2% até a amortização dos gastos com a aquisição dos novos queimadores, e em 24,40%, passado o período de abatimento dos mesmos. Destaca-se, também, a redução no valor absoluto gasto mensalmente que esta troca irá gerar, pois antes da amortização serão diminuídos R\$

2.557,90, e após o período, R\$ 3.085,90. Cabe ser relevado nesta pesquisa, que o GLP possui a combustão estequiométrica, a qual é impossível na queima do óleo diesel, pois, devido a um excesso de ar introduzido na combustão, queima uma maior quantidade de óleo diesel. Outro fator a ser considerado, embora não abordado neste trabalho, é que o GLP emite menos poluentes do que o óleo diesel, sendo que na Figura 04 observa-se a criação de fuligem em torno do queimador, oriunda da queima do óleo diesel. Já na Figura 06, observa-se a limpeza do queimador de GLP. A partir deste estudo, verifica-se também que o óleo diesel é um combustível agressivo ao meio ambiente e também às pessoas que trabalham em torno dele.

A aplicação de GLP nas queimas industriais ainda deve ser mais pesquisada, pois esta se demonstra eficaz na queima para aquecimento, sendo matéria para outras pesquisas a serem realizadas. Ressalta-se que embora o GLP esteja perdendo espaço no ambiente industrial para o gás natural (GN), aquele demonstra possuir uma maior flexibilidade em sua instalação, pois é possível instalá-lo em tanques estacionários, e o GN necessita de tubulação específica direta da concessionária para tal atendimento.

Os resultados deste trabalho tornaram-se fundamentais à empresa Siverst Ltda, pois esta se encontra em fase de implantação do sistema de alimentação de seus fornos, por meio de GLP, devendo essa instalação ser finalizada até o mês de julho do corrente ano, visto que as instalações já estão concluídas, faltando apenas a inserção da tubulação para a alimentação de GLP aos fornos e testes de estanqueidade e certificação da mesma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPOSIÇÃO química do aço SAE 1045. Cachoeirinha, Aços Favorit Ltda, 2004. Composição química dos aços de construção mecânica. Disponível em <[http://www.favorit.com.br/produtos/constrmec/ao\\_carb/1045.html](http://www.favorit.com.br/produtos/constrmec/ao_carb/1045.html)>. Acesso em: 28 março 2005.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Técnicas de Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999. 260p.

PRODANOV, Cleber Cristiano. Manual de metodologia científica. 3. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2003. 79p.

RUSSOMANO, V. H. Introdução à administração de energia na indústria. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987. 262p.

SCHAEFFER, Lirio. Conformação dos Metais metalurgia e mecânica. Porto Alegre: Editora Rígel, 1995. 108p.

SETOR de duas rodas acena com crescimento em fevereiro. São Paulo, Associação Brasileira de Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicycletas e Similares ABRACICLO. Disponível em <<http://www.abraciclo.com.br>>. Acesso em: 15 março 2005.

VLASSOV, Dmitri. Combustíveis, Combustão e Câmaras de Combustão. Curitiba: Editora UFPR, 2001. 184p.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001. 205p.