

## GERADOR DE HIDROGÊNIO

Heverton Antônio da Silva<sup>1</sup>; Mikele Santos da Silva<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)- cursando técnico de Mecânica- [hevsilva@hotmail.com](mailto:hevsilva@hotmail.com).

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)- cursando técnico de Petróleo e Gás- [mikele\\_1@yahoo.com.br](mailto:mikele_1@yahoo.com.br).

### RESUMO

Este estudo está direcionado ao setor de energias renováveis, mais propriamente focado nos geradores de hidrogênio por eletrólise e nos benefícios da queima do hidrogênio como combustível auxiliar. Em primeira instância, serão abordadas algumas

informações básicas e curiosidades a respeito dessa tecnologia e seus constituintes. Será apresentado assim, um breve histórico sobre o gás hidrogênio, suas propriedades, e o embasamento científico referente à eletrólise da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerador de hidrogênio, combustível hidrogênio, eletrolise da água.

---

### 1. INTRODUÇÃO

Mediante as situações nos dias atuais, com a possível chegada aos limites das nossas reservas de combustíveis fósseis, torna-se cada vez mais interessante identificar formas de energias alternativas. Atualmente, a humanidade vive o auge do consumo de combustíveis fósseis e estimativas mostram que se continuarmos usando-as desta forma, tão logo a esgotaremos e conseqüentemente teríamos alterações nas condições climáticas devido a essa queima incontrolável.

O Hidrogênio tem se tornado recentemente a mais importante tecnologia para combustíveis, sendo produzido a partir de fontes renováveis. Contudo, para se obter o hidrogênio, faz-se necessário desenvolver métodos viáveis de produção, pois o principal método industrial de obtenção de hidrogênio requer grandes quantidades de energia para ocorrer, reação de reforma a vapor não é espontânea, [YOUN et al, 2006].

Há várias rotas para produção de hidrogênio, que incluem ciclos termoquímicos, quebra elétrica da água e reforma de combustíveis orgânicos, como gás natural (metano), álcoois (metanol e etanol), biomassa (biogás), gasolina. O desenvolvimento da tecnologia de conversão tem maiores resultados em reforma a vapor do metano, oxidação parcial e reforma auto térmica [FRANCO, 2009].

O hidrogênio não é encontrado na natureza em seu estado molecular, estando sempre associado a outros elementos químicos. Por isso, para poder utilizá-lo como combustível é

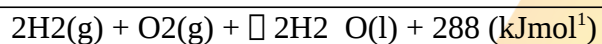
necessário extraí-lo de alguma fonte, sempre com um gasto energético associado. Desta forma o hidrogênio possui parte da energia utilizada para sua obtenção. Essa energia pode ser recuperada de maneira eficiente utilizando processos adequados.

Durante anos, grandes empresas têm investido milhões em pesquisa para desenvolver um veículo que funcione exclusivamente com hidrogênio. Vários modelos já foram apresentados e o mais comum é o veículo que armazena hidrogênio pressurizado num tanque, à semelhança do GNV (Gás Natural Veicular).

Diante do exposto, abordaremos aqui a produção de hidrogênio por meio de eletrólise, com potencial de uso como energia renovável, e assim a sua utilização como combustível na forma de gás auxiliar para queima em veículos automotores.

### 1.1 Hidrogênio

O gás hidrogênio é altamente inflamável e queima em concentrações de 4% a 75% com o ar. A entalpia para a combustão do hidrogênio é de  $(-286 \text{ kJmol}^{-1})$ . Ele reage com o oxigênio do ar de acordo com a seguinte equação:



Quando misturado com oxigênio por uma grande variedade de proporções, o hidrogênio pode explodir por ignição. Nas condições normais de pressão - CNP, o gás hidrogênio entra em ignição automaticamente no ar ao atingir a temperatura de  $585^\circ \text{C}$ . Este valor é alto se comparado com o ponto de autoignição da gasolina padrão que é de  $257^\circ \text{C}$ , de acordo com boletim disponibilizado pela PETROBRAS [2011].

Todos os combustíveis liberam uma quantidade de energia fruto da reação com o oxigênio do ar para formar água. O hidrogênio é o combustível que possui maior quantidade de energia por unidade de massa, se comparado com qualquer hidrocarboneto do petróleo, pois além de ser o combustível mais leve que existe na natureza, tem a vantagem de não ter os pesados átomos de carbono em sua composição. O seu poder calorífico é superior a 2,5 vezes o da gasolina. Isso implica que a quantidade de massa hidrogênio necessária para liberar a mesma quantidade de energia é bem inferior a massa de gasolina.

Devido a essas características o combustível hidrogênio é muito utilizado no lançamento de ônibus espaciais, o qual tem um peso do combustível e um fator limitante. A tabela 01 apresenta

uma comparação entre as propriedades físico-químicas do hidrogênio com as dos hidrocarbonetos, metano e gasolina, conforme Schlapbach, L. & Zuttel, [2001].

Tabela 01: Propriedades físico-químicas do hidrogênio, metano e gasolina.

Propriedade	Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	Metano (CH <sub>4</sub> )	Gasolina (-CH <sub>2</sub> -)
Poder calorífico inferior (kWhkg <sup>-1</sup> )	33,33	13,9	12,4
Temperatura de auto-ignição (°C)	585	540	228-501
Temperatura de inflamabilidade (°C)	2045	1875	2200
Limites de ignição no ar (Vol. %)	4-75	5,3-15	1,0-7,6
Energia mínima de ignição (mJ)	0,02	0,29	0,24
Propagação da chama no ar (ms <sup>-1</sup> )	2,65	0,4	0,4
Coefficiente de difusão no ar (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	0,61	0,16	0,05

Dispondo de uma alta densidade energética, as explosões do hidrogênio são mais rápidas e destrutivas se comparada a dos hidrocarbonetos. Por outro lado, o gás hidrogênio é muito volátil, e quando ocorre um vazamento para a atmosfera o gás se propaga rapidamente no ar e se torna tão escasso que não pode queimar.

Atualmente existem diversas tecnologias para obtenção de hidrogênio, as quais fazem uso das seguintes fontes primárias de energia: térmica, luminosa, ou elétrica. Estima-se que 96 % da produção mundial sejam a partir da reforma de vapor de combustíveis fósseis, sendo que deste total metade utiliza o gás natural como fonte de hidrogênio. Os 4% restantes representam o processo de obtenção por meio da eletrólise da água. Os percentuais referentes aos métodos de obtenção por meio de pirólise de biomassa e fotobiológicos ainda são inexpressivos [SANTOS e SANTOS, 2005].

## 1.2 Eletrólitos

Eletrólito é uma substância que, quando dissolvida em um dado solvente, produz uma solução com uma condutividade elétrica maior que a condutividade do solvente. Considerando como solvente a água, servem de exemplos como eletrólitos: sais (cloreto de sódio), ácidos (ácido sulfúrico) e bases (hidróxido de sódio).

Como mencionado, a produção de H<sub>2</sub> necessita de insumos energéticos razoáveis. Na figura 01, em verde, vemos os insumos energéticos renováveis que, de maneira geral, se apresentam como

fortes alternativas para os combustíveis fósseis. Atenta-se aqui para a reforma a vapor de combustíveis líquidos ou gasosos provenientes da biomassa, como o etanol e o biogás. Devido a grande capacidade de biomassa no Brasil e a considerada simplicidade no método de reforma a vapor, tais processos são vistos com grande consideração. Em laranja estão explicitados os insumos não renováveis. Percebe-se em acordos internacionais de cooperação científica e em Congressos Internacionais que as companhias energéticas baseadas em combustíveis fósseis sugerem fortemente a produção de hidrogênio proveniente de insumos fósseis, alegando maior conhecimento e segurança da tecnologia.

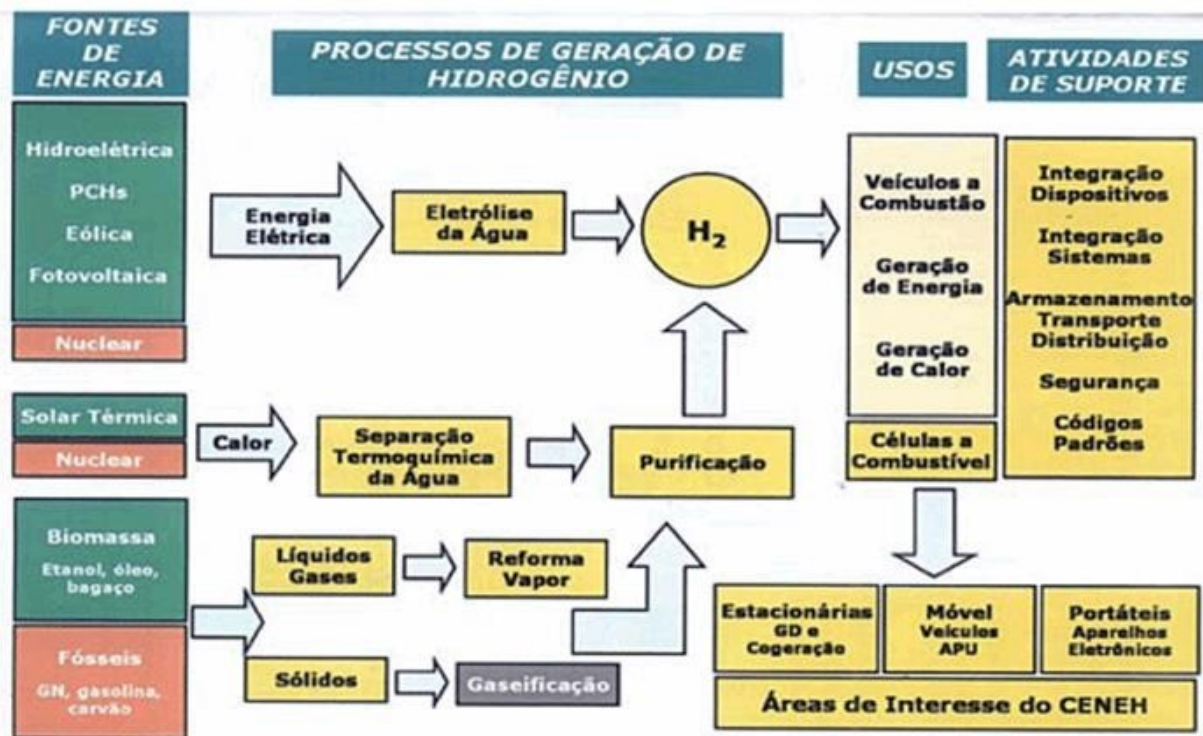


Figura 01: Métodos e utilização de produção de energia através do Hidrogênio.

## 2. METODOLOGIA

O hidrogênio quando queimado com o ar produz menos poluentes atmosféricos que os combustíveis atuais e sua produção através de eletrólise são bem simples, pois utiliza água como matéria prima. Com isso criamos um gerador de hidrogênio usando um cano de PVC com 30 cm de comprimento e 7,5 cm de diâmetro. Retirou-se uma das tampas, utilizou-se essa parte como o "topo" do gerador.

Após estes procedimentos, usamos uma furadeira para fazer um orifício com 1,8 cm de diâmetro, 5 cm abaixo da tampa do topo do gerador. Posicionou-se uma das extremidades do tubo através desse furo e utilizou-se silicone para prendê-la no lugar.

Com o uso de uma serra, cortou-se a chapa de aço em 12 tiras e cada uma contém 7,5 cm de comprimento e 1,8 cm de largura, na qual as mesmas foram alinhadas ao parafuso, após receberem um orifício no topo. Foram feitos dois orifícios a 15 cm da parte superior do gerador de hidrogênio, de modo que fosse possível prender as placas de aço dentro do corpo do gerador. Em seguida, utilizou-se o silicone para impermeabilizar as extremidades e os furos dos parafusos.

Com o cabo da bateria devidamente conectado nas duas extremidades do parafuso, foi montado o gerador de hidrogênio dentro do tubo de PVC, foi adicionado no gerador três colheres de bicarbonato de sódio e água até um nível acima das placas de aço. Depois de tampado na parte superior do dispositivo e conectado o tubo de plástico na mangueira do filtro de ar através do bocal na parte inferior. Finalmente conectaram-se os cabos nos terminais da bateria. A corrente que passa através das placas cria uma reação na água, forçando o hidróxido de hidrogênio através do tubo de plástico na mangueira, dando-se por fim a produção do hidrogênio para uso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O relacionamento com os aspectos teóricos da tecnologia do hidrogênio concluiu-se que a utilização do  $H_2$  como vetor energético, considerando os pontos positivos de usá-lo para isso - baixo impacto ambiental, alta densidade energética, possibilidade de ser armazenado e transportado entre outros - torna o  $H_2$  uma forte possibilidade energética no futuro. Pesquisas que envolvam os mais variados aspectos de sua arte devem ser fomentadas para a maior viabilização de suas tecnologias e possível introdução deste combustível nas matrizes energéticas do globo.

O uso do hidrogênio, como combustível, provoca em geral pouquíssimos impactos ambientais, sendo justamente este o fator que tem promovido os estudos que objetivam uma presença mais significativa deste elemento no consumo de energia de inúmeros países. A queima do hidrogênio junto ao ar provoca praticamente a emissão de  $NO_x$ . Mesmo assim as quantidades emitidas são inferiores aos teores medidos no caso dos combustíveis tradicionais. No uso em células à combustível, a baixa temperatura a emissão de poluentes é quase nula, resultando significativamente apenas água no processo, [TOLMASQUIN, 2003].

Porém, para uma análise ambiental mais profunda do uso do combustível como um todo, devem-se considerar as emissões provocadas na sua geração, armazenamento e transporte, enfim todo seu ciclo de vida.

A produção de hidrogênio com os métodos utilizados ocorre, porém, por falta de recursos, momentaneamente não se pode acompanhar a quantidade de hidrogênio produzida.

#### **4. CONCLUSÃO**

Através desta breve revisão bibliográfica bem como na confecção do gerador de hidrogênio por eletrólise da água, foi possível observar que o hidrogênio se mostra bastante versátil tanto em sua obtenção, quanto em sua utilização. Deste modo, estudos que viabilizem sua produção de forma limpa, como por via eletrólise da água, são de grande interesse para substituição dos combustíveis utilizados atualmente ou principalmente no uso combustível auxiliar, uma vez que possui grande energia em sua combustão e libera apenas vapor d'água como subproduto. A produção de hidrogênio por eletrólise da água é um processo limpo e de certa forma simples, porém emprega o uso de energia no processo o que encarece e inviabiliza a produção em larga escala por este método. Diversos estudos procuram melhorar a produção por eletrólise da água onde destacasse estudos com líquidos iônicos como eletrólito (meio condutor) e, mais recentemente, a utilização da energia vertida não turbinada de usinas hidrelétricas como fonte de energia para o sistema.

#### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Livro :

BOTTON, J. P. Líquidos iônicos como Eletrólitos para Reações Eletroquímicas. 2007, 174 pag. TESE (Ciências dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Abril de 2007.

LONGO, V. A. M. et al. Produção Biológica de Hidrogênio. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, setembro de 2008.

PIETROGRANDE, P.; BEZZECHEI, M., Fuel Processing. In: BLOMEN, L.J.M.J.; MUGERWA, M.N. (Eds). Fuel Cell System, 1ª Ed., New York: Plenum Press, Cap 9, 1993.



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

REIS, L.B., Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção, planejamento, operação e análise de viabilidade, 3ª Ed., Manole, 2003

SALIBA-SILVA, M. A; Linardi, M. Hidrogênio Nuclear – Possibilidades para o Brasil. Centro de células a combustível e hidrogênio, instituto de Pesquisa e Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) São Paulo, 2009.

SILVA, E.P., Introdução à Economia de Hidrogênio, 1ª Ed., Editora da Unicamp, 204 p., 1991.

TOLMASQUIM, M.T., Fontes Renováveis de Energia no Brasil, 1ª Ed., Editora Interciência, 2003.



**[www.conepetro.com](http://www.conepetro.com.br)**  
**.br**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)