



Gerador de Hidrogênio aplicado a Motor a Combustão Interna Ciclo Otto.

Vitor José Pereira Mendonça
vitor.bme@gmail.com
AEDB

Denner Willians da Silva
dennerwillianhub@gmail.com
AEDB

Janaina Miranda da Silva
janainamiranda96@gmail.com
AEDB

Farney Coutinho Moreira
farney.coutinho@aedb.br
AEDB

Resumo: O estudo se baseia na necessidade de fontes de combustíveis alternativas tendo em vista as limitações existentes nos dias atuais, a poluição exalada pelo mesmo e logo causando outros impactos ambientais. Com isso a ideia de utilizar o hidrogênio regulado como combustível tendo em vista que o mesmo não gera nenhum tipo de gases poluentes além do alto custo benefício, se bem aplicado. Idealizamos em bancada os estudos utilizando o hidrogênio como combustível, logo foi percebido suas características inflamáveis que favorecem o uso do mesmo como combustível carburante para motores de combustão interna ciclo Otto. Obtemos hidrogênio (H₂) através de um método relativamente simples, a eletrólise aquosa, que consiste na quebra das moléculas de água (H₂O) por meio de 2 condutores onde é transmitida uma corrente elétrica proveniente de uma bateria 12 volts com reguladores, porém, visto que no processo também é gerado oxigênio puro, necessitamos de uma válvula separadora no roteiro afim de isolarmos somente o hidrogênio e então direcionamos para a câmara de combustão do motor. Em bancada, o estudo é feito em escala/modelo e com isso provamos a veracidade do método realizando medições de eficiências em relação ao combustível fóssil (petróleo, carvão) anteriormente utilizado.

Palavras Chave: ELETRÓLISE - CICLO OTTO - HIDROGÊNIO - COMBUSTÍVEL - MOTOR



1. INTRODUÇÃO

Os motores de combustão ciclo Otto liberam diferentes poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono, dióxido de azoto, partículas ultrafinas e compostos orgânicos voláteis que podem ter efeitos negativos não apenas sobre o meio ambiente, mas também sobre a saúde humana.

Além do problema da poluição, os combustíveis fósseis estão se esgotando e futuramente é possível que eles faltem, por isso deve ser feita uma substituição urgente. Esse fato tem impulsionado a necessidade de estudar combustíveis alternativos. Uma boa opção para este problema é substituir os atuais combustíveis pelo hidrogênio, pois ele é facilmente produzido com água e não é poluidor como os outros. O hidrogênio é o mais simples e mais comum elemento do Universo, ele está presente em quase tudo. Estima-se que ele compõe 75% da massa do Universo e 90% de suas moléculas, como a água (H₂O) e as proteínas nos seres vivos. No planeta Terra, compõe aproximadamente 70% da superfície terrestre.

Uma das características mais interessantes do hidrogênio é a flexibilidade na sua obtenção. Por exemplo, através da eletrólise que é economicamente viável e relativamente simples. O processo é realizado utilizando a energia elétrica para quebrar a molécula de água em seus constituintes, o hidrogênio (H₂) e o oxigênio (O₂).

O hidrogênio tem se mostrado uma alternativa com grande potencial como combustível do futuro. Vale ressaltar que em 2009 o Brasil teve seu primeiro ônibus movido a hidrogênio e com isso, abriu caminho para a discussão de comercializar também, automóveis, como ocorreu com a Toyota, que em 2015 lançou o Mirai, primeiro carro com célula de combustível a hidrogênio. Tendo como base a possibilidade de um motor a combustão ciclo Otto funcionar somente com hidrogênio, este trabalho propõe um estudo sobre as modificações necessárias para substituir a gasolina por hidrogênio como fonte de energia para o motor a combustão de ciclo Otto.

2. FUNCIONAMENTO DO MOTOR CICLO OTTO

O motor a combustão interna ciclo Otto é uma máquina que trabalha com os princípios da termodinâmica e com os conceitos de compressão e expansão de fluidos gasosos para gerar força e movimento rotativo. Em 1866 Nikolaus August Otto criou e patenteou o motor que funciona com um ciclo de quatro tempos e com os mesmos princípios até os dias atuais. (BORGNAKKE, 1983)

O motor de combustão interna é uma máquina que absorve ou admite o ar da atmosfera. O sistema de admissão e injeção une estes dois elementos formando a mistura proporcional de ar mais combustível o mais ideal possível e comprime a mesma na câmara de combustão. Após esta mistura estar comprimida pelo pistão, o sistema de ignição, sincronizado com o motor, gera uma centelha elétrica nas velas que estão rosqueadas dentro da câmara inflamando a mistura, gerando uma explosão e conseqüentemente um deslocamento de massa, empurrando assim o pistão para baixo e gerando então força, torque e movimento rotativo. O processo é finalizado com a expulsão dos gases queimados para fora do motor.



2.1. COMBUSTÍVEIS

A gasolina é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos químicos constituídos apenas por átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por produtos oxigenados. Esses hidrocarbonetos são, em geral, mais "leves" do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente de 5 a 10 átomos de carbono). Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados, a gasolina também pode conter compostos de enxofre e compostos contendo nitrogênio. A faixa de destilação da gasolina automotiva varia de 40 a 175 °C.

Diesel ou gasóleo é um óleo derivado da destilação do petróleo bruto usado como combustível nos motores a diesel/gasóleo, constituído basicamente por hidrocarbonetos. O óleo diesel é um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio. O diesel é selecionado de acordo com suas características de ignição e de escoamento, adequadas ao funcionamento dos motores ciclo diesel. É um produto pouco inflamável, medianamente tóxico, pouco volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico.

Álcool combustível pode ser um biocombustível (bioetanol) produzido, geralmente, a partir da cana-de-açúcar, mandioca, batata, milho e beterraba. E pode ser um combustível sintético, produzido de recursos naturais renováveis como carvão (etanol de carvão), madeira (metanol) e de recursos não renováveis (como derivados do petróleo).

Gás natural veicular (GNV) é um combustível disponibilizado na forma gasosa, a cada dia mais utilizado em automóveis como alternativa à gasolina e ao álcool. O GNV diferencia-se do gás liquefeito de petróleo (GLP) por ser constituído por hidrocarbonetos na faixa do metano e do etano, enquanto o GLP possui em sua formação hidrocarbonetos na faixa do propano e do butano.

O hidrogênio no estado natural e sob condições normais, é um gás incolor, inodoro e insípido, quando é queimado com oxigênio puro, os únicos produtos são calor e água. Ele é considerado o combustível do futuro por ser uma fonte de energia renovável, inesgotável e não poluente. (VAN NESS, 1980)



2.2. MOTOR UTILIZADO

O motor utilizado é um Nitro Vertex VX 18, da marca HSP, de rotação 28000 RPM, 2,77CC de cilindrada, com diâmetro do pistão de 15,9 mm, curso do pistão de 14,7 mm e pesa 280 g.



Figura 1: Foto ilustrativa do motor Vertex.

Fonte: <https://www.hobbysquare.com.br/img/hobbysquare.com.br/produto/6120/grande/102060-b.jpg>

2.3. POLUIÇÃO

Considera-se poluente qualquer substância presente no ar que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora. A poluição do ar acontece quando o lançamento de alguma substância na atmosfera, por ação antrópica (do homem) ou natural, torna-a direta ou indiretamente prejudicial à saúde humana ou ao meio ambiente.

Os combustíveis fósseis mais conhecidos são: gasolina, óleo diesel, gás natural e carvão mineral. A queima destes combustíveis é usada para gerar energia e movimentar motores de máquinas, veículos e até mesmo gerar energia elétrica (usinas termoelétricas). A queima destes produtos tem lançado uma grande quantidade de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Por isso, são considerados os grandes responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global. (FELLENBERG, 1980)

Considerando o hidrogênio no estado natural e sob condições normais, ele é considerado um gás inodoro, incolor e insípido. Além disso, quando é queimado com oxigênio puro, os únicos produtos são calor e água e com base nesse princípio, de que os produtos da combustão de hidrogênio são somente água e calor, é que se caracterizou o combustível do futuro, pois ele não emite os principais gases causadores da poluição ambiental (chuvas ácidas, aquecimento global, etc.).



3. GERADOR DE HIDROGÊNIO

Através da eletrólise juntamente com uma válvula separadora estamos gerando hidrogênio limpo de impurezas devido à utilização de água desmineralizada e aproveitando essa geração dentro da câmara de combustão de um motor Ciclo Otto.

Estamos regulando nosso gerador de forma que o mesmo somente gere o que for necessário para consumo evitando assim desperdícios e armazenamento do gás.

Acreditamos que em aplicações que exigem menos torque como um cortador de grama, por exemplo, conseguimos obter eficiências próximas senão maiores que combustíveis já utilizados nos dias de hoje, além do fato de estar agredindo menos o meio ambiente.

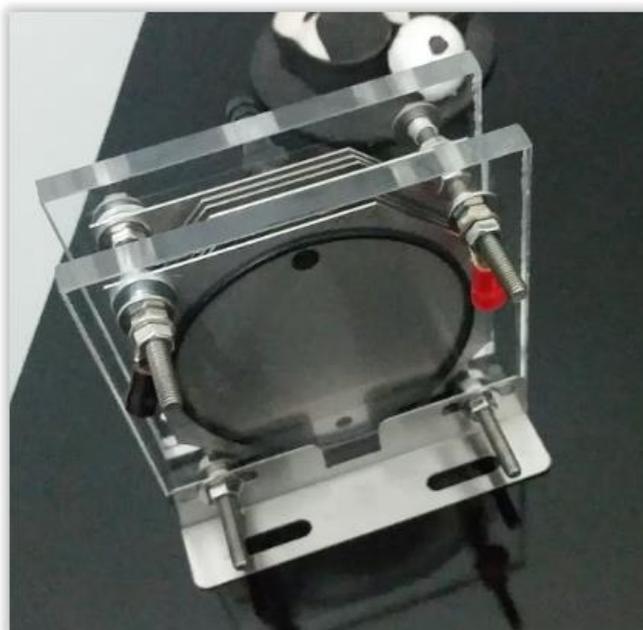


Figura 1: Foto do gerador de hidrogênio.

Fonte: Autoria própria

Se considerarmos os custos envolvidos, nosso gerador pode ser feito com menos de R\$300,00 reais e o combustível pode ser utilizado água no geral tornando assim muito mais barato que qualquer outra fonte de combustível fóssil.

3.1. ELETRÓLISE

A eletrólise é um processo que se baseia na descarga de íons, no qual ocorre uma perda de carga por parte de cátions e ânions. Seus principais tipos são: eletrólise ígnea e eletrólise aquosa.

A eletrólise ígnea ocorre quando a passagem de corrente elétrica se dá em uma substância iônica liquefeita (fundida), isto é, que está no estado líquido sem a presença de água, pois o ponto de fusão dos materiais derretidos geralmente é bem elevado e com isso, dependendo da substância utilizada, esse processo pode ocorrer em altas temperaturas. (BRADY, 1986)



A eletrólise aquosa consiste em uma reação não espontânea provocada pelo fornecimento de energia elétrica, proveniente de um gerador. A eletrólise precisa do gerador de corrente contínua que passará a corrente elétrica por um líquido com íons, que é chamado de eletrólito. Para esse processo, a passagem de energia elétrica por meio de uma solução de um eletrólito dissolvido em água se dá a baixas temperaturas. (BRADY, 1986)

Os eletrólitos são soluções que permitem a passagem de elétron, no entanto, isso não garante que eles possam circular livremente. Ficam imersos nos eletrólitos dois eletrodos, que geralmente são inertes, e podem ser feitos de platina ou de grafita, sendo um deles o cátodo (polo negativo) e o outro é o ânodo (polo positivo). O recipiente onde fica o eletrólito e os eletrodos mergulhados nele, bem como onde ocorre todo o processo de oxirredução, é chamado de cuba eletrolítica. (ROCHA, 2016)

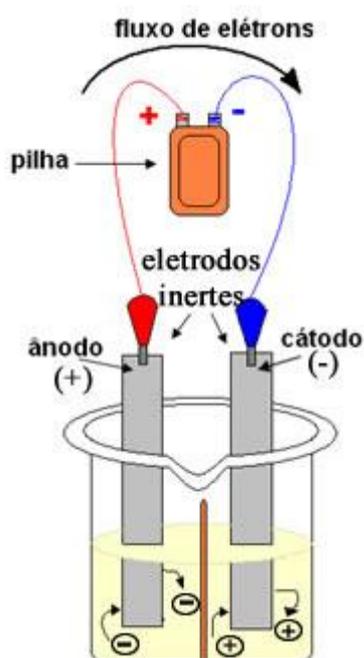


Figura 2: Esquema de como ocorre a eletrólise.

Fonte: <https://biologianet.uol.com.br/upload/conteudo/images/2014/11/cuba-eletrolitica.jpg>

3.2. MATERIAL UTILIZADO

- 7 Placas de Inox 120x120
- 8 Anéis de Vedação 100mm
- 2 Placas de Acrílico 125x125
- 2 Conexões de engate rápido
- 2 Parafusos e Porcas
- 2 Suportes Oblongados para fixação



3.3. FUNCIONAMENTO DO GERADOR

Estamos utilizando uma bateria veicular 12 volts – 60Ah com regulador de tensão afim de diminuir e aumentar a geração do hidrogênio conforme necessário, ressaltamos que estamos consumindo baixa carga da bateria limitando a mesma com regulador tendo em vista a aplicação da mesma será em um motor de baixo torque.

A separação do hidrogênio é feita dentro do próprio gerador onde no seu roteiro a etapa seguinte é a válvula separadora e por fim o mesmo é direcionado a câmara de combustão do motor.



Figura 3: Foto dos componentes essenciais para o gerador de hidrogênio aplicado ao motor ciclo Otto.

Fonte: Autoria própria

Na imagem acima podemos observar o layout da bancada que estamos utilizando para realizar os estudos no laboratório.

3.4. VÁLVULA SEPARADORA

Nessa etapa do processo o gás é retornado para um recipiente o qual denominamos válvula separadora. Esse recipiente contém água, pois devido ao fato do oxigênio ser mais solúvel que o hidrogênio ele tende ser retido pela água deixando o caminho para o hidrogênio subir em maior proporção para a via em direção a câmara de combustão do motor. Mas vale ressaltar que o oxigênio sendo também um gás, o mesmo irá passar para a câmara de combustão, contudo, será em menor proporção.



4. REGULAGEM E MEDIÇÃO

Como em qualquer projeto a medição e controle é extremamente importante para garantir o funcionamento do mesmo e também para a utilização correta das informações coletadas. Foi implementado meios de obter dados e também de potencializa-los. Por meio de componentes eletrônicos e mecânicos conseguimos efetuar ajustes que são essenciais para o funcionamento do gerador de hidrogênio e o motor de automodelo, assim como, as medições tem grande importância como as informações que coletamos e usamos para efetuar as regulagens necessárias, no quesito de monitoramento e obtenção de dados. As informações obtidas são usadas para comprovar a eficiência do combustível utilizado em relação ao combustível anteriormente fóssil.

4.1. POTENCIÔMETRO

Potenciômetro é um componente eletrônico que cria uma limitação para o fluxo de corrente elétrica que passa por ele, e essa limitação pode ser ajustada manualmente, podendo ser aumentada ou diminuída.



Figura 4: Foto ilustrativa do potenciômetro.

Fonte: http://blogmasterwalkershop.com.br/wp-content/uploads/2017/01/img00_arduino_utilizando_potenci%C3%B4metro_linear_10k_nodemcu_esp8266_raspberry.png



Para que seja possível este controle fazemos a ligação no terminal fixo e no terminal cursor do potenciômetro, o que nos permite variar a corrente que chega no gerador de hidrogênio, assim a eletrólise acontece de forma que apenas a quantidade necessária de hidrogênio para o funcionamento do motor ciclo Otto seja gerada.

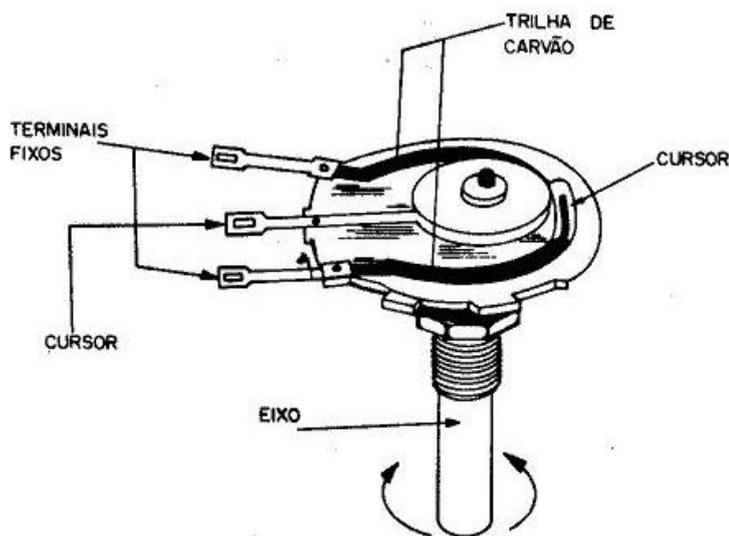


Figura 5: Desenho esquemático do potenciômetro.

Fonte:

https://www.clubedohardware.com.br/applications/core/interface/imageproxy/imageproxy.php?img=http%3A%2F%2Fwww.babooforum.com.br%2Fforum%2Fuploads%2Fmonthly_05_2009%2Fpost-41765-1242794365.jpg&key=2200b208f5537e57e79b2df177da8626327e3244b184af17e3de3b295f091626

4.2. CORTA CHAMA

Dispositivo utilizado para atuar corretivamente em caso de retrocesso de combustão do hidrogênio gerado. Esta situação ocorre quando o hidrogênio em combustão dentro da câmara do motor se alimenta dos gases existentes “dentro” do sistema (motor, mangueira e válvula separadora de hidrogênio), fazendo com que a chama percorra o sentido contrário da operação. Conhecido também por “engolimento de fogo”, o retrocesso ocorre principalmente pela diferença entre as velocidades de saída do gás e a velocidade de queima do mesmo.



Figura 6: Foto ilustrativa da válvula corta chama.

Fonte: <http://www.jcdeletronics.com.br/1a1b9c/kit-10-valvulas-retencao-corta-chama-fogo-hidrovacuo-hidrogenio-hho>



4.3. MEDIDOR DE TENSÃO E AMPERAGEM

Os medidores de tensão e amperagem são os que nos permitem avaliar a quantidade de volts e ampere liberados pela bateria que alimentam o gerador de hidrogênio, nos fornecendo dados estatísticos para saber por quanto tempo conseguiremos manter o gerador de hidrogênio em operação e também cálculos para rendimento do motor com o combustível alternativo.



Figura 7: Foto ilustrativa de um multímetro.

Fonte:

http://lghhttp.57222.nexcesscdn.net/803B362/magento/media/catalog/product/cache/1/image/650x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/m/u/mult_et_1002.jpg



4.4. MEDIDOR DE ROTAÇÃO

Com o auxílio de um tacômetro podemos medir a rotação do eixo de saída do motor, o que nos permite estimar uma velocidade que o protótipo pode atingir e também comparar o combustível alternativo com o indicado pelo fabricante em parâmetros de eficiência em funcionamento e também consumo.



Figura 8: Foto ilustrativa de um tacômetro.

Fonte: <https://img.staticbg.com/thumb/view/oaupload/banggood/images/2D/53/898aae77-77ef-4387-a8d7-157f328712b8.jpg>



4.5. MEDIDOR DE TORQUE

Com o implemento do medidor de torque podemos dizer qual a força que conseguimos alcançar com o nosso motor utilizando o hidrogênio como combustível alternativo. Este medidor é acoplado ao eixo do motor, este tem em si um dispositivo de frenagem que por meio de uma alavanca aciona uma balança que mostra em quilograma o quanto de força peso o motor consegue impor enquanto está em funcionamento em baixa ou alta aceleração.

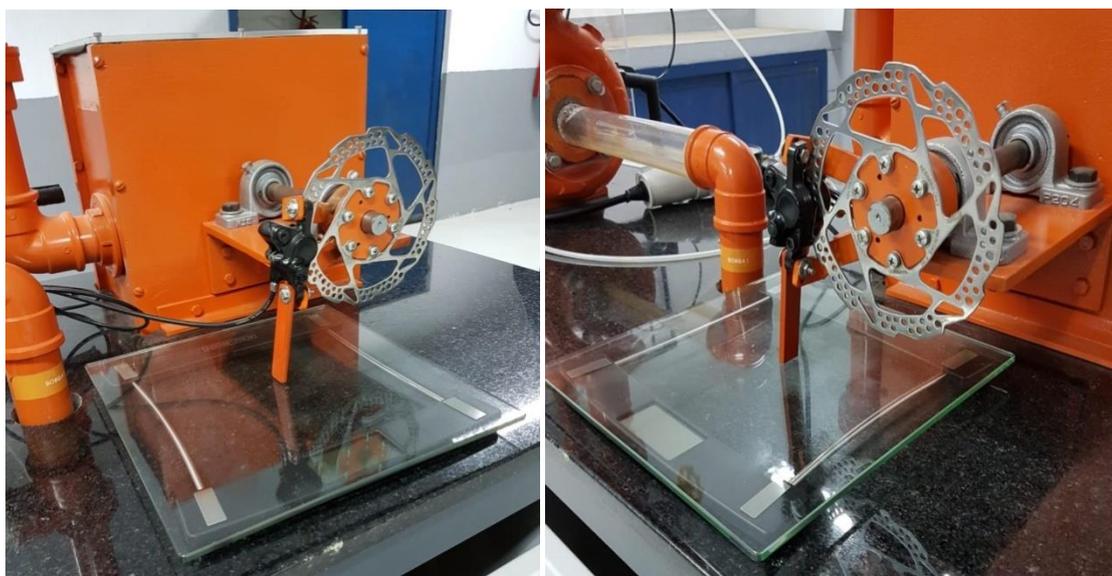


Figura 9: Foto do dispositivo a ser usado para medir o torque alcançado pelo motor.

Fonte: Autoria própria



5. RESULTADO

Por meio de experimentos conseguimos alcançar algumas conclusões que nos direcionou a modificações já existentes e também futuras.

Os primeiros experimentos foram com intuito de conseguir gerar por meio da eletrólise hidrogênio. Este experimento seguiu da seguinte maneira:

Usamos dois recipientes de vidros com tampas metálicas, em um deles colocamos água com soda caustica e duas hastes com superfícies cobreadas. Estas hastes atravessam a tampa metálica que possui vedação para que não haja perda do gás gerado e nas hastes conectamos cabos alimentados por uma tensão de 12 volts de uma bateria de carro. Além dos orifícios para as hastes, há um orifício com uma mangueira que leva ao outro recipiente que apenas contém água. Quando energizamos as hastes podemos concluir que estávamos quebrando as moléculas de água gerando hidrogênio e oxigênio separadamente, porém, no mesmo recipiente. A fim de separar os dois gases e utilizarmos apenas o hidrogênio, dimensionamos uma válvula separadora contendo água onde voltamos com os gases para a mesma e nela através do diferencial de densidade dos gases, é expelido hidrogênio e uma pequena proporção de oxigênio.

Como o hidrogênio é altamente inflamável, onde estavam sendo geradas as bolhas colocamos uma chama e assim houve a combustão do gás que nelas haviam.

Os testes posteriores foram realizados da mesma forma, porém tentamos usar o gás gerado para funcionar um motor ciclo Otto de 350 cc. O motor não funcionou, concluímos com isso que não gerávamos hidrogênio o suficiente para funcionar um motor com uma câmara de tal volume. Por que motivo adquirimos o motor de automodelo para testes.

Construímos um gerador de hidrogênio mais eficiente, com 2 placas negativas tendo em vista que é na mesma que o gás é gerado, logo, conseguimos gerar mais hidrogênio devido maior área em contato com líquido eletrolítico.

Os experimentos realizados após as modificações trouxeram resultados satisfatórios, pois o motor chega a funcionar por instantes durante a geração de hidrogênio em eletrólise realizada apenas com água e para de funcionar, pois estamos em fase de ajuste no controle da quantidade de hidrogênio gerado. Em experimentos onde adicionamos soda caustica a quantidade de hidrogênio gerada é muito maior, pois a reação da soda caustica em contato com a água por si só já quebra as moléculas de H₂O gerando hidrogênio. Quando alimentamos o motor, o mesmo da partida e o gás em combustão da câmara inflama e também o que estava na mangueira.

Devido aos fatos ocorridos nos experimentos anteriores adquirimos uma válvula corta fogo, pois esta impede a queima do gás que não está na câmara do automotor. Assim conseguiremos efetuar uma alimentação contínua e fazer os devidos ajustes na quantidade de hidrogênio gerado por meio do potenciômetro para funcionar o motor ininterruptamente.



6. REFERÊNCIAS

BORGNAKKE, Claus & VAN WYLEN, Gordon & SONNTAG, Richard: Fundamentos da Termodinâmica, 1983.

VAN NESS, Hendrick: Introdução a Termodinâmica da Engenharia Química, 1980.

FELLENBERG, Gunter: Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental, 1980.

BRADY, James: Química Geral, 1986.

ROCHA, Jennifer, Eletrolise, 2016, Disponível em: <<https://manualdaquimica.uol.com.br/fisico-quimica/eletrolise.htm>>, Acesso em: 5 jun. 2018