

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO  
LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL EM TÉCNICAS LABORATORIAIS  
EM SAÚDE

Rodrigo Studart Pereira Gama Rodrigues

CÉLULA DE HIDROGÊNIO E FONTES ENERGÉTICAS NÃO POLUENTES: um estudo  
das vantagens da aplicação como substituta do motor a combustão interna

Rio de Janeiro

2010

Rodrigo Studart Pereira Gama Rodrigues

CÉLULA DE HIDROGÊNIO E FONTES ENERGÉTICAS NÃO POLUENTES: um estudo  
das vantagens da aplicação como substituta do motor a combustão interna

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola Politécnica de Saúde Joaquim  
Venâncio como requisito parcial para  
aprovação no curso técnico de nível médio em  
Saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Orientador: Jairo Dias de Freitas

Rio de Janeiro

2010

Rodrigo Studart Pereira Gama Rodrigues

CÉLULA DE HIDROGÊNIO E FONTES ENERGÉTICAS NÃO POLUENTES: um estudo  
das vantagens da aplicação como substituta do motor a combustão interna

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola Politécnica de Saúde Joaquim  
Venâncio como requisito parcial para  
aprovação no curso técnico de nível médio em  
Saúde com habilitação em Análises Clínicas.

Aprovado em: 13/12/2010

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Tânia de Oliveira Camel – LABFORM/EPSJV/FIOCRUZ

---

Prof.<sup>a</sup> Emanuele Amorim Alves – LATEC/EPSJV/FIOCRUZ

---

Prof. Dr. Jairo Dias de Freitas – LABFORM/EPSJV/FIOCRUZ

## RESUMO

Uma das questões mais discutidas entre os líderes dos maiores governos do planeta é a questão ambiental. Atualmente o aquecimento global vem se agravando a cada dia e impõe uma grande ameaça tanto ao meio ambiente quanto para os seres que o habitam. Os principais agentes responsáveis pelo aumento do aquecimento global são os gases estufa. Dentre eles o de maior importância atualmente é o gás carbônico. Além de ser danosa ao meio ambiente a poluição por gás carbônico causa prejuízo também à saúde de pessoas expostas continuamente a grandes quantidades desse gás. A poluição de gás carbônico é resultado de três principais fontes: indústria, usinas termelétricas e veículos. A substituição do motor a combustão interna nos veículos por uma alternativa levaria a diminuições gigantescas dos níveis de emissão de gases poluentes, resultando em vantagens para a saúde e para o meio ambiente. A Célula de Hidrogênio é uma substituta renovável e limpa com aplicação possível em veículos capaz de resolver os atuais agravos às condições do ar em áreas de grande densidade populacional e atenuar as consequências do aquecimento global ao meio ambiente. Tendo a hidrólise como processo de obtenção do hidrogênio e a energia fornecida para a execução desta vinda de placas solares é possível criar um sistema de abastecimento eficiente, sustentável e praticamente 100% limpo.

Palavras-Chave: Célula de Hidrogênio. Sustentabilidade. Energia. Poluição e Saúde.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Matriz energética brasileira.....         | 10 |
| Figura 2 Matriz energética mundial.....            | 11 |
| Figura 3 Variação da temperatura global.....       | 12 |
| Figura 4 Emissões de CO <sub>2</sub> .....         | 12 |
| Figura 5 Região Metropolitana de São Paulo.....    | 14 |
| Figura 5 Comparativo de células a combustível..... | 16 |
| Figura 6 Célula de eletrólito polimérico.....      | 18 |

## **LISTA DE SIGLAS**

RMSP Região Metropolitana de São Paulo

IRA Insuficiência Respiratória Aguda

PAFC Células a Combustível de Ácido Fosfórico

AFC Células a Combustível Alcalinas

PEFC Células a Combustível de Eletrólito Polimérico

DMFC Células a Combustível de Metanol Direto

SOFC Células a Combustível de Óxido Sólido

MCFC Células a Combustível de Carbonatos Fundidos

NASA National Aeronautics and Space Association

CCDE Coordenação de Comunicação, Divulgação e Eventos

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2 POLUIÇÃO, MEIO AMBIENTE E SAÚDE.....</b>                             | <b>9</b>  |
| 2.1 O CICLO ENERGÉTICO.....   | 9         |
| 2.2 O EFEITO DA POLUIÇÃO SOBRE A SAÚDE.....                               | 9         |
| 2.3 A IMPORTÂNCIA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL EM CASOS COMO O DA<br>RMSP..... | 13        |
| <b>3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA CÉLULA DE HIDROGÊNIO.....</b>                | <b>15</b> |
| 3.1 A CÉLULA A COMBUSTÍVEL.....   | 15        |
| 3.2 OS VÁRIOS TIPOS DE CÉLULA A COMBUSTÍVEL.....                          | 15        |
| 3.3 FUNCIONAMENTO DA CÉLULA DE HIDROGÊNIO.....                            | 17        |
| 3.4 A POLÊMICA DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO.....                             | 18        |
| 3.5 ENERGIA SOLAR.....  | 19        |
| 3.6 ENERGIA EÓLICA.....   | 20        |
| <b>4 RESULTADOS DA PESQUISA.....</b>                                      | <b>21</b> |
| 4.1 CONSTRUÇÃO DO FOLDER.....   | 21        |
| 4.2 ELABORAÇÃO DO SEMINÁRIO.....  | 22        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>APÊNDICE A – FOLDER.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>APÊNDICE B – SEMINÁRIO.....</b>  | <b>38</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Sempre tive grande interesse na área de exatas e em novas tecnologias. Esse interesse decorreu da boa capacidade de dedução, indução e raciocínio lógico que eu possuía, o que se convertia em bons resultados nessas matérias de conteúdo exato. A partir desta minha paixão por Química, Física e Matemática vislumbrei a oportunidade de escrever um trabalho que se relacionasse com essas matérias, que fosse atual e que sustentasse alguma relação com a área de saúde. A partir disso uma tecnologia especial me atraiu, a Célula de Hidrogênio. Toda a estrutura e funcionamento dela fizeram com que eu pensasse nesse trabalho e de que modo sua aplicação seria benéfica. A partir de tal pensamento me deparei com um problema em especial que ela poderia abrandar, o da poluição.

Os grandes níveis de poluição resultantes da utilização do motor de combustão interna nos veículos ameaçam o ambiente e se refletem em agravos na saúde humana em áreas afetadas. Um bom exemplo dessas consequências é o alto nível de poluição na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) que vem aumentando em paralelo com problemas de saúde relacionados ao sistema respiratório da população local. Para resolver essa questão, que só tende a piorar com o crescimento da demanda por energia, decidi considerar a utilização da célula a combustível como fonte de energia dos automóveis, avaliando a viabilidade da implementação e os benefícios trazidos por esta.

Este trabalho aborda o funcionamento da Célula de Hidrogênio, da energia solar e da eólica, avaliando os benefícios da implementação de tais fontes na RMSP e o atual desenvolvimento das tecnologias em comparação com as atuais fontes energéticas baseadas em combustíveis fósseis. Também discute o conceito da formação de energia nos processos, o excedente de cada método e o respectivo impacto no meio ambiente.

O objetivo geral do trabalho foi o de evidenciar os impactos ambientais provenientes dos combustíveis fósseis, apresentando os reflexos dessa poluição na natureza e na saúde da população de áreas poluídas para avaliar as vantagens de uma proposta de substituição do sistema de suprimento energético atual por um sistema de fornecimento energético limpo em automóveis. Uma fonte energética 100% limpa seria aquela que não deixa resíduos nocivos ao meio-ambiente ou aos seres vivos que nele habitam.

Como objetivo específico, procurou-se entender e explicar detalhadamente o funcionamento da célula a combustível de eletrólito polimérico, incluindo a eletrólise e os processos de obtenção de hidrogênio, e estudar a viabilidade atual da implementação de tal

mecanismo no lugar do motor a combustão interna abastecido por petróleo, ressaltando os problemas para implementação e as vantagens trazidas para a RMSP.

A partir da construção de tal conhecimento científico um dos resultados que foi estipulado era a elaboração de um folder com o conteúdo resumido para a divulgação da pesquisa e um seminário introdutório ao conteúdo para alunos do 9º ano e 1º do Ensino Médio.

O caminho seguido foi o de levantar evidências de impacto ambiental da poluição gerada pelo motor as combustões internas, relacionando estas ao aumento do número de doenças respiratórias através de dados coletados de artigos que tratem desta relação. Buscou-se também, através das leituras, comparar os vários tipos de célula a combustível e métodos de obtenção do Hidrogênio para descobrir o sistema que traz mais benefícios em comparação com o motor a combustão interna ao mesmo tempo em que é viável do ponto de vista do rendimento e segurança para o homem que opera o veículo através de uma explicação do funcionamento de tais mecanismos. Com isso, pode-se opinar sobre uma possível proposta de substituição do motor a combustão interna em veículos, visando à melhoria da condição de vida da população da RMSP e a diminuição dos impactos ambientais atuais.

## 2 POLUIÇÃO, MEIO AMBIENTE E SAÚDE

### 2.1 O CICLO ENERGÉTICO

Toda a natureza é composta de ciclos, uma vez que a contínua existência do processo é um objetivo. Tais ciclos podem ser muito amplos como o ciclo do carbono, do fósforo e do nitrogênio ou podem ser menores e mais específicos como o ciclo de vida de uma espécie: crescer e se reproduzir. Tendo sempre como objetivo a manutenção e preservação do próprio ciclo. Quando tratamos de energia a situação não é diferente. Se quisermos que haja uma continuidade no processo precisamos estabelecer um ciclo. Atualmente os combustíveis fósseis compõem a maior parcela da nossa matriz energética e claramente a utilização destes impede qualquer tipo de ciclo, já que sua quantidade é limitada. Além disso, a poluição que eles geram influi em outro ciclo: o ciclo de vida de várias espécies e na saúde destas.

### 2.2 O EFEITO DA POLUIÇÃO SOBRE A SAÚDE

Quando o ar que respiramos está poluído todas as substâncias poluentes que estão nele vão para dentro do nosso corpo. A passagem de tantos agentes desconhecidos por nosso trato respiratório pode causar várias consequências. Estudos mostram que os efeitos da poluição do ar se manifestam em geral sob forma de doenças crônicas, prejudicando a qualidade de vida das populações afetadas, ou podem, em situações extremas, levar ao aumento da mortalidade nas áreas de maior concentração de poluentes. Um exemplo é o do monóxido de carbono que ao chegar aos alvéolos pulmonares reage com a hemoglobina das hemácias e forma uma ligação forte com elas, impedindo que o oxigênio seja levado por essas hemácias para o resto do corpo. Asma, Câncer e Insuficiência Respiratória Aguda (IRA) são alguns exemplos de doenças que têm sua incidência aumentada com o aumento de poluição. (SANTOS et al, 2007)

Uma boa parte da poluição do ar vem de grandes indústrias; porém em cidades centradas no setor terciário a maior parte da poluição é gerada pelos automóveis, que são movidos por motores de combustão interna. Para se locomover esses automóveis queimam combustível para gerar explosões que vão empurrar os mecanismos internos. Assim, ao queimar os combustíveis fósseis diferentes gases poluentes são liberados na atmosfera e

consequentemente são inalados por nós. O maior responsável pela poluição da atmosfera é o gás carbônico, o principal gás liberado pelos automóveis.

Atualmente com os aumentos exponenciais nas frotas de todas as cidades do mundo, mas principalmente nas grandes metrópoles, os níveis de emissão de gases poluentes, em especial do gás carbônico, vêm crescendo constantemente e junto com eles os casos de doenças respiratórias crônicas. (SANTOS et al, 2007)

Nossa matriz energética é suprida em sua grande maioria por fontes energéticas poluentes e não renováveis. Alguns países, como o Brasil, já estão adotando fontes renováveis, apesar de ainda ignorarem a questão ambiental.

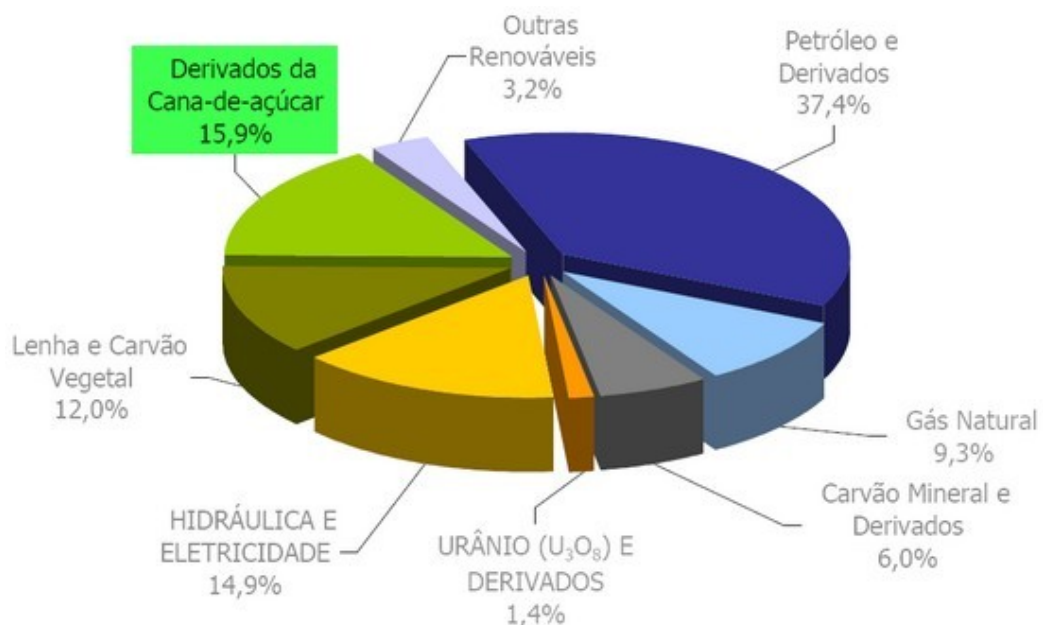


Figura 1 – Matriz Energética Brasileira

Fonte: União da Indústria de Cana-de-Açúcar, 2008 <<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode={7E2BFB4F-7523-497E-AF98-EF308B737F3F}>>

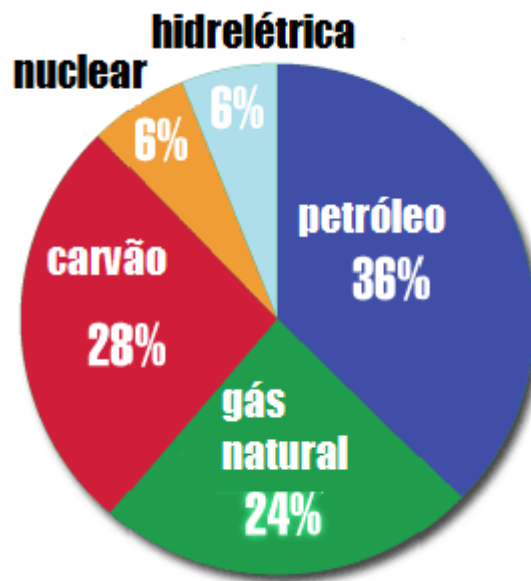


Figura 2 – Matriz Energética Mundial  
 Fonte: WILD, Matthew, 2010. < <http://peakgeneration.blogspot.com/2010/05/its-worse-than-you-think-plotting.html>>

Tanto o gás natural, como o carvão e o óleo são resíduos biológicos de alguma espécie e derivam do carbono. O carbono em estado de oxidação máxima se apresenta na forma de  $\text{CO}_2$ , quando seu Nox atinge o valor de +4. Para extrair a energia de todos esses derivados do carbono o homem realiza a queima destes, se valendo da energia térmica que pode ser transformada em cinética através de turbinas ou pistões e futuramente, dependendo do processo, em elétrica através de geradores. A utilização de lenha, carvão vegetal e derivados da cana-de-açúcar no Brasil, apesar de renovável é também poluente, já que a queima destes também leva a produção de  $\text{CO}_2$  que é lançado na atmosfera. A energia hidrelétrica, apesar de uma alternativa muito eficiente e interessante, provoca grandes destruições de ambientes naturais, tem caráter limitado e ocupa grande parte da já pouca água potável disponível no mundo. A produção de energia nuclear, apesar de produtora de excedentes controláveis, cria um lixo eterno que em grandes quantidades pode virar um problema impossível de se lidar e que tem consequências gravíssimas para qualquer ser biológico que entre em contato com ele.

As fontes de energia que deveriam ser à base de uma matriz sustentável, que são eólica e solar não somam nem 1% do fornecimento de energia mundial, quadro que precisa começar a mudar se quisermos que os futuros habitantes do planeta consigam sobreviver.

Nos gráficos a seguir se pode verificar que a fonte de energia mais utilizada é o petróleo e conseqüentemente é também o que mais contribui para a poluição.

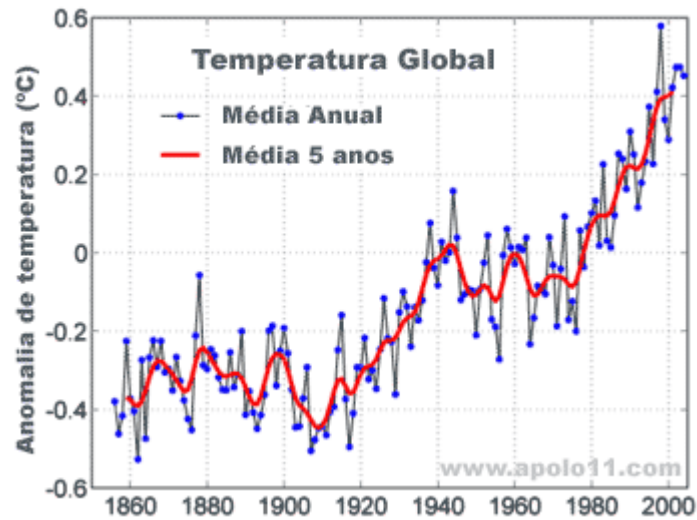


Figura 3 - Variação da Temperatura Global

Fonte: APOLLO11, 2007 <[http://www.apolo11.com/mudancas\\_climaticas.php?titulo=Aquecimento\\_Global\\_2007\\_sera\\_o\\_ano\\_mais\\_quente\\_da\\_historia&posic=dat\\_20070105-100113.inc](http://www.apolo11.com/mudancas_climaticas.php?titulo=Aquecimento_Global_2007_sera_o_ano_mais_quente_da_historia&posic=dat_20070105-100113.inc)>

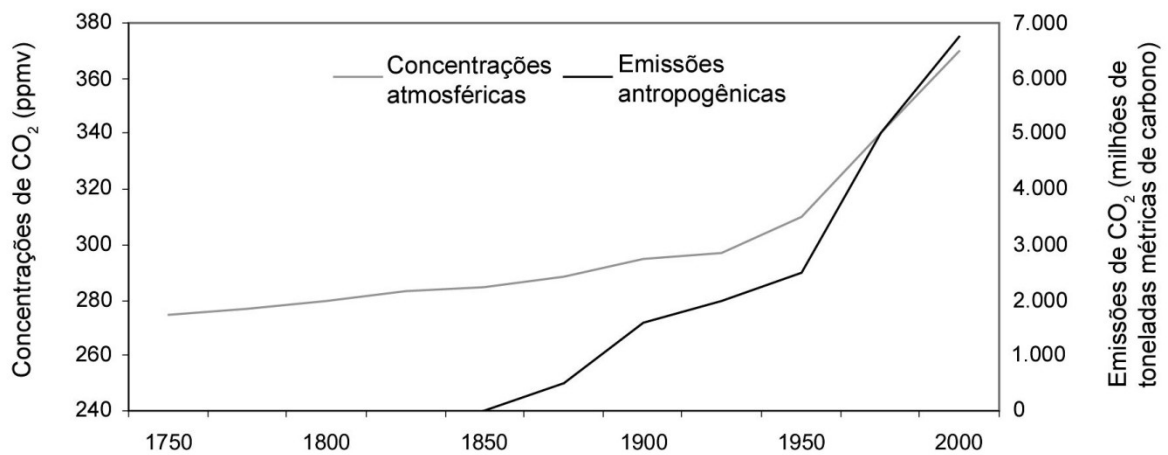


Figura 4 – Emissões de CO<sub>2</sub>

Fonte: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, [2010?] <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/Quais-sao-as-principais-fontes-de-gases-de-efeito-estufa-decorrentes-das-atividades-humanas-11/3>>

A curva de emissões do CO<sub>2</sub> se relaciona de maneira simétrica com a de aumento da temperatura global, fornecendo dados de correlação que comprovam os dados teóricos do efeito estufa que tal gás realiza.

Os principais agentes emissores de CO<sub>2</sub> são as usinas termelétricas, as indústrias e os meios de transporte. A maior parte do consumo do petróleo e seus derivados se dá nos

automóveis. Para diminuir a poluição do meio ambiente, amenizar os efeitos do aquecimento global e possibilitar a existência de um ciclo energético é preciso fazer a substituição do motor à combustão interna por outra fonte de energia que seja capaz de movimentar nossos veículos. Uma das alternativas possíveis para resolver esse problema é a substituição do motor à combustão interna pela Célula a Combustível.

### 2.3 A IMPORTÂNCIA DA CÉLULA COMBUSTÍVEL EM CASOS COMO O DA RMSP

A Região Metropolitana de São Paulo é a região de maior densidade populacional do Brasil. Ela é também a região que tem a maior frota de veículos do país e um dos piores índices de qualidade do ar, sendo um dos centros urbanos mais poluídos do mundo. Nela circulam 25 mil ônibus movidos a diesel, o combustível mais nocivo dentre os derivados de petróleo.

Consequentemente as internações por doenças respiratórias e os casos de doenças crônicas na RMSP lideram os rankings do país. Entre os males causados pelo excesso de poluentes estão principalmente problemas no aparelho respiratório, como sinusite, rinite alérgica, bronquite, asma e enfisema pulmonar, além de conjuntivite, irritação nos olhos e nas mucosas. Tal diminuição drástica da qualidade de vida dos habitantes elege tal região como uma das melhores no país para a substituição do motor a combustão interna pela Célula a Combustível, não só por questões ambientais, mas principalmente por questões de saúde. (TICIANELLI et al, 2002)



Figura 5 – Região Metropolitana de São Paulo

Fonte: Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA, 2007 <<http://www.emplasa.sp.gov.br/portalemplasa/ortofotos/articulacao.asp>>

### 3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA CÉLULA DE HIDROGÊNIO

#### 3.1 A CÉLULA A COMBUSTÍVEL

Uma célula a combustível é uma célula eletroquímica, basicamente uma bateria eletroquímica em que é consumido um combustível e é liberada energia. A principal diferença da célula a combustível para pilhas e baterias é que os reagentes não estão contidos no interior do sistema, não fazem parte da estrutura funcional da célula, mas são armazenados externamente. A célula produz energia elétrica na medida em que os reagentes vão sendo inseridos no sistema. O combustível é constantemente oxidado no anodo enquanto o oxigênio é reduzido no catodo. A reação que caracteriza o processo de obtenção de energia da célula a combustível é uma reação de oxidação e redução, na qual o deslocamento de elétrons é aproveitado em forma de corrente, transformando a energia química de uma reação espontânea em energia elétrica.

As células a combustível têm a vantagem de serem altamente eficientes, pouco poluentes e extremamente silenciosas. Podem ser utilizadas como sistemas de emergência, em zonas onde não existe rede elétrica, em aparelhos portáteis e veículos. Sua principal desvantagem é o alto custo, atualmente. Por causa disso, investimentos em pesquisa de barateamento de produção são de extrema importância para a aplicação das células no lugar dos motores a combustão interna. As células a combustível são amplamente utilizadas pela National Aeronautics and Space Association (NASA), assim como a energia solar, e já dão prova de sua extrema utilidade, só é preciso colocá-las a preço de mercado.

O hidrogênio é usado como combustível principal não sendo uma fonte primária de energia. Infelizmente sua grande instabilidade e reatividade tornam complexo o armazenamento e utilização tão próximos ao homem. A produtividade em larga escala também conta como um obstáculo. A sua utilização se dá pela grande quantidade de energia fornecida por massa que ele possui, o que leva à geração de correntes potentes o suficiente para o funcionamento, por exemplo, de carros. (TICIANELLI et al, 2002)

#### 3.2 OS VÁRIOS TIPOS DE CÉLULA A COMBUSTÍVEL

A classificação das células a combustível é geralmente feita segundo o eletrólito utilizado nelas ou pela temperatura de operação das mesmas. Separando por temperatura

temos as *células de combustível de baixa temperatura* e as *células de combustível de alta temperatura*. Existem quatro mais comuns do grupo de baixa temperatura e duas de alta temperatura. Dentre as de baixa temperatura temos as *células a combustível de ácido fosfórico* (PAFC) de eletrólito de ácido fosfórico e temperatura de operação entre 160°C e 220°C; as *células a combustível alcalinas* (AFC) de eletrólito de uma solução concentrada de KOH e temperatura de operação próxima a 80°C; as *células a combustível de eletrólito polimérico* (PEFC) em que o eletrólito é uma membrana polimérica sintética que opera em temperaturas que variam entre 85°C e 105°C e as *células a combustível de metanol direto* (DMFC) que também usam a membrana polimérica como eletrólito e operam por volta de 100°C, mas são nomeadas de acordo com o combustível utilizado nelas, que não é o hidrogênio. As duas principais que operam sob temperaturas elevadas são as *células a combustível de óxido sólido* (SOFC) de eletrólito composto por um óxido condutor de íons e temperatura de operação por volta dos 900°C e as *células a combustível de carbonatos fundidos* (MFC) com eletrólito feito de uma mistura de carbonatos de sódio, lítio e potássio, operando em temperaturas por volta de 700°C. (TICIANELLI et al, 2002)

| Tipo de célula               | Eletrólito e espécie que transporta a carga  | Temperatura de operação / °C | Reações  |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| Ácido fosfórico (PAFC)       | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (90-100%)<br>(H <sup>+</sup> )  | 160-220                      | H <sub>2</sub> → 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup><br>1/2O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O   |
| Alcalina (AFC)               | KOH (30-50%)<br>(OH <sup>-</sup> )   | <100                         | H <sub>2</sub> + 2OH <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup><br>1/2O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> → 2OH <sup>-</sup>   |
| Eletrólito polimérico (PEFC) | membrana de Nafion® (H <sup>+</sup> )  | 60-120                       | H <sub>2</sub> → 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup><br>1/2O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O   |
| Metanol direto (DMFC)        | membrana de Nafion® (H <sup>+</sup> )  | 60-120                       | CH <sub>3</sub> OH + H <sub>2</sub> O → CO <sub>2</sub> + 6H <sup>+</sup> + 6e <sup>-</sup><br>3/2O <sub>2</sub> + 6H <sup>+</sup> + 6e <sup>-</sup> → 3H <sub>2</sub> O                       |
| Óxido sólido (SOFC)          | ZrO <sub>2</sub> (O <sup>2-</sup> )  | 800-1000                     | H <sub>2</sub> + O <sup>2-</sup> → H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup><br>1/2O <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → O <sup>2-</sup>   |
| Carbonato fundido (MCFC)     | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> / K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) | 600-800                      | H <sub>2</sub> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> → H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup><br>1/2O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> |

Figura 6 – Comparativo de Células a Combustível  
Fonte: TICIANELLI et al, 2002

Algumas células combustíveis não são interessantes para a aplicação em automóveis e outras são inviáveis em uma proposta de sustentabilidade, preservação do meio ambiente e da saúde dos usuários. As PAFC são as células de combustível que se encontram em estado mais avançado de desenvolvimento, operam a baixas temperaturas e não geram poluentes, sendo

uma das melhores opções para uma proposta de desenvolvimento sustentável. As AFC são as que apresentam melhor desempenho atualmente, mas seu eletrólito reage facilmente com CO<sub>2</sub> da atmosfera, inviabilizando a utilização em veículos. As PEFC são as mais utilizadas em altos níveis tecnológicos, como por exemplo, pela NASA. A membrana quimicamente inerte em quaisquer meios oxidantes ou redutores e sua alta condutividade de carga positiva permitem um dos processos mais puros e leva a altíssimos rendimentos. Tanto as DMFC quanto as MCFC são totalmente desinteressantes por produzirem CO<sub>2</sub> nas suas reações, anulando completamente qualquer proposta de sustentabilidade que as utilize. As SOFC também são interessantes, mas não tem um rendimento tão alto quanto as PAFC e as PEFC, além de serem as que operam nas mais altas temperaturas, tornando necessário uma maior precaução na utilização próxima a seres humanos. Levando em conta tais características a escolha pelas PAFC ou pelas PEFC é a mais pertinente numa elaboração de proposta de desenvolvimento sustentável pautado num ciclo energético e por isso explicarei mais detalhadamente o processo que ocorre nelas. (TICIANELLI et al, 2002)

### 3.3 FUNCIONAMENTO DA CÉLULA DE HIDROGÊNIO

O hidrogênio, que está se locomovendo sob alta pressão, passa por um eletrólito que é isolado eletricamente. Essa barreira impede a passagem de elétrons, porém é preciso que eles cheguem ao outro lado para que ocorra a reação e a alta eletronegatividade do oxigênio também os atrai para o outro lado. Além disso, antes do anodo o hidrogênio passa por um catalisador (platina) que estimula a separação, fazendo com que esses elétrons se separem do hidrogênio, que fica livre para passar por dentro do eletrólito. Os elétrons então seguem para o outro lado por um caminho oferecido. Esse caminho é um circuito externo. Com a passagem de elétrons pelo circuito gera-se uma corrente da qual se obtém a energia para o funcionamento do veículo.

O funcionamento das PAFC é praticamente idêntico ao das PEFC, sendo caracterizado pelas mesmas reações catódicas, anódicas e rendimento muito semelhante.

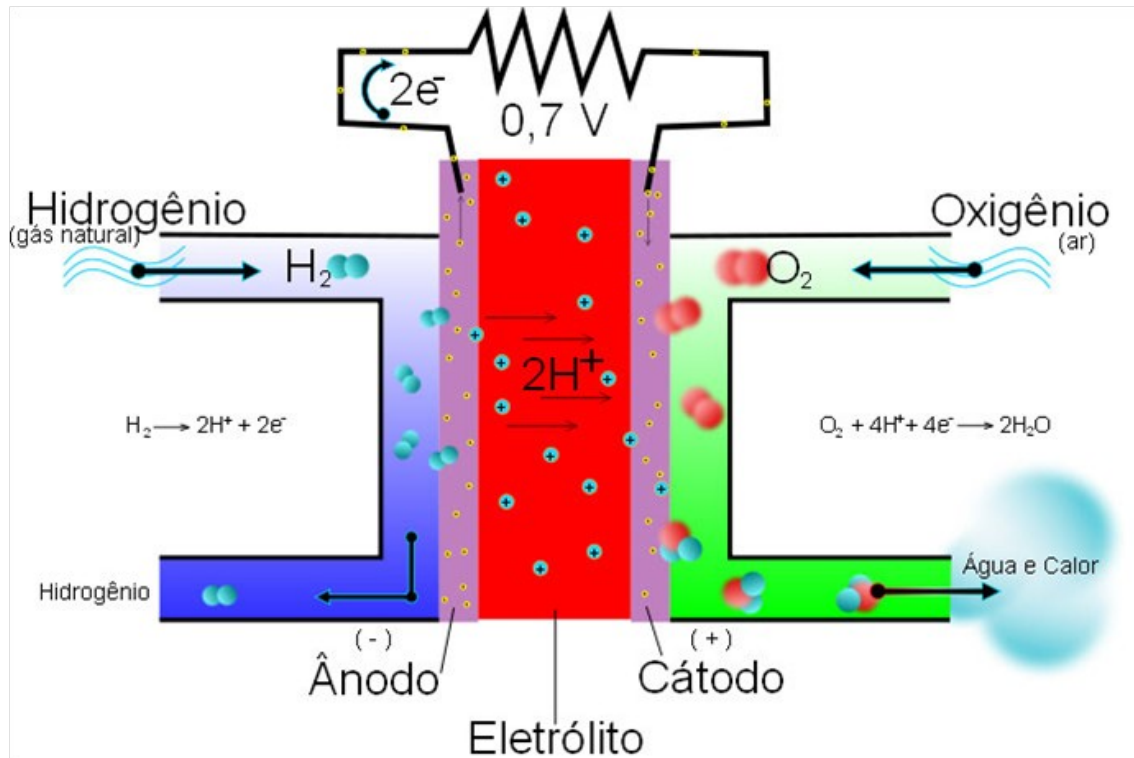


Figura 7 – Célula de Eletrólito Polimérico

Fonte: AUTOBLOG, 2008 < <http://autoblog.jrmania.com.br/index.php/categoria-geral/energia-limpa-e-o-carro-do-futuro-hidrogenio/>>

### 3.4 A POLÊMICA DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

O hidrogênio é uma fonte de energia que pode ser fabricada de outras fontes de energia, denominado então um “vetor energético”. Críticos do estágio atual desta tecnologia dizem que a energia que precisa “criar” o combustível em primeiro lugar pode reduzir a eficiência final do sistema, porque normalmente as perdas na criação de tal combustível não são consideradas nos cálculos.

A energia usada para produzir o hidrogênio também tem de vir de uma fonte energética limpa para que todo o processo possa ser considerado não poluente, caso contrário não faria qualquer sentido a sua utilização, já que estaríamos movendo a poluição do processo de utilização prático para o processo de produção. É possível produzir o hidrogênio através de processos biológicos controlados (algas e bactérias), de reações químicas de hidrocarbonetos (metano), eletrólise da água (processo eletroquímico) ou reações nucleares em alta temperatura. O processo de hidrólise (eletrólise da água) caracteriza-se pela passagem de uma corrente elétrica pela água, onde o fornecimento de energia estimula a reação não espontânea de separação da molécula de água em gás hidrogênio e gás oxigênio. O hidrogênio criado a partir da eletrólise da água é altamente eficiente e o único que pode ser produzido de maneira

extremamente limpa e renovável. Por isto esse trabalho adotou a hidrólise que se utiliza de energia elétrica obtida dos ventos ou da luz solar como fonte de hidrogênio ideal de um sistema de células a combustível. (MONTEIRO, 2007)

### 3.5 ENERGIA SOLAR

O Sol é uma fonte inesgotável de energia e é a raiz de todas as outras formas de energia presentes na terra. Além da energia que ele oferece para a manutenção da vida de todas as formas biológicas do planeta é possível utilizar sua radiação para gerar energia elétrica.

Energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa proveniente do Sol, e posterior transformação dessa energia captada em alguma forma utilizável pelo homem, seja diretamente para aquecimento de água ou ainda como energia elétrica ou mecânica. Ela é uma das mais promissoras fontes de energia alternativa atualmente, já que praticamente não polui o ambiente, é renovável e o total de potencial energético oferecido pelo Sol equivale a dez mil vezes o consumo mundial de energia.

Transformar energia solar em elétrica depende fundamentalmente de uma unidade chamada de célula fotovoltaica, que converte diretamente a radiação solar em eletricidade. Os primeiros estudos sobre esses componentes foram realizados em 1839 e em 1876 o primeiro equipamento fotovoltaico foi montado. As células fotovoltaicas são constituídas basicamente de materiais semicondutores que ao absorverem luz geram uma diferença de potencial entre as suas extremidades. O silício é o material mais empregado. Ele está entre os oito elementos químicos mais abundantes do planeta ao lado do ferro, do oxigênio, magnésio, níquel, enxofre, cálcio e alumínio e tem sido amplamente explorado para diversas utilizações.

A célula fotovoltaica é uma aplicação prática do efeito fotoelétrico, descoberto em 1887 pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz e explicado em 1905 por Albert Einstein. Quando a luz incide sobre certas substâncias, excita elétrons que passam a circular livremente de átomo para átomo, formando uma corrente que pode ser armazenada. No começo de seu desenvolvimento as placas solares tinham custos exorbitantes e eram utilizadas exclusivamente pela NASA em satélites espaciais. Com o passar do tempo a energia solar foi ganhando importância conforme as questões ambientais e a necessidade de fontes renováveis foi crescendo. Por causa disso várias indústrias de petróleo e energia começaram a investir na área de energia solar. Atualmente o custo médio da energia solar caiu para US\$ 8,00/W e já começa a se aproximar de um valor competitivo no mercado.

### 3.6 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é a energia que provém do vento. A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos ou para bombear água.

Atualmente através de grandes turbinas associadas a geradores é possível transformar a energia mecânica do vento em energia elétrica. Quando vários mecanismos como esse são ligados a uma central de transmissão de energia, temos uma central eólica. A quantidade de energia produzida por uma turbina varia de acordo com o tamanho das suas hélices e, claro, do regime de ventos na região em que está instalada. Essa produção também não gera gases e agentes poluentes e é totalmente renovável, mas causa poluição visual e sonora e pode afetar os pássaros da região.

Ambas as tecnologias, a solar e a eólica podem servir como fonte principal de energia para a produção do hidrogênio e a implementação da célula a combustível como substituta do motor a combustão interna.

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

#### 4.1 CONSTRUÇÃO DO FOLDER (APÊNDICE A)

Durante o processo de desenvolvimento da monografia surgiu a questão da divulgação do conhecimento científico e dos dados de pesquisa. É de importância vital que todo conhecimento produzido seja colocado à disposição de todos e que todo tipo de uso segregador deste seja evitado. Além disso é preciso informar a população, principalmente aqueles que serão os profissionais do futuro da importância da questão energética atualmente. Em virtude disto foi trabalhada a idéia de formulação de um folder que serviria como meio de divulgação do trabalho.

Primeiramente foi feita a escolha do público alvo para o folder. Para tomar tal decisão foi levado em consideração o nível de relevância da informação para o grupo e o nível de detalhamento que o projeto era capaz de alcançar. O grupo escolhido e considerado ideal foi o de adolescentes, estudantes de primeiro ano do Ensino Médio e nono ano do Ensino Fundamental.

Tendo tal grupo em mente todos os aspectos que compõem o folder começaram a ser definidos. O primeiro desafio foi imposto pela própria condição espacial de um folder. Seria preciso resumir um conteúdo tão profundo e detalhado no tamanho de uma folha A4. Além disso, para deixar clara a relevância do assunto para o público alvo seria preciso incluir parte da justificativa que motiva a implementação das Células a Hidrogênio no folder, complicando ainda mais a questão do espaço.

Inicialmente foi criado um resumo geral do trabalho que esbarrou em outra dificuldade, esta já definida pelo tipo de público com o qual trabalharíamos, a utilização de termos técnicos e explicações pouco claras. O resumo inicial foi completamente descartado e o a construção do folder passou a ser feita a partir do espaço. Para fazer isso foi preciso definir também a dobradura que seria utilizada no folder. Foi escolhida uma dobradura que dividia a folha em quatro partes iguais e que aproveitava tanto a frente quanto o verso, justamente para utilizar o máximo de espaço possível.

Após a escolha da dobradura foi elaborado o texto com base no espaço disponível. Na parte do verso ficaram a capa em uma das quatro partes, o glossário em outra e a justificativa embasada no aspecto ambiental e da saúde nas outras duas.

Como na dobradura a segunda dobra é feita sobre a primeira ao abrir o folder ainda há uma parte interna que não fica a mostra. Para estimular os leitores a consultar a parte interna

foram levantadas várias questões em relação ao assunto que foram colocadas no final da parte externa do folder.

O texto foi bem resumido, todas as explicações simplificadas e as palavras que ainda poderiam causar algum tipo de confusão foram colocadas num glossário no fim do folder. Foram selecionadas algumas imagens de reações químicas e da própria estrutura da Célula a Combustível para ilustrar o trabalho e facilitar o entendimento dos leitores.

A parte gráfica do folder foi construída em cooperação com o Sr. Marcelo da Silva Paixão, da Coordenação de Comunicação, Divulgação e Eventos (CCDE).

#### 4.2 ELABORAÇÃO DO SEMINÁRIO (APÊNDICE B)

No mês de novembro surgiu um convite da professora Ray Luiza Soares Salgado Muller para uma apresentação do tema da monografia para uma das turmas do primeiro ano da Escola Politécnica. A apresentação foi marcada para o dia 23 e o processo de elaboração durou cerca de uma semana.

A apresentação foi construída sobre as bases do texto do folder com a preocupação especial de uma correlação com a matéria de ecologia que estava sendo dada para a turma do primeiro ano na disciplina de Biologia pela professora Ray Luiza. Tal necessidade levou à reflexão sobre os ciclos biológicos que apresentam uma relação íntima com o que seria um ciclo energético sustentável. Tal reflexão parte do princípio de que a sustentabilidade pressupõe um ciclo e que no âmbito das matrizes energéticas tal correlação continua valendo. Esta correlação serviu de base para todo o desenvolvimento do seminário que, pautado na necessidade do estabelecimento de um ciclo sustentável, propôs a aplicação da célula de hidrogênio conjugada com um fornecimento de energia vinda de placas solares, por caracterizar um processo que tem início em uma substância, se aproveita da energia do sol, que é inerente a vida humana, e termina na mesma substância, a água, fechando o ciclo.

## 5 CONCLUSÃO

A substituição do motor a combustão interna já é necessária tanto pelo motivo ambiental tanto quanto pela saúde dos habitantes de áreas de alta densidade populacional. Para garantir a sustentabilidade e a melhora da condição de vida dos habitantes é preciso implementar um projeto de abastecimento energético que seja renovável e que não polua o meio ambiente. Uma matriz energética baseada na energia solar e tendo a Célula a Combustível de Eletrólito Polimérico ou a Célula a Combustível de Ácido Fosfórico movidas a hidrogênio como motor dos automóveis caracteriza uma proposta ideal do ponto de vista das necessidades, mas que necessita de alguns avanços tecnológicos e barateamento de produção para que possa competir no mercado através da iniciativa privada (sem subsídios do governo). É de extrema importância a conscientização de todas as pessoas possíveis para a valorização de uma proposta de desenvolvimento sustentável para que a qualidade de vida do homem no futuro seja garantida. Com esse objetivo criou-se material didático a respeito da Célula Combustível e dos motivos para sua implementação, de modo a colocar o conhecimento científico produzido à disposição da população para que tal pesquisa possa ser uma ferramenta formadora de opinião para alertar as futuras gerações quanto à necessidade de se pensar a respeito da sustentabilidade do modo de vida humano, do qual o suprimento energético é uma peça vital.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Energia eólica**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia\\_Eolica%283%29.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica%283%29.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salva Brito. **Tutorial de energia solar**: princípios e aplicações. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_solar.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2010.

EG&G Technical Services, Inc. **Fuel Cell Handbook**. 7. ed. West Virginia, Nov. 2004.

GOUVEIA, Nelson et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol. 22, no. 12, Dec. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2006001200016&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001200016&lang=pt)>. Acesso em: 13 out. 2010.

**HYDROGEN Production**. [20—] Disponível em: <[http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Hydrogen\\_production/1\\_](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Hydrogen_production/1_)>. Acesso em 4/10/2010.

MARTINS, Fernando; PEREIRA, Enio Bueno; ECHER, Mariza Pereira de Souza. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário – o projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, 12 mar. 2004, p. 145-159. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/031109.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2010.

MONTEIRO, Henrique. **Produção biológica de hidrogênio**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina. (apresentação em power point em fev. 2007). Disponível em: <[http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_grad/trabalhos\\_grad\\_2006-2/hidrogenio.ppt](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_grad/trabalhos_grad_2006-2/hidrogenio.ppt)>. Acesso em: 23 out. 2010.

SANTOS, Ubiratan de Paula. População, aquecimento global e repercussões na saúde. **Revista da Associação Médica Brasileira**, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v53n3/a04v53n3.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

SILVA, José. Produção de hidrogênio por eletrólise da água do mar com benefícios de impacto ambiental. **Brasil H2 Fuel Cell Expo**, [entre 2006 e 2010]. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/producao-de-hidrogenio-por-eletrolise-pdf-a33246.html>>. Acesso em: 18 set. 2010.

TICIANELLI, Edson; VILLULLAS, H. Mercedes; GONZÁLEZ, Ernesto R. Células a combustível – energia limpa a partir de fontes renováveis. **Química Nova na Escola**, n. 15, 15 mai. 2002.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Folder

### E de onde vem essa poluição?

Uma boa parte da poluição do ar vem de grandes indústrias, porém em cidades centradas no setor terciário a maior parte da poluição é gerada pelos automóveis, que são movidos por motores de combustão interna. Para se locomover esses automóveis queimam combustível para gerar explosões que vão empurrar os combustíveis físicos diferentes gases poluentes são liberados na atmosfera e consequentemente são inalados por nós. O maior responsável pela poluição da atmosfera é o gás carbônico. O principal gás liberado por automóveis é também o gás carbônico.

### Mas como funciona a célula de hidrogênio?

Não há queima ou liberação de gases?

Quais as vantagens que ela trás?

DESCUBRA MAIS  
NA PARTE

### Quais são os desafios na implementação do hidrogênio?

#### -Armazenamento:

O hidrogênio líquido, que possibilita uma autonomia de 480 km ao veículo sem ter que reabastecer precisa ser armazenado a uma temperatura próxima de 0 Kelvin.

#### -Preço:

Por ser uma tecnologia em desenvolvimento o preço de um veículo movido a célula de hidrogênio é muito superior ao de um veículo normal.

#### Glossário:

IRA: Insuficiência respiratória aguda

Eletroito: Meio condutor de ions. No caso da célula combustível conduz ions positivos, mas não negativos.

Eletronegatividade: Capacidade que um elemento/substância tem de atrair elétrons.



## Célula de Hidrogênio

Uma resolução energética para uma questão de saúde

Um trabalho de:

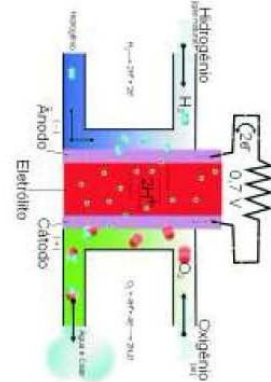
Rodrigo Stuart Pereira Gama Rodrigues

Orientação:

Jairo Freitas

### Qual o efeito da poluição na nossa saúde?

Quando o ar que respiramos está poluído todas as substâncias poluentes que estão nele vão para dentro do nosso corpo. A passagem de tantos agentes desconhecidos por dentro do nosso trato respiratório pode causar várias consequências. Estudos mostram que os efeitos da poluição do ar se manifestam em geral sob forma de doenças crônicas, prejudicando a qualidade de vida das populações afetadas, ou podem, em situações extremas, levar ao aumento da mortalidade nas áreas de maior concentração de poluentes. Um exemplo é o do monóxido de carbono que ao chegar aos alveolos pulmonares reage com a hemoglobina das hemácias e forma uma ligação forte com elas, impedindo que o oxigênio seja levado por essas hemácias para o resto do corpo. Asma, Câncer e IRA são alguns exemplos de doenças que tem sua incidência aumentada com o aumento de poluição.

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p><b>Que vantagens a célula combustível pode trazer para a saúde da população e por quê?</b></p> <p>O principal motivo para se substituir o motor à combustão interna pela célula de hidrogênio é pela diminuição dos impactos que essa troca possibilita, promovendo o bem do meio-ambiente e da saúde da população usuária. A célula combustível pode ser considerada uma substituta a altura do motor a combustão interna por apresentar um altíssimo rendimento. O veículo movido a célula combustível é capaz de percorrer grandes distâncias sem precisar recarregar ou reabastecer. Ele também pode ser projetado de modo a ter potência e torque para passar por obstáculos e atingir altas velocidades.</p> <p>Queima de Petróleo → CO<sub>2</sub></p> <p>CO<sub>2</sub> → Poluição da atmosfera</p> | <p><b>Por que a Célula de Hidrogênio é limpa?</b></p> <p>A poluição gerada pelos combustíveis fósseis ocorre através da queima deles para obter energia. No processo de queima o CO<sub>2</sub> é liberado na atmosfera, poluindo-a. Um exemplo é a queima do gás metano.</p> $CH_4 + 2 \cdot O_2 \rightarrow CO_2 + 2 \cdot H_2O$ <p>Dentro da Célula de Hidrogênio o combustível(hidrogênio) é lançado sob alta pressão em direção ao equipamento e lá é condicionado para a realização das seguintes reações químicas:</p> <p>Primeiro:</p> $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ <p>Depois:</p> $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ <p>Basicamente o que ocorre é uma reação entre o gás oxigênio e o gás hidrogênio para a formação de água. Mas de onde vem a energia? Um esquema básico vai nos ajudar a entender o processo.</p> |  <p>O hidrogênio, que está se locomovendo sob alta pressão, passa por um eletrólito que é isolado eletricamente. Essa barreira impede a passagem de elétrons, porém é preciso que eles cheguem do outro lado para que se ocorra a reação e a alta eletrocondutividade do oxigênio os atrai para o outro lado. Com isso esses elétrons se separam do hidrogênio, que fica livre para passar por dentro do eletrólito. Os elétrons então seguem para o outro lado por um caminho externo. Esse caminho é um circuito externo. Com a passagem de elétrons pelo circuito se gera uma corrente da qual se obtém a energia para o funcionamento do veículo.</p> | <p><b>E de onde vem esse hidrogênio?</b></p> <p>É possível produzir o hidrogênio através de processos biológicos controlados(algas e bactérias), de reações químicas de hidrocarbonetos(metano), eletrólise da água(processo eletroquímico) ou reações nucleares em alta temperatura. A que menos afeta o meio ambiente é a eletrólise da água, sendo a escolhida no desenvolvimento de uma proposta de sustentabilidade. O processo de hidrólise (destrói-se da água) caracterizasse pela passagem de uma corrente elétrica pela água, onde o fornecimento de energia estimula a seguinte reação:</p> $H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$ <p>Um processo que começa na água e termina na água e que requer somente energia elétrica que pode ser obtida através de processos limpos(solar e eólico).</p> |
|--|--|---|---|

## APÊNDICE B – Seminário

# Célula de Hidrogênio

Sustentabilidade, eficiência e saúde.

Um trabalho de Rodrigo Rodrigues.  
Orientação: Jairo Freitas

### A necessidade de um ciclo

- Na natureza existem vários ciclos que garantem a existência do processo.
- Tais ciclos podem ser muito amplos como o ciclo do carbono, do fósforo e do nitrogênio.
- Ou podem ser menores e mais específicos como o ciclo de vida de uma espécie: Crescer e se reproduzir.
- Sempre tendo a continuidade do ciclo como um fim em si mesmo.

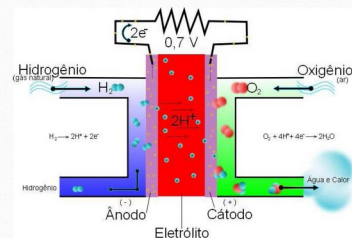
### O ciclo energético

- Quando tratamos de energia a situação não é diferente.
- Se queremos que haja uma continuidade no processo precisamos estabelecer um ciclo.
- Atualmente os combustíveis fósseis compõem grande parte de nossa matriz energética e claramente a utilização destes impede qualquer tipo de ciclo, já que sua quantidade é limitada. Além disso a poluição que eles geram influi em outro ciclo: o ciclo de vida de várias espécies.

### E como a célula de hidrogênio resolveria este problema?

### A Célula de Hidrogênio

- Para responder a questão do slide anterior precisamos entender como a célula de hidrogênio funciona e também como ela será aplicada.
- A célula de hidrogênio é basicamente uma bateria eletroquímica com a diferença de que sua parte funcional não tem de ser eliminada quando o tempo de vida útil do combustível chega ao fim. Ela basicamente converte energia química na forma de combustíveis em energia elétrica com altíssima eficiência e baixo ou praticamente nenhum impacto ao meio ambiente.

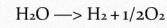


## A fonte de hidrogênio

- É possível produzir o hidrogênio através de processos biológicos controlados (algas e bactérias), de reações químicas de hidrocarbonetos (metano), eletrólise da água (processo eletroquímico) ou reações nucleares em alta temperatura.
- A que menos afeta o meio ambiente é a eletrólise da água (hidrólise), sendo a escolhida no desenvolvimento de uma proposta de sustentabilidade.

## Hidrólise

- O processo de hidrólise caracteriza-se pela passagem de uma corrente elétrica pela água, onde o fornecimento de energia estimula a seguinte reação:



## Fechando o Ciclo

- A partir de tais informações a utilidade da célula de hidrogênio fica evidente, uma vez que o processo se inicia na água (hidrólise) e termina em água (produto da célula).
- Mas ainda não está tudo resolvido. Precisamos avaliar a energia utilizada no processo de hidrólise.

## A fonte, o vetor...

- O hidrogênio é apenas um vetor energético, uma vez que para obtê-lo é preciso gastar energia. Ele simplesmente serve como uma reserva muito eficaz de energia já que o potencial de liberação de energia que ele tem é muito grande comparado a sua massa (menor elemento conhecido).
- Para dar plenitude ao ciclo energético proposto e garantir a saúde e vida das espécies do planeta é preciso que a fonte de energia da hidrólise seja também renovável e limpa.
- No nosso planeta podemos escolher duas fontes que são inerentes à vida humana: a solar e a eólica.

## ... e suas utilidades

- As fontes solares e eólicas serviriam como suprimento geral de energia para toda aplicação comum. Porém a utilização destas diretamente em automóveis é inviável.
- A célula de combustível seria utilizada justamente nos veículos, já que possui um rendimento altíssimo e autonomia comparável à dos combustíveis atuais.

## Desafios

- Atualmente o que dificulta a aplicação de tais tecnologias é a grande dificuldade de armazenamento e deslocamento do hidrogênio, além do alto custo dos processos.
- Mas é evidente a necessidade do investimento em pesquisas da área para possibilitar o desenvolvimento sustentável e a continuidade da raça humana. Ou a elaboração de outras propostas mais viáveis.

## Obrigado

