

APLICAÇÃO DE GLP NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

(Relato de caso – Gerador estacionário de 10000w)



CATEGORIA: APLICAÇÕES DO GLP

EDIÇÃO 2020

DADOS DO CASE

Categoria:

Aplicações do GLP.

Autores:

Faber Cintra Milhome – Nacional Gás

João Batista Furlan Duarte – UNIFOR – Universidade de Fortaleza.

Claudio Matheus Silva Lobato Ferreira – UNIFOR – Universidade de Fortaleza.

Emily Julião de Alencar Costa – UNIFOR – Universidade de Fortaleza.

Edson Augusto Soares Lopes – UNIFOR - Universidade de Fortaleza.

Romário Nogueira Monteiro – UNIFOR – Universidade de Fortaleza.

Matheus Rodrigues Barbosa – UNIFOR – Universidade de Fortaleza.

RESUMO

O consumo de energia elétrica é uma demanda residencial e em especial industrial de modo geral, na qual as aplicações do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) já possui lugar no mercado com êxito, tornando assim mais fácil a implementação do sistema de geração de energia através de um sistema de geração de energia elétrica a partir do GLP. Essas aplicações, em sua maioria, são:

- » Fornos para os mais diversos usos (metalurgia, cerâmica, indústria de Vidro, indústria de alimentos, porcelana, processos têxteis etc.).
- » Equipamentos para fundição, desempenho de chapa, tratamentos térmicos e outros sistemas.
- » Geradores de vapor, caldeiras e bombas de calor.
- » Sistemas de refrigeração, geladeira, freezer, frigorífico.
- » Equipamentos de gaseificação de algodão.
- » Máquinas de corte, grandes ou portáteis, em trilhos ou tubos.
- » Secadores de resíduos industriais, estufas de secagem etc.

Em algumas das situações acima citadas, o operador é capaz de ajustar os parâmetros operacionais, com base em sua observação e experiência.

Neste trabalho é apresentada a prática realizada com o GLP e sua composição básica de propano e butano sendo aplicado no funcionamento do Gerador estacionário, bem como sua funcionalidade e parâmetros de uso sugerido. Os equipamentos e parâmetros utilizados são necessários, de forma que a interação humana seja a mínima possível, trazendo mais estabilidade do sistema e segurança, onde o Gerador seja uma alternativa viável frente a outras fontes de energia no processo de fornecimento energético.

SUMÁRIO

| | | |
|------|---|----|
| 1. | HISTÓRICO DA EMPRESA | 5 |
| 1.1. | NÚCLEO DE TECNOLOGIA DA COMBUSTÃO..... | 5 |
| 1.2. | NACIONAL GÁS | 5 |
| 1.3. | UNIVERSIDADE DE FORTALEZA..... | 5 |
| 1.4. | VÍNCULOS ENTRE AS ORGANIZAÇÕES..... | 6 |
| 2. | APLICAÇÃO E OPORTUNIDADE..... | 7 |
| 2.1. | SEGURANÇA..... | 10 |
| 2.2. | COMBUSTÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIA..... | 12 |
| 3. | PLANEJAMENTO | 15 |
| 4. | INSTALAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO..... | 16 |
| 5. | INDICADORES DE DESEMPENHO..... | 19 |
| 6. | CONCLUSÃO | 22 |
| 7. | REFERÊNCIAS..... | 23 |

1. HISTÓRICO DA EMPRESA

1.1. NÚCLEO DE TECNOLOGIA DA COMBUSTÃO

O Núcleo de Tecnologia de Combustão (NTC) teve início em 1999 a partir de um projeto do qual a Universidade de Fortaleza (UNIFOR) participou e foi premiada em um milhão de reais, e a partir deste investimento começou-se a montar o NTC. O professor Antônio Roberto Menescal de Macêdo foi um dos coordenadores do projeto e gerente administrativo desde a criação do núcleo até o ano de 2018, sendo gerenciado pelo professor João Batista Furlan Duarte.

Este núcleo nasceu da parceria firmada com a empresa Nacional Gás com a finalidade de desenvolver estudos para a geração de energia a partir do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). A equipe trabalha em várias frentes de projeto diferentes simultaneamente e de forma dinâmica, havendo ajuda entre os membros.

O NTC é composto também de oito alunos, sendo dois estagiários, três bolsistas e três estagiários voluntários. Sua sede localiza-se na sala L20 do bloco L, no campus da UNIFOR e conta com um galpão e um escritório.

1.2. NACIONAL GÁS

A história da Nacional Gás se inicia em 1951. Atento aos acontecimentos no sul do país e ao amadurecimento do mercado nordestino, Edson Queiroz percebeu que Fortaleza estava pronta para abandonar os fogões à lenha e entrar para a era botijão de gás.

Em 1953 Edson Queiroz obteve a autorização para carregar seus botijões de gás na Refinaria de Mataripe-BA. A partir desta concessão, a Edson Queiroz & Cia. reduziu os custos para obtenção do GLP, conseguindo progressos significativos na distribuição, derrubando também os últimos preconceitos existentes no mercado cearense. Foi quando a empresa começou realmente a crescer, ampliando-se para outros estados do Brasil.

A Nacional Gás chega aos dias atuais com foco na modernidade, com destaque nacional no segmento de gás domiciliar e crescendo cada vez mais no segmento granel, graças ao reconhecimento e preferência dos seus parceiros de negócios, clientes e consumidores. Atuando no armazenamento, envase e distribuição de GLP em todo o Brasil, está presente em quase todo o território nacional, com uma estrutura que inclui 45 filiais, sendo 27 bases engarrafadoras.

1.3. UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Instituição genuinamente cearense, a Fundação Edson Queiroz se orgulha por promover há décadas o desenvolvimento social, educacional e cultural do Estado e da

região Nordeste.

Nascida na década de 1970, em contexto local marcado por profundo déficit de escolaridade e por um quadro constrangedor de atraso regional que motivou sua criação em 26 de março de 1971, a Fundação foi uma das formas encontradas pelo industrial Edson Queiroz de retribuir, em forma de responsabilidade social, tudo o que a sua terra já lhe concedera.

O maior entre os projetos sociais encampados pela Fundação se materializou na Universidade de Fortaleza, a Unifor.

Tendo em vista a baixa oferta de oportunidades no Ensino Superior, então resumida a poucas opções de cursos concentradas em apenas duas instituições públicas, o projeto da universidade buscou refletir a visão de excelência de Edson Queiroz, desta vez no segmento da Educação.

Sempre atento aos números e com singular intuição, Edson Queiroz sabia o que as estatísticas revelavam, local e regionalmente: a constante evasão de milhares de jovens em busca de estudos mais avançados e a carência de pessoal capacitado para atender à demanda necessária ao progresso da nossa região. Foi quando o industrial apresentou, para familiares e amigos, a ideia da ampliação da disponibilidade educacional no Ceará.

Em pouco tempo, sob sua presidência, formavam-se os Conselhos Curador e Diretor da Fundação, mantenedora da Universidade de Fortaleza, da qual Edson Queiroz seria seu primeiro chanceler. Com a criação da nova universidade, ampliava-se o acesso ao ensino superior, com garantia da formação de recursos humanos e capacitação de mão-de-obra qualificada para o desenvolvimento regional.

Inaugurada em 1973, a universidade investe desde os seus primeiros dias, diariamente, em ensino, arte, cultura e desporto.

14. VÍNCULOS ENTRE AS ORGANIZAÇÕES

O objetivo do projeto de inovação proposto, e sua relação com o estado – da -arte na área de GLP, foi possível de ser alcançado em função da existência do Núcleo de Tecnologia da Combustão – NTC, o primeiro e único laboratório de combustão especializado e equipado para desenvolvimento de pesquisas com Gás Liquefeito de Petróleo.

Em 1999, com o lançamento nacional do primeiro edital da FINEP que abria para as Fundações Privadas, sem fins lucrativos, oportunidade de apresentar projetos de infraestrutura, a Fundação Edson Queiroz, sob orientação de seu Chanceler, à época, Dr. Airton Vidal Queiroz, criou um grupo de trabalho, sob liderança do mesmo, com fins de preparar um projeto onde o objetivo era montar um laboratório com infraestrutura voltado à

pesquisa e inovação, no setor de Gás Liquefeito de Petróleo.

O projeto foi montado com especialistas da área, foi aprovado pela FINEP no final do ano de 1999, e inaugurado em setembro de 2001, tendo repercussão nacional devido suas peculiaridades funcionais, corpo técnico e qualidade.

2. APLICAÇÃO E OPORTUNIDADE

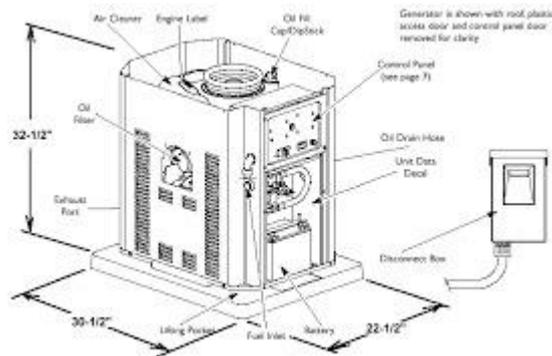
O emprego de geradores a motores de combustão interna já é comum em lugares mais distantes da cidade. No entanto, sua aplicação vai de uso doméstico como camping a uso industrial em horários específicos em grandes cidades. A utilização de geradores a gás se mostra mais vantajoso na área de segurança e ambiental, se comparado a outros geradores, como o Diesel – o qual possui fuligem após a queima e o sistema de armazenamento possui menos pontos de segurança – ou o sistema mais comum no Brasil, que são as hidrelétricas, as quais atualmente representam 90% da produção total.

As hidrelétricas, contudo, destroem grandes áreas, muitas vezes de florestas, para construir represas e assim manter a energia potencial necessária para uma melhor eficiência das turbinas, características desses sistemas que são impossíveis de remoção ou inviáveis.

O equipamento tem seu funcionamento basicamente descrito por um motor de combustão interna, refrigerado a ar, que converte energia química do mix GLP (propano e butano) em energia mecânica, tendo acoplado à sua base um gerador. Este, por sua vez, converte energia mecânica em energia elétrica, a partir da qual podem ser acionados equipamentos elétricos em situações onde a rede elétrica seja inexistente ou de difícil acesso.

De forma mais completa, o sistema ou conjunto grupo gerador é disposto por: motor, alternador (gerador), sistema de alimentação, regulador de tensão, sistema de lubrificação, bateria, painel de controle, todos esses itens associados de forma a ser feito o mais compacto possível e com menor necessidade de manutenção, tendo em vista que o motor a combustão irá trabalhar em regime estacionário (sem alteração de rotação), visando manter a maior faixa de eficiência.

Figura 1 – Desenho Simplificado



Fonte: nooutage.com

Em exaltação à sua produção mais próxima do local de consumo, podemos também adicionar a vantagem da mínima perda de carga pela fiação disposta no caminho, entre a fonte geradora, e a estação consumidora, seja residencial ou industrial.

Simplificando essas perdas pelo conceito da Aneel, “Denominam-se Perdas Técnicas de Energia as Perdas inerentes às atividades do transporte da energia elétrica na rede, e de Perdas Comerciais o restante da diferença entre a Energia Requerida, Injetada ou Suprida, e a Comercializada ou Faturada.” Ou seja, a partir da hidrelétrica até o cliente é perdida uma quantidade significativa na média de 20% por meio de perdas por efeito Joule nos condutores, perdas nos núcleos dos transformadores, perdas devido às correntes de fuga no ar e nos isoladores/isolantes, e todo esse valor é repassado ao consumidor junto com o valor das manutenções de equipamentos e aluguéis, além de perdas por falhas na rede.

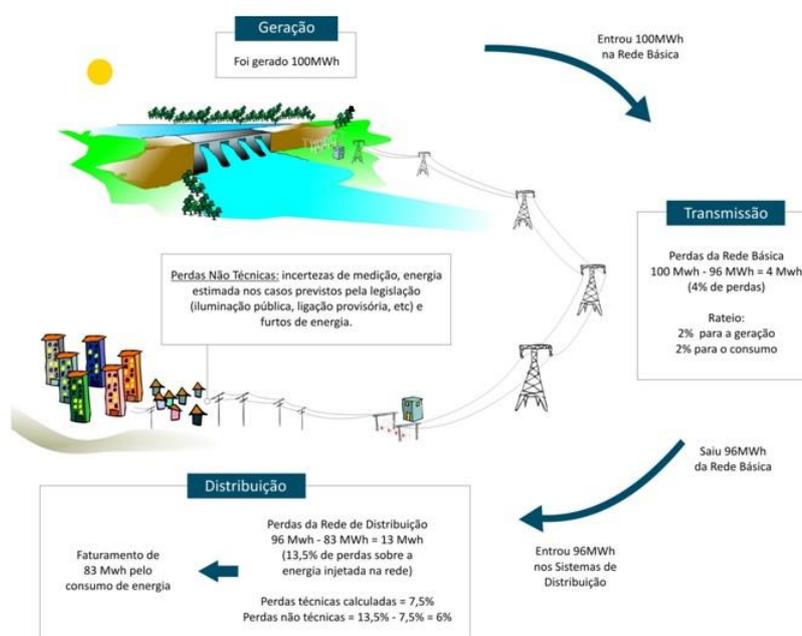
Tabela 1 – Base de Perdas EDP SP

| Distribuidora | Ano | PTot- Perda Total | PTecReg - Perda Técnica Regulatório | PNTec - Perda Não Técnica | PNTecReg - Perda Não Técnica Regulatório |
|---------------|------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|
| EDP SP | 2008 | 1.625.453 | 748.917 | 876.536 | 839.272 |
| EDP SP | 2009 | 1.672.678 | 735.603 | 937.075 | 860.127 |
| EDP SP | 2010 | 1.785.037 | 788.260 | 996.778 | 797.603 |
| EDP SP | 2011 | 1.686.923 | 789.387 | 897.536 | 759.617 |
| EDP SP | 2012 | 1.684.765 | 778.025 | 906.741 | 724.444 |
| EDP SP | 2013 | 1.678.301 | 788.338 | 889.964 | 682.170 |
| EDP SP | 2014 | 1.617.415 | 775.915 | 841.500 | 634.335 |
| EDP SP | 2015 | 1.440.747 | 709.085 | 731.662 | 555.104 |
| EDP SP | 2016 | 1.414.915 | 681.679 | 733.236 | 530.654 |
| EDP SP | 2017 | 1.421.464 | 675.655 | 745.809 | 519.348 |
| EDP SP | 2018 | 1.392.300 | 666.739 | 725.561 | 507.730 |
| EDP SP | 2019 | 1.359.989 | 675.310 | 684.679 | 503.534 |
| | MWh | - 18.779.988 | | | |

Fonte: ANEEL

“As perdas na Rede Básica são calculadas pela diferença entre a energia gerada e a entregue nas redes de distribuição. Essas perdas são apuradas mensalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e o seu custo, que é definido anualmente nos processos tarifários, é rateado em 50% para geração e 50% para os consumidores” (ANEEL).

Figura 2 – Modelo Demonstrativo das Perdas no Setor Elétrico



Fonte: ANEEL

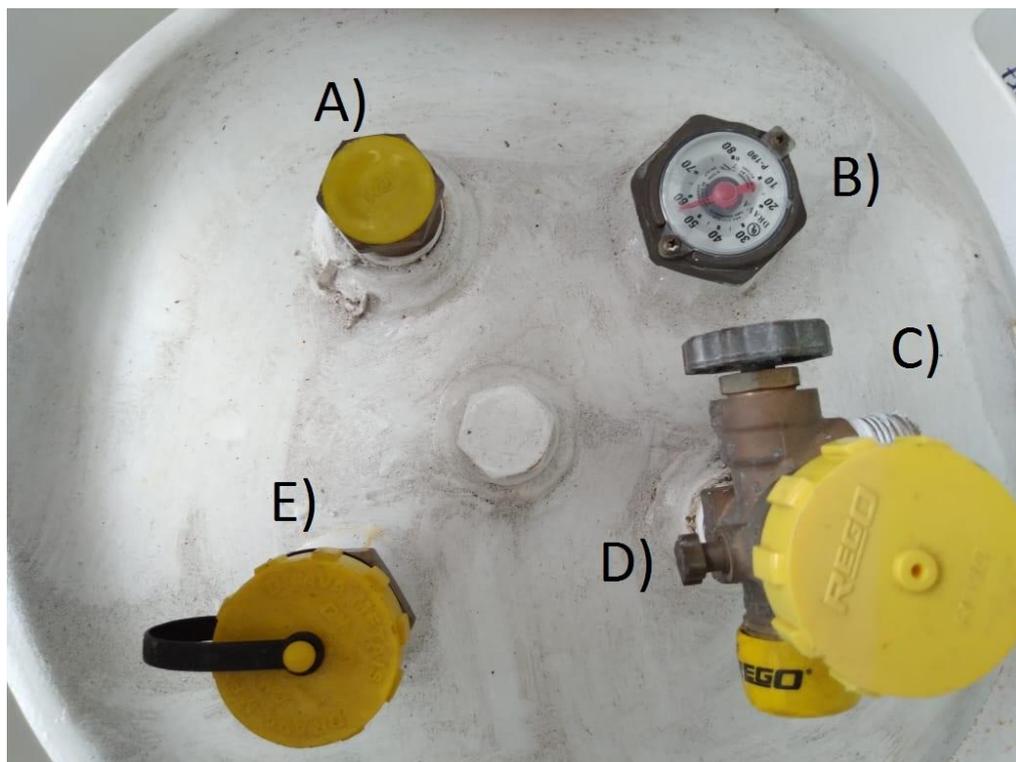
Demonstrando que o nosso sistema atual pode ser mais eficiente com a produção energética sendo diretamente posta no local de consumo, mostraremos a facilidade prática de instalação e conservação de um grupo gerador a gás compacto.

2.1. SEGURANÇA

O GLP, por ser um mix entre Buteno (C_4H_8), Propeno (C_3H_6), Butanos (C_4H_{10}), Propano (C_3H_8), Etano (C_2H_6) e Pentanos (C_5H_{12}) representa menor risco operacional. É um gás naturalmente estável, com características menos perigosas do que os combustíveis líquidos, pois não se adere a superfícies, sendo assim mais seguro em caso de algum vazamento.

Seu armazenamento em fase líquida, fato que permite a estocagem de maior quantidade com o controle de pressão por todo seu conjunto de válvulas – dentre elas a PSV (*pressure valve security*), a qual controla toda a pressão de gases dentro do receptáculo –, em comparação a outros tipos de armazenamento de combustíveis, notamos que a pressão dentro do recipiente só é analisada pelas empresas da área de GLP, uma vez que os próprios tanques de GNV instalados dentro dos veículos só possuem válvulas de consumo, que são as mesmas para abastecimento. Nos nossos tanques P190, possuímos válvulas e sistemas para controle e segurança são elas: PSV, magnetron, consumo, espia e abastecimento, fato que torna o tanque de GLP o mais seguro e confiável dentre todos os tipos de tancagens, fornecendo assim maior autonomia e segurança ao processo, ao produto e às pessoas próximas.

Figura 3 – Enxoval do Tanque P190



Fonte: Autor.

O transporte do GLP é também um dos mais seguros, pois possui válvulas de segurança, grupo regulagem, sistema de emergência, além cautela do controle de fluxo durante todo o processo de abastecimento, levando em consideração a distância do terminal de onde parte o auto tanque até o local onde fica armazenado o gás. Em comparação com uma carreta que transporta carvão, os sistemas de segurança são muito mais eficazes, tendo em vista que os da carreta de carvão são os mínimos. Ademais, o auto tanque não contamina o solo com detritos caídos pela pista.

Figura 4 – Auto Tanque com o Grupo Regulagem



Fonte: 4.bp.blogspot.com

2.2. COMBUSTÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIA

A combustão se trata de uma reação química que ocorre entre um combustível – o qual pode ser uma substância sólida, líquida ou gasosa – e um comburente. Trata-se de um processo exotérmico, uma vez que a energia total dos produtos é maior do que a dos reagentes. Desta forma, para que a reação ocorra, resultando em uma combustão, é necessária a presença de mais de um reagente (MENDONÇA, 2019).

É possível citar dois tipos de combustão: completa e incompleta. A primeira acontece quando a quantidade de oxigênio presente na reação é suficiente para consumir todo o combustível, havendo a produção de dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). A segunda, por sua vez, ocorre quando a quantidade de oxigênio presente não é suficiente para o consumo total do combustível. Neste caso, há a produção de monóxido de carbono (CO) e fuligem (C), sendo estes nocivos para a saúde e para o meio ambiente.

Quando se objetiva a geração de energia por meio da combustão, deve-se observar o poder calorífico do combustível a ser utilizado. Existem dois tipos de poder calorífico: o superior (PCS) e o inferior (PCI). Segundo Souza, o poder calorífico inferior se trata da “quantidade de calor que 1kg de combustível pode produzir ao entrar em combustão com excesso de ar e gases de descarga são resfriados até o ponto de ebulição da água, evitando assim que a água contida na combustão seja condensada.” Assim, ao se comparar combustíveis empregados em um motor, deve-se sempre observar o PCI, tendo em vista que as temperaturas neste caso são sempre muito elevadas e a água presente estará sempre no estado de vapor. Por fim, cabe salientar que, quanto maior o poder calorífico, mais energia será produzida.

Dentre os combustíveis mais comumente usados em geradores de energia, pode-se citar

a lenha, o carvão mineral, o GLP e o Óleo Diesel. As tabelas a seguir mostra um comparativo entre os PCI e as entalpias de combustão de cada um.

Tabela 2 – Poder Calorífico Inferior de Alguns Combustíveis de Exaustão

| Combustível | PCI |
|-----------------------------------|----------------|
| Lenha (eucalipto 40% umidade) | 2.600 kcal/kg |
| Carvão mineral (Charqueadas - RS) | 3.100 kcal/kg |
| Óleo Diesel | 10.437 kcal/kg |
| GLP | 11.500 kcal/kg |

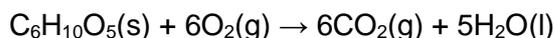
Fonte: BRANCO e CTGÁS. Adaptado, 2020.

Tabela 3 – Entalpia de Combustão de Alguns Componentes de Alguns Combustíveis

| Combustível | ΔH° (kJ/mol) |
|---------------------------------|---------------------------|
| Carvão | -393,5 |
| Propano | -2.200 |
| Butano | -2.878 |
| Octano (componente da gasolina) | -5.471 |

Fonte: USP. Adaptado.

A lenha é composta por cerca de 50% de água, o que reduz o seu poder calorífico. Considerando que ela é majoritariamente composta por celulose e lignina para analisar sua combustão, será considerada a queima da celulose, que se dá pela seguinte equação:



No entanto, sua composição não se limita apenas a esses dois componentes e dois elementos de presença muito marcante são Enxofre e Nitrogênio, cuja emissão de seus respectivos óxidos é de grande preocupação, uma vez que são muito nocivos à saúde e ao meio ambiente. Para que a queima da lenha seja mais limpa, as temperaturas devem ser mantidas em torno de 1300°C, o que não acontece sempre. Caso a madeira esteja molhada, ou submetida a temperaturas mais baixas, sua combustão pode resultar em fuligem, proveniente de partículas que não são completamente queimadas, poluindo a atmosfera. Além disso, seu uso incentiva o desmatamento de florestas e, por vezes, sua procedência é ilegal.

O carvão mineral, por sua vez, é composto por uma parte orgânica (carbono, hidrogênio e pequenas porções de enxofre, oxigênio e nitrogênio) e outra mineral (silicatos que compõem as cinzas). Ele é subdividido em algumas categorias, de acordo com sua

incidência de impurezas e poder calorífico. Dentre as classificações, é possível citar: Turfa, Linhito, Hulha e Antracito.

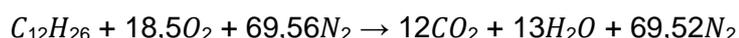
Os malefícios do carvão iniciam na sua extração, a qual pode ser feita de duas formas: subterrânea ou a céu aberto. A primeira é utilizada quando a camada de solo que recobre o minério é estreita ou o solo é arenoso ou tem predominância de cascalho. Já a segunda se aplica a situações em que o carvão se encontra em camadas muito profundas, havendo a necessidade de construção de túneis. Em ambos os casos, é realizada uma drenagem ácida, ou seja, água sulfurosa é injetada no solo por meio de bombas, gerando alterações no solo e contaminação de água subterrânea. A mineração a céu aberto tem impacto direto na intensificação do processo erosivo do solo, além da degradação de cobertura vegetal fauna locais. Por fim, a subterrânea pode causar rebaixamento do lençol freático, gerar perturbação na rede hidrológica superficial, além das vibrações causadas pelas explosões (ECycle).

No que se refere à queima do carvão, pode-se listar a emissão de dióxido de carbono, enxofre, metano, óxidos de nitrogênio, mercúrio e fuligem. Todos são prejudiciais à atmosfera.

Segundo Murad,

“O diesel é produzido pela destilação fracionada do petróleo tendo a sua composição química dificilmente definida. Utiliza-se em motores deste tipo, o combustível representado por $C_{12}H_{26}$. Por apresentar um alto valor de número de cetano (fator que caracteriza a qualidade da ignição) o seu rendimento é alto na combustão. Em decorrência dessa mesma qualidade, porém, o fluxo de algumas emissões torna-se bastante considerável (...).”

A combustão do óleo diesel se dá pela seguinte equação:



O óleo diesel é constituído por hidrocarbonetos, enxofre, nitrogênio e oxigênio e sua queima emite gases nocivos à atmosfera. Nesse contexto, visando reduzir esses impactos ambientais, no ano de 2004, o governo brasileiro tornou obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao óleo (FOGAÇA).

O GLP, em contrapartida, é um combustível limpo. Sua emissão de carbono é bem melhor, se comparado aos outros combustíveis, apresenta um alto poder calorífico, como pode ser observado na Tabela 2, tem uma excelente qualidade de queima, é de fácil manuseio e armazenamento. Outrossim, de acordo com Liquigás apud. Sindigás (2008): “O poder calorífico de um só botijão de 13Kg de GLP corresponde à queima de dez árvores. Isso significa que o consumo de GLP evita a queima de milhões de árvores no Brasil, já que são consumidos cerca de 340 milhões de botijões por ano”. Um indicador de limpeza do gás liquefeito de petróleo, segundo a PETROBRAS, é o processo de dessulfurização pelo qual ele passa em sua produção, devendo atender a um seguinte teste no qual deve se mostrar

não corrosivo na exposição de uma lâmina de cobre a 37,8 °C, durante o período de 1 hora. Por fim, sua extração é controlada, além de poder ser utilizado na alimentação, uma vez que não produz fuligem, logo não contamina o alimento.

3. PLANEJAMENTO

Para o planejamento anual, foi criada a proposta de fazer testes no Gerador Briggs & Stratton cedido pelo SINDIGAS. No entanto, devido aos desgastes causados pelo tempo, mostrou-se necessária a realização de algumas manutenções, ligações e instalações, de modo que o funcionamento do motor fosse mostrado em sua plenitude. As medidas adotadas foram as seguintes:

- **Segregar materiais de manutenção preventiva e preditiva do motor associado no grupo gerador;**
- **Limpeza do grupo gerador como um todo;**
- **Objetivar quais testes seriam realizados durante seu pleno funcionamento;**
- **Preparação da instalação do NTE para acoplamento;**
- **Preparação do local de acionamento para facilitação do acionamento;**
- **Prover toda segurança adequada para um acionamento;**
- **Preparar lista de equipamentos e testes necessários para aferição.**

Sabendo que a quantidade de equipamentos associados à rede iria forçar mais o motor – considerando-se ele sempre irá buscar manter o equilíbrio entre produção e consumo de energia elétrica e isso poderia alterar rotações e interferir nos parâmetros que buscávamos – para a realização do teste inicial, o gerador foi ligado apenas a um equipamento simples de teste, ou multímetro eletrônico, da marca Minipa, uma marca confiável para o nível de teste realizado.

4. INSTALAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

Este é o grupo Gerador Briggs & Stratton:

Figura 5 – Grupo Gerador Briggs & Stratton

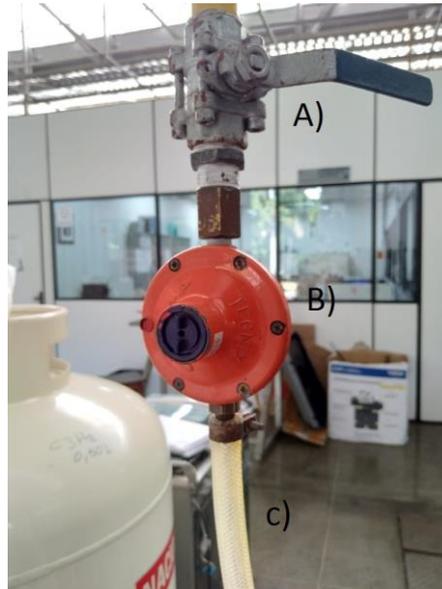


Fonte: Amazon.

No local preparado, o motor foi associado à instalação de GLP já existente para que os testes fossem iniciados. Foi feita a colocação do grupo regulagem e, em seguida, foi realizado o teste de estanqueidade, a fim de que a segurança da instalação fosse certificada.

Na montagem do grupo de regulagem foram utilizados: (A) válvula esfera, (B) reguladores de gás de primeiro estágio e (C) mangueira trançada para gás, como apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Montagem do Grupo de Regulagem de Primeiro Estágio



Fonte: Autor.

Para o acionamento do motor, como representado na Figura 7, foi utilizada a conexão lateral, por onde entra o GLP, que passa, de acordo com a Figura 8, pelo (A) regulador de segundo estágio, retorna pela (C) mangueira de alta pressão, até o (D) solenoide, o qual finalmente libera o fluxo para a admissão do motor, onde uma bateria automotiva de 45 ah, localizada dentro do painel principal e conectada pelos (B) terminais positivo e negativo. O motor de partida é então acionado e é dada a ignição do motor principal refrigerado a ar de 550CC.

Figura 7 – Conexão Lateral



Fonte: Autor.

Figura 8 – Grupo Regulagem do Equipamento



Fonte: Autor

Durante os testes, foi percebido que é de melhor agrado ao usuário se o gerador for posto em um local externo ou isolado da casa, devido ao seu barulho e ao perceptível aumento de temperatura.

Após feita a instalação local do equipamento e conferido o extintor e a estanqueidade da rede de gás, foi feito o acionamento, para o qual a bateria foi devidamente posta no local e o motor, por sua vez, fez a partida automaticamente.

Passado um período de teste, foi feita a aferição das principais características do motor, com equipamentos específicos para cada aferição, sendo eles, segundo a Figura 9: (a) Multímetro MINIPA ET-1002 e (b) Tacômetro MINIPA MDT-2244B.

Figura 9 – Multímetro e Tacômetro MINIPA



Fonte: Autor

Com a rotação estabilizada em 3700rpm e tensão de saída aproximadamente em 220v, a diferença entre as tensões nominais e reais se dá devido à quantidade de carga posta durante o período de teste, os quais se mantiveram estáveis durante todo o tempo, caracterizando-o adequadamente como um gerador estacionário.

5. INDICADORES DE DESEMPENHO

Ao escolher um sistema de geração de energia próprio deve-se ter atenção ao tipo de combustível, pois, ao comprar um combustível, leva-se em consideração a energia que ele vai oferecer, a partir de alguns pontos como: valor energético, origem e histórico de fornecimento, qualidade e, quando necessário, deve-se atentar ao balanço energético e de massa.

Na Tabela 4 é apresentado o poder calorífico do GLP e é possível compará-lo com outras fontes energéticas do país. A principal comparação que devemos ter em mente é entre o GLP e os óleos pesados, pois esses estão a gasolina e diesel.

Tabela 4 – Principais Combustíveis Do Brasil

| Combustível | PCI |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Bagaço de cana (50% umidade) | 1.795 kcal/kg |
| Lenha (eucalipto 40% umidade) | 2.600 kcal/kg |
| Serragem (20% umidade) | 3.500 kcal/kg |
| Carvão mineral (Charqueadas - RS) | 3.100 kcal/kg |
| Óleos pesados (1A, 2A) | 9.400 a 9.650 kcal/kg |
| Óleo de xisto (Petrobrás Six) | 9.700 kcal/kg |
| Gás natural (Gasbol) | 8.650 kcal/m ³ |
| GLP (médio) | 11.025 kcal/kg |

Fonte: BRANCO, W.

Após serem executados os testes com o equipamento em regime leve de trabalho – onde ele iria variar menos durante o uso, mantendo a estabilidade de 220 volts e potência nominal de 10kW – é possível notar que o gerador atende às necessidades de uma casa de porte médio. Na Tabela 5 pode-se observar os principais equipamentos de uma casa e então calcular sua demanda. Percebe-se também, tanto sua facilidade de acionamento (a qual é totalmente automática), quanto o controle de aceleração e manutenção da corrente de saída, juntamente com a tensão que será ofertada ao equipamento.

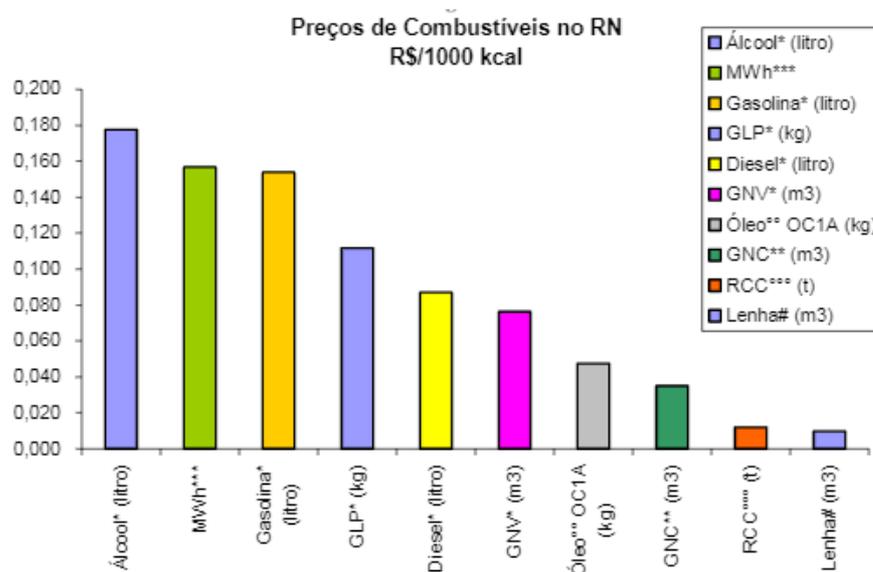
Tabela 5 – Potência dos Equipamentos Domésticos

| APARELHO | POTÊNCIA |
|----------------------------|----------|
| Aparelho de som | 200 W |
| Ventilador | 100 W |
| Televisão | 200 W |
| Batedeira | 450 W |
| Forno de micro-ondas | 1.300 W |
| Refrigerador Duplex | 350 W |
| Cafeteira | 300 W |
| Computador | 350 W |
| Condicionador de ar | 1.600 W |
| Chuveiro elétrico | 5.000 W |
| Liquidificador | 400 W |
| Ferro elétrico tradicional | 750 W |
| Secador de cabelo | 1.300 W |
| Máquina de lavar roupa | 1.500 W |

Fonte: Mundo da Elétrica

Na Figura 10 e na Tabela 6 é mostrado um comparativo entre as energias do Rio Grande do Norte (RN), junto a uma tabela de preços:

Figura 10 – Preços de Combustíveis no RN



Fonte: CTGÁS

Tabela 6 – Preços de Combustíveis no RN

Preços de combustíveis no RN

| COMB | Preço Médio ^o | kcal/unidade | R\$/1000 kcal |
|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|
| Álcool* (litro) | R\$ 1,137 | 6.400 | 0,178 |
| MWh*** | R\$ 134,970 | 860.000 | 0,157 |
| Gasolina* (litro) | R\$ 1,710 | 11.100 | 0,154 |
| GLP* (kg) | R\$ 1,316 | 11.800 | 0,112 |
| Diesel* (litro) | R\$ 0,889 | 10.200 | 0,087 |
| GNV* (m ³) | R\$ 0,718 | 9.400 | 0,076 |
| Óleo** OC1A (kg) | R\$ 0,485 | 10.200 | 0,048 |
| GNC** (m ³) | R\$ 0,328 | 9.400 | 0,035 |
| RCC*** (t) | R\$ 30,000 | 2.500.000 | 0,012 |
| Lenha# (m ³) | R\$ 8,500 | 860.000 | 0,010 |

Fontes: * ANP (período 9 a 15/09/2001, no RN)

**POTIGÁS (período a partir de 25/09/2001)

*** ANEEL (período jan a jun 2001, no Nordeste)

#CTGÁS (período agosto 2001, no RN)

^o BR Distribuidora

^{oo} Usibrás (período a partir de jun 2001)

^o Preço Médio ao consumidor final, com impostos

Fonte: CTGÁS

Usando dados atuais, o valor do botijão a 75 reais, com a taxa de conversão de 1 kg GLP = 13,7 kWh de Energia Elétrica, e o preço de 0,78 R\$/kWh, tem-se a diferença de valor entre R\$ 5,76 do GLP, para R\$ 10,68 da energia elétrica, tornando assim o consumo de GLP tecnicamente viável.

O tempo de uso dos equipamentos elétricos de uma residência podem ter o seu consumo diminuído se forem adotadas algumas regras de economia, melhorando assim a eficiência do grupo gerador e taxa de consumo de GLP, são elas:

- Substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, mais econômicas;
- Evitar o modo *standby* de televisões, computadores, leitores de DVD ou outros aparelhos eletrônicos;
- Dar preferência a eletrodomésticos da classe energética A, A+ ou A++;
- Descongelar o frigorífico antes da camada de gelo atingir os três milímetros;
- Aproveitar o calor do ferro de engomar para passar o maior número de peças possíveis;
- Abrir as janelas de casa, evitando ligar a ventilação;
- Tomar banhos mais curtos (7 a 10 minutos no máximo);
- Dar preferência a cores claras nas paredes de casa;
- Apagar as luzes que não estiverem sendo utilizadas.

6. CONCLUSÃO

O uso do grupo gerador doméstico é factível para uma família de até médio porte onde o seu consumo de GLP não ultrapasse o valor similar referente ao valor do consumo elétrico. O uso do GLP se mostra como uma alternativa tecnicamente viável atendendo à qualidade requerida, podendo ainda promover redução nos custos operacionais frente à perda devido às linhas de transmissão da rede elétrica, às manutenções, ao direcionamento adequado de resíduos oriundos da combustão, além de oferecer menor risco operacional.

7. REFERÊNCIAS

40243A Standby Generator Set Briggs & Stratton Home Standby 10000W. Disponível em: <nooutage.com>. Acesso em: 28 out. 2020.

Abastecimento feito pelos caminhões-tanque. Disponível em:

<[https://4.bp.blogspot.com/-](https://4.bp.blogspot.com/-DUCe_dcO0ms/TeKA7F9pTil/AAAAAAAAABg/276HrRTav8A/s1600/abastecimento+feito+p)

[DUCe_dcO0ms/TeKA7F9pTil/AAAAAAAAABg/276HrRTav8A/s1600/abastecimento+feito+p](https://4.bp.blogspot.com/-DUCe_dcO0ms/TeKA7F9pTil/AAAAAAAAABg/276HrRTav8A/s1600/abastecimento+feito+p)
[elos+caminh%25C3%25B5es-tanque.jpg](https://4.bp.blogspot.com/-DUCe_dcO0ms/TeKA7F9pTil/AAAAAAAAABg/276HrRTav8A/s1600/abastecimento+feito+p)>. Acesso em: 28 out. 2020.

Amazon. **Briggs & Stratton 40243 10,000 Watt EmPower Natural Gas/Liquid Propane Powered Air Cooled Home Standby Generator.** Disponível em:

<<https://www.amazon.com/dp/B001IGLFV8/?tag=bestwpcom-20>>. Acesso em: 28 out. 2020.

ANEEL. **Dados abertos - Geração.** Disponível em:

<<https://www.aneel.gov.br/dados/geracao>>. Acesso em: 28 out. 2020.

ANEEL. **Perdas de Energia.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800>. Acesso em: 28 out. 2020.

ANEEL. **Perdas Técnicas de Energia.** Disponível em:

<https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Perdas_Tecnicas_de_Energia.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

BRANCO, W. **Eficiência em Processos de Combustão a Gás.** Disponível em:

<[https://gasescombustiveis.com.br/encontroglp/PALESTRAS/WAGNER_BRANCO/EFICIEN](https://gasescombustiveis.com.br/encontroglp/PALESTRAS/WAGNER_BRANCO/EFICIENCIA_PROC_COMBUSTAO_GAS_WAGNER_BRANCO.pdf)
[CIA_PROC_COMBUSTAO_GAS_WAGNER_BRANCO.pdf](https://gasescombustiveis.com.br/encontroglp/PALESTRAS/WAGNER_BRANCO/EFICIENCIA_PROC_COMBUSTAO_GAS_WAGNER_BRANCO.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2020.

Combustão e Energia. Disponível em: <www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html>.

Acesso em: 28 out. 2020.

CTGÁS. **Dados de Unidades de Conversão.** Disponível em:

<<https://docplayer.com.br/5703485-Dados-de-unidades-de-conversao.html>>. Acesso em: 22 out. 2020.

Drava. Disponível em: <<http://drava.com.br/site/wp-content/uploads/p190.png>>. Acesso em: 28 out. 2020.

DUTTON, J. A. **Alternative Fuels from Biomass Sources**. Disponível em: <<https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/534>>. Acesso em: 28 out. 2020.

ECycle. **O que é carvão mineral?**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2857-carvao-mineral.html>>. Acesso em: 29 out. 2020.

FOGAÇA, J. R. V. Prepara Enem **Óleo diesel**. Disponível em: <<https://www.preparaenem.com/quimica/oleo-diesel.htm>>. Acesso em: 29 out. 2020.

FOGÁS. **GLP x Gás Natural x Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.fogas.com.br/granel/glp-gasnatural-energiaeletrica>>. Acesso em: 28 out. 2020.

LIQUIGÁS. **GLP e o Meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/z1/hY5BC4JAFIR_SweP-V4bSHWTPCQjyKpau8ga2yrorqxbUr--hU5B4dxm5hsYIMiBFH_Ukttak944f6GgSA7IWLxliNGGIUvT4_IUR7N1EsAZCKi3kI2B5Gr8oXDnsaQHZBsdPI5FapyvpBARTyEEca_GxdX1nb9ykMPh2HwppdayEf5Vtx7-mITa_c6_Seha9Zyq115k4eQNSjy5Ug!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/>. Acesso em: 29 out. 2020.

MENDONÇA, C. **Combustão**. 2019. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/combustao>>. Acesso em: 28 out. 2020.

Mundo da Elétrica. **Tipos de energia e geração de energia elétrica**. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-energia-e-geracao-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

MURAD, F. W. **Combustão Diesel-Etanol**. Disponível em: <https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2013/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Felipe%20Warwar%20Murad.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

PETROBRAS. **Gás Liquefeito de Petróleo – Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico->

gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

Portal Eletricista. **Gerador Elétrico – como funciona, tipos, dicas**. Disponível em: <<https://www.portaleletricista.com.br/gerador-eletrico-2/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

R7, Conhecimento Científico. **Gás de cozinha, o que é? Conceitos, característica e curiosidades**. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/gas-de-cozinha/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

SINDIGAS. **As Aplicações do GLP na Indústria**. Disponível em: <http://www.sindigas.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/01/20180103_folder_industria.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.

SOUZA, L. A. **Poder Calorífico de Combustíveis**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/poder-calorifico-combustiveis.htm>>. Acesso em: 28 out. 2020.

Wood Energy. **What are the air emissions of burning wood?**. 2019. Disponível em: <<https://wood-energy.extension.org/what-are-the-air-emissions-of-burning-wood/>>. Acesso em: 28 out. 2020.