

---

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES  
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL  
GRUPO PET-TELE

## Tutorial sobre Energias Alternativas

Autores: Ewerton Rocha de Paula Silva  
Gustavo Cunha Pétris  
Luis Fillipe Couto de Araujo Pereira

Orientador: Alexandre Santos de la Vega  
(Tutor do grupo PET-Tele)

Niterói-RJ  
Dezembro / 2007

---

---

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Sumário

<b>1</b>	<b>Álcool Combustível</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>9</b>
2.1	Biodiesel . . . . .	9
2.2	Meio Ambiente . . . . .	10
2.3	Conclusão . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Carvão</b>	<b>13</b>
3.1	Carvão e o meio ambiente . . . . .	13
3.2	Conclusão . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Eólica</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Hidrogênio</b>	<b>19</b>
5.1	Como é feito o $H_2$ . . . . .	19
5.2	Armazenamento . . . . .	19
5.3	Vantagens . . . . .	19
5.4	Conclusão . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Mares</b>	<b>21</b>
6.1	A energia do mar . . . . .	21
6.2	A energia das ondas . . . . .	21
6.3	Energia das marés . . . . .	22
6.4	Energia das correntes marítimas . . . . .	22
<b>7</b>	<b>Microalgas</b>	<b>25</b>
7.1	Ambientes de crescimento . . . . .	25
7.2	Composição química . . . . .	26
7.3	Extração de óleo das microalgas . . . . .	26
7.4	Cultivo de microalgas para biodiesel . . . . .	27
7.5	Características do biodiesel de microalgas . . . . .	28
7.6	Vantagens do biodiesel das microalgas . . . . .	28
<b>8</b>	<b>Nuclear</b>	<b>31</b>
8.1	Conclusão . . . . .	33

<b>9 Solar</b>	<b>35</b>
9.1 Energia solar fototérmica . . . . .	36
9.2 Energia solar fotovoltaica . . . . .	36

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 1

## Álcool Combustível

É um produto renovável e limpo que contribui para a redução do efeito estufa e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública. No Brasil, o uso intenso do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos, principalmente de monóxido de carbono, óxidos de enxofre, compostos orgânicos tóxicos como o benzeno e compostos de chumbo.

O Brasil é o país mais avançado, do ponto de vista tecnológico, na produção e no uso do etanol como combustível, seguido pelos EUA e, em menor escala, pela Argentina, Quênia, Malawi e outros. A produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros, dos quais presume-se que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil responde por 15 bilhões de litros deste total. O álcool é utilizado em mistura com gasolina no Brasil, EUA, UE, México, Índia, Argentina, Colômbia e, mais recentemente, no Japão. O uso exclusivo de álcool como combustível está concentrado no Brasil.

A Figura 1.1 compara a produção de etanol em diferentes países e a Figura 1.2 demonstra como o ganho de escala, a prática empresarial e as inovações tecnológicas tornaram o álcool competitivo com a gasolina.

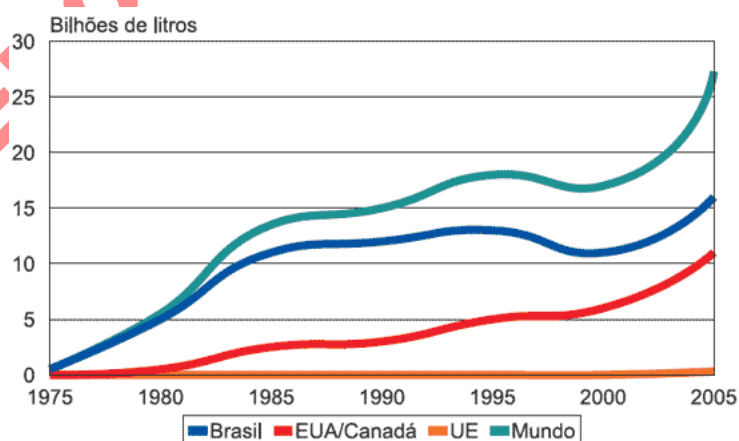


Figura 1.1: Produção Mundial de Etanol.

Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni, a partir de diversas fontes

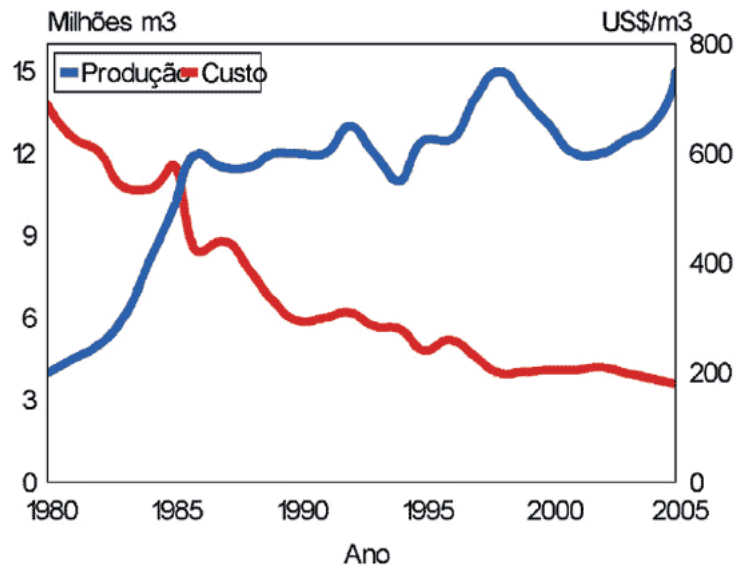


Figura 1.2: Produção e custo do etanol no Brasil.

O álcool pode ser obtido de diversas formas de biomassa, sendo a cana-de-açúcar a realidade econômica atual. Investimentos portentosos estão sendo efetuados para viabilizar a produção de álcool a partir de celulose, sendo estimado que, em 2020, cerca de 30 bilhões de litros de álcool poderiam ser obtidos desta fonte, apenas nos EUA. O benefício ambiental associado ao uso de álcool é enorme, pois cerca de 2,3 t de  $CO_2$  deixam de ser emitidas para cada tonelada de álcool combustível utilizado, sem considerar outras emissões, como o  $SO_2$ .

A cana-de-açúcar é a segunda maior fonte de energia renovável do Brasil com 12,6% de participação na matriz energética atual, considerando-se o álcool combustível e a co-geração de eletricidade, a partir do bagaço. Dos 6 milhões de hectares, cerca de 85% da cana-de-açúcar produzida no Brasil está na Região Centro-Sul (concentrada em São Paulo, com 60% da produção) e os 15% restantes na região Norte-Nordeste.

Apesar de todo o potencial para a co-geração, a partir do aumento da eficiência energética das usinas, a produção de energia elétrica é apenas uma das alternativas para o uso do bagaço. Também estão em curso pesquisas para transformá-lo em álcool (hidrólise lignocelulósica), em biodiesel, ou mesmo, para o seu melhor aproveitamento pela indústria moveleira e para a fabricação de ração animal.

Problemas:

- Monocultura de cana-de-açúcar;
- Primitivo processo de colheita (queima);
- Mão-de-obra (condição social e trabalhista).

Fontes:

- [http://www.unica.com.br/pages/alcool\\_alcoolcombustivel.asp](http://www.unica.com.br/pages/alcool_alcoolcombustivel.asp)

- [http://www.unica.com.br/pages/alcool\\_alcoolcombustivel.asp](http://www.unica.com.br/pages/alcool_alcoolcombustivel.asp)
- <http://www.greenpeace.org.br>

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 2

## Biodiesel

### 2.1 Biodiesel

Biodiesel é uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. Pode ser usado em carros e qualquer outro veículo com motor diesel. Fabricado a partir de fontes renováveis (girassol, soja, mamona), é um combustível que emite menos poluentes que o diesel.

As matérias-primas para a produção de biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos.

Algumas fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrajeiro. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional ainda não desenvolveu pesquisas com foco no domínio dos ciclos botânico e agrônomo dessas espécies.

Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros, são exemplos de gordura animal com potencial para produção de biodiesel. Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria-prima.

Os óleos de frituras representam um grande potencial de oferta. Um levantamento primário da oferta de óleos residuais de frituras, suscetíveis de serem coletados, revela um potencial de oferta no país superior a 30 mil toneladas por ano.

Algumas possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: lanchonetes e cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias.

## 2.2 Meio Ambiente

O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo apresenta um impacto significativo na qualidade do meio ambiente. A poluição do ar, as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis. A poluição do ar das grandes cidades é, provavelmente, o mais visível impacto da queima dos derivados de petróleo. O setor de transportes é responsável por quase 30% das emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado cerca de 0,4% anualmente. O biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono no qual o  $CO_2$  é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor.

O efeito da maior concentração de  $CO_2$  na atmosfera é um agravamento do originalmente benéfico efeito estufa, isto é, tende a ocorrer um aumento da temperatura maior do que o normal; um aquecimento global. Em outras palavras, a temperatura global tende a subir, podendo trazer graves conseqüências para a humanidade.

O relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC de 2001 mostrou que o nível total de emissão de  $CO_2$  em 2000 foi de 6,5 bilhões de toneladas.

Entre 2002 e 2003, a taxa de acumulação de gás carbônico ( $CO_2$ ) na atmosfera da Terra aumentou acentuadamente, levantando entre os cientistas o temor de que os efeitos do aquecimento global possam se manifestar mais rapidamente do que o esperado.

Os níveis de  $CO_2$  aumentaram mais de 2 ppm ao longo dos biênios 2001/2002 e 2002/2003. Nos anos anteriores, essa taxa de crescimento havia sido de 1,5 ppm, o que já era um fator elevado. As variações grandes na concentração de  $CO_2$  estão associadas com picos de atividade industrial, que intensificam a queima de petróleo e derivados, ou a anos de atuação mais intensa do El Niño, quando a liberação de carbono por decomposição de árvores supera a retirada de carbono do ar pela fotossíntese. Entretanto, neste período, o El Niño não esteve ativo, não podendo ser responsabilizado pelo aumento da concentração de  $CO_2$ .

Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas para o país. O Brasil poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL. Existe, então, a possibilidade de venda de cotas de carbono por meio do Fundo Protótipo de Carbono - PCF, pela redução das emissões de gases poluentes, e também de créditos de sequestro de carbono, por meio do Fundo Bio de Carbono - CBF, administrados pelo Banco Mundial.

Países como Japão, Espanha, Itália e países do norte e leste europeu têm demonstrado interesse em produzir e importar biodiesel, especialmente, pela motivação ambiental.

## 2.3 Conclusão

O biodiesel é uma alternativa de combustível pois emite menos poluentes que o diesel convencional. Ele não é completamente limpo, mas recicla o óleo utilizado em frituras transformando-o em combustível.

Fontes:

- <http://www.biodieselbr.com>
- <http://www.biologo.com.br/artigos/biodiesel.html>
- <http://www.revistabiodiesel.com.br/>

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

## Capítulo 3

### Carvão

É um mineral de cor preta ou marrom, um combustível fóssil natural extraído da terra através de processos de mineração. São formados a partir do soterramento e decomposição de restos materiais de origem vegetal. Gradativamente esses materiais ao sofrerem soterramento e compactação em bacias de destituição, apresentam enriquecimento no teor de carbono. O grau de carbonificação destes combustíveis será determinado pelos seguintes fatores externos: pressão, temperatura, placa tectônica e tempo de exposição.

O carvão mineral é o mais abundante dos combustíveis fósseis, com reservas provadas na ordem de 1 trilhão de toneladas, o suficiente para atender à demanda atual por mais de 200 anos.

#### 3.1 Carvão e o meio ambiente

Sabe-se que a queima de combustíveis fósseis resulta na emissão de uma série de poluentes. Nesta categoria encontramos o carvão mineral, ele é um dos grandes vilões do aquecimento global e do efeito estufa. Mas, várias autoridades internacionais consideram o carvão mineral vital para a continuidade do desenvolvimento da economia mundial.

No Brasil, a região Sul é a que apresenta maiores transtornos ao impacto da extração de carvão. As cidades de Criciúma e Siderópolis estão entre as que apresentam maiores problemas socioambientais. Em virtude dos rejeitos das minas de carvão, a cidade de Siderópolis enfrenta a ocupação desordenada das terras agricultáveis. Os trabalhadores das minas e suas famílias também são afetados diretamente pelas emanações de poeiras provenientes desses locais.

## Cenário Mundial do Mercado de Carvão Mineral

País	Produção	Exportação	Consumo
China	1.210.000.000	24.300.000	572.000.000
Estados Unidos	935.000.000	64.300.000	492.500.000
Rússia	271.000.000	19.600.000	126.500.000
Índia	267.000.000	-	121.800.000
Alemanha	259.100.000	1.600.000	96.300.000
Austrália	230.200.000	131.200.000	37.900.000
Polônia	200.800.000	25.000.000	71.600.000
África do Sul	195.300.000	51.200.000	80.500.000
Canadá	70.300.000	31.600.000	24.900.000
Indonésia	30.500.000	24.000.000	4.000.000
Colômbia	23.500.000	17.700.000	-
Brasil	4.400.000	-	10.100.000

Tabela 3.1: Fonte: Mining Annual Review e British Petroleum Statistical Review of World Energy - 1995. Observação: Unidade de referência = toneladas (ton) de carvão mineral nos casos de produção e exportação e toneladas métricas de equivalente petróleo (tEP) no caso de consumo.

## Perspectivas para o Cenário Mundial

Ano	Produção
1994	4.450.000.000
2010	6.000.000.000
Variação	+/- 35 %

Tabela 3.2: Fonte: E&MJ - Engineering and Mining Journal - 1995 e Mining Magazine - 1995. Observação: Unidade de referência = toneladas (ton) de carvão mineral e variação percentual do crescimento da produção (%).

## 3.2 Conclusão

O carvão é uma fonte de energia extremamente poluente. Superando qualquer outro tipo de fonte de energia.

Fontes:

- [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/08-Carvao\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/08-Carvao(2).pdf)
- <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/carvao/index.html&conteudo=...>

# Capítulo 4

## Eólica

Os ventos são gerados pelo aquecimento diferenciado da superfície terrestre, que pode ter suas causas devido ao movimento Terrestre e à orientação dos raios solares. Dessa forma, a radiação solar está intimamente ligada ao processo de obtenção de energia através dos ventos, energia esta conhecida como Energia Eólica. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, ou seja, o vento que se movimenta através das turbinas, cata-ventos ou moinhos eólicas faz os mesmos girarem, produzindo assim energia elétrica ou mecânica.

Desde a antiguidade a Energia Eólica é utilizada com diversos objetivos dentre os quais podemos destacar o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. O interesse em se utilizar a energia eólica para gerar eletricidade só despertou mais recentemente, principalmente pelo fato de ter ocorrido na década de 1970 a crise Internacional do petróleo. A partir daí houve investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial sendo que a primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca.

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, porém uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica em alguma região pode ser obtido coletando-se dados em aeroportos ou em estações meteorológicas, por exemplo. Para que possamos aproveitar a energia eólica com bom rendimento é necessário encontrarmos locais onde a velocidade média do vento seja em torno de pelo menos 7 a 8 m/s a uma altura de 50m. Já considerando as restrições socioambientais, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja de aproximadamente 53.000 TWh, o que significa quatro vezes o consumo elétrico do planeta.

Decorrentes da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol (23,5 graus é o ângulo de inclinação) trazendo como consequência uma variação na distribuição da radiação pela superfície do planeta, temos o surgimento de ventos dos ventos continentais ou periódicos compreendidos pelas monções e brisas, importantes ao se planejar utilizar da energia eólica. As monções são ventos periódicos que sopram em determinada direção em determinada estação do ano e no sentido inverso em outra estação. Já as brisas são ventos periódicos decorrentes das diferenças de temperaturas entre o mar e o continente, causadas pelas diferentes capacidades de refletir, absorver e emitir o calor recebido do Sol. No período diurno temos a brisa marítima que sopra do

mar para o continente, à noite temos a brisa terrestre direcionada do continente para o mar.

Outro tipo de vento importante nos estudos sobre energia eólica são os ventos locais. Estes são ventos que sopram em determinadas regiões e são resultantes das condições locais, que os tornam bastante individualizados. Um exemplo bem conhecido desse tipo de vento é encontrado em regiões de vale e montanha. As trocas entre ares quentes e frios provenientes ora dos vales, ora das montanhas durante o dia e a noite causam os ventos nesses locais.

Os fatores mais importantes para se instalar as turbinas eólicas são a velocidade média do vento, como já citado acima, e a direção do vento pois estas auxiliam na determinação da localização das turbinas em um parque eólico. Também devido à interferência das esteiras da turbina, efeito de “sombra”, torna-se fundamental o conhecimento da direção predominante dos ventos.

Os componentes de um sistema eólico são basicamente: o vento, o rotor que é o responsável por transformar a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação, a transmissão e a caixa multiplicadora que são responsáveis por transmitir a energia entregue pelo rotor até a carga, o gerador elétrico que é responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica, o mecanismo de controle, a torre de sustentação, o sistema de armazenamento, o transformador que é responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica. Teoricamente, 59,3% da energia contida no fluxo de ar pode ser extraída por uma turbina eólica de acordo com o fator de Betz (16/27). No entanto perdas relacionadas aos componentes do sistema eólico diminuem ainda mais esse número. Ao contrário do que se pode imaginar o aproveitamento da energia dos ventos não aumenta linearmente com o aumento da velocidade do vento. Na verdade existe uma “velocidade ideal” de funcionamento eficiente do sistema e velocidades diferentes destas tanto para baixo quanto para cima diminuem o aproveitamento de energia.

No início da utilização do sistema eólico, foram empregadas turbinas de vários tipos, porém com o passar do tempo consolidou-se o projeto de turbinas eólicas com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não-flexível. Entretanto, algumas características desse projeto ainda continuam gerando polêmica.

Quanto a aplicação dos sistemas eólicos, eles podem ser utilizados em três aplicações distintas: sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede. Os sistemas isolados de pequeno porte, em geral, utilizam alguma forma de armazenamento de energia, que pode ser feito através de baterias e são compostos apenas pelo sistema eólico como geradores de energia. Os sistemas híbridos são aqueles que apresentam mais de uma fonte de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, geradores Diesel, módulos fotovoltaicos, entre outras o que aumenta a complexidade do sistema e exige a otimização do uso de cada uma das fontes. Em geral, os sistemas híbridos são empregados em sistemas de médio porte destinados a atender um número maior de usuários. Já os sistemas interligados à rede, como o próprio nome sugere, entregam toda a energia gerada diretamente à rede elétrica e dessa forma não necessitam de sistemas de armazenamento de energia. Estes sistemas representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão interligados.

Quanto aos impactos socioambientais apresentam como fatores positivos o atendimento por parte das pequenas centrais de pequenas localidades distantes da rede, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Já as centrais de grande porte, podem

substituir as usinas térmicas ou hidrelétricas por exemplo, contribuindo dessa forma para a redução da emissão de poluentes atmosféricos e diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios. Como fatores negativos apresentam incômodos sonoros (devido ao ruído dos rotores), a poluição visual (decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas) e a possibilidade de interferências eletromagnéticas, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados (rádio, televisão etc.). Apesar de efeitos negativos, como alterações na paisagem natural, esses impactos tendem a atrair turistas, gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional.

Fontes:

- <http://www.aneel.gov.br>
- <http://www.cresesb.cepel.br>
- <http://www.fem.unicamp.br/em313/paginas/eolica/eolica.htm>
- <http://www.abcedaenergia.com/enervivas/cap08.htm>
- <http://www.uesb.br/energias/renovaveis/emares.htm>
- <http://www.fem.unicamp.br/em313/paginas/mar/mar.html>

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 5

## Hidrogênio

O Gás Hidrogênio ( $H_2$ ) é explorado para uso em motores a combustão e em células de combustível. É um gás nas condições normais de temperatura e pressão. O que apresenta dificuldades de transporte e armazenagem. Sistemas de armazenamento incluem hidrogênio comprimido, hidrogênio líquido, e ligação química com algum material.

Propriedades químicas: O combustível mais simples e mais leve é o Gás hidrogênio. Ele é gasoso à temperatura ambiente e pressão atmosférica. O combustível em si não é hidrogênio puro, ele tem pequenas quantidades de oxigênio e de outros materiais.

### 5.1 Como é feito o $H_2$

**Eletrólise da água** - utiliza energia elétrica para separar os componentes da água, sendo o rendimento global da ordem de 95%.

**Vapor reformando o gás natural ou outros hidrocarbonetos** - exposição à vapor a altas temperaturas para produzir o hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono. O rendimento do processo está entre 70 e 90%.

### 5.2 Armazenamento

As condições de armazenamento têm a ver com certas formas de armazenamento que requerem condições específicas, sendo o caso do hidrogênio líquido. O hidrogênio líquido tem a desvantagem de estar a uma temperatura muito baixa, pois evapora-se a  $-253$  °C. De forma que quando está sob pressão, precisa de muita energia para se liquefazer e manter-se frio, o que torna o processo caro e menos eficiente energeticamente.

### 5.3 Vantagens

**Fonte** - O hidrogênio é muito abundante, principalmente na forma de água. Ele pode ser separado com uma eficiência de 67%.

**Combustão Limpa** - Quando queimado, o hidrogênio recombina-se com o oxigênio gerando água e muita energia. Pequena quantidade de óxido de nitrogênio é produzido,

mas comparado com outros combustíveis é muito pouco.

**Grande Poder Energético** - A densidade energética do hidrogênio é de 38 kWh/kg. A gasolina que é considerada muito energética só gera 14 kWh/kg.

## 5.4 Conclusão

O hidrogênio é um dos combustíveis mais limpos já desenvolvidos. Porém, de acordo com estudos de pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) publicados nas duas mais importantes revistas científicas do mundo, a Nature e a Science, a substituição dos combustíveis fósseis pelo hidrogênio pode aumentar a quantidade desse gás na atmosfera. Como o hidrogênio se desloca para cima, isso resultaria no resfriamento da atmosfera e as reações químicas que destroem a camada de ozônio ocorreriam mais intensamente.

Fontes:

- <http://www.geocites.com>
- <http://www.ipv.pt/millennium/Millennium31/15.pdf>
- <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115051013>

# Capítulo 6

## Mares

### 6.1 A energia do mar

Dentro da procura por energias alternativas uma das soluções pode ser a obtenção de energia através dos oceanos. Neste momento, o aproveitamento da energia dos mar é apenas experimental e raro. Mas como é que se obtém energia a partir dos mares? Existem três maneiras de produzir energia usando o mar: as ondas, as marés ou deslocamento das águas e as diferenças de temperatura dos oceanos.

### 6.2 A energia das ondas

A energia cinética do movimento ondular pode ser usada para pôr uma turbina a funcionar. A ação dos ventos sobre a superfície do mar é a causa da formação das ondas. Depois de formadas, as ondas viajam pelo alto mar até encontrar as águas comparativamente mais rasas, próximas à terra. Nesse encontro, a onda percebe uma resistência em sua base que faz sua altura aumentar. A crista da onda não está sujeita a essa resistência e à medida que o fundo se torna mais raso, ela tende a prosseguir com maior velocidade fazendo então com que a onda quebre. Se o fundo do mar é rochoso, como no Havaí, as ondas alcançam grande altura; já na areia, a energia é absorvida, do que resultam ondas menores.

Princípio de funcionamento:

A maioria dos projetos usa o mesmo princípio, onde a onda pressiona um corpo oco, comprimindo o ar ou um líquido, ou seja, a energia cinética do movimento ondular move uma turbina ligada a um gerador. A energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica através do gerador. Quando a onda se desfaz e a água recua o ar desloca-se em sentido contrário passando novamente pela turbina entrando na câmara por comportas especiais normalmente fechadas. Podemos perceber melhor o que acontece observando a Figura 6.1.

A exploração da enorme reserva energética das ondas representa um domínio de inovação, onde quase tudo ainda está por fazer. Em teoria, se fosse possível equipar os litorais do planeta com conversores energéticos, as centrais elétricas existentes poderiam ser desativadas.

Figura 6.1: Princípio de funcionamento das ondas.

## 6.3 Energia das marés

Todos os dias observa-se que o nível do mar não é o mesmo. A energia da deslocação das águas do mar é outra fonte de energia. Esse fenômeno - movimento de subida e descida das águas - recebe o nome de maré. As marés são influenciadas pela força gravitacional do Sol e da Lua. As usinas que aproveitam as variações de nível entre as marés alta e baixa são chamadas de usinas maremotrizes. Para se aproveitar energia das marés constroem-se uma barragem num local mais conveniente, onde seu comprimento seja o menor possível instalando comportas e turbinas apropriadas. Quando a maré está subindo abrem-se as comportas e a água é represada passando através da turbina, e produzindo energia elétrica. O fechamento das comportas ocorre quando a maré estiver num ponto mais alto. Após o recuo da maré até um determinado nível, solta-se a água represada através das turbinas, gerando energia elétrica novamente. A construção das barragens das usinas maremotrizes ocasionarão alterações nos níveis das marés, correntes de marés, e no ecossistema dos locais próximos ou mesmo distantes da barragem. Para que este sistema funcione bem são necessárias marés e correntes fortes. Tem que haver um aumento do nível da água de pelo menos 5,5 metros da maré baixa para a maré alta. Existem poucos sítios no mundo onde se verifique tamanha mudança nas marés.

## 6.4 Energia das correntes marítimas

Pode-se usar as diferenças de temperatura para produzir energia, no entanto, são necessárias diferenças de  $38^{\circ}F$  entre a superfície e o fundo do oceano. As correntes marítimas são provocadas por um aquecimento não homogêneo das camadas superficiais dos oceanos pela radiação solar. Essas correntes comportam energias cinéticas consideráveis, mas pouco densas, e são assim difíceis de explorar, sendo os melhores lugares para exploração os Estreitos, por exemplo o Estreito de Gibraltar. Diante da costa da Florida, a Corrente do Golfo é particularmente densa e poderia servir para acionar geradores de corrente; a velocidade da corrente aproximadamente 30 Km antes da costa atinge cerca de 10Km/h, calcula-se que com 50 turbinas de 150 metros de diâmetro cada uma, seria possível produzir uma potência de 20 GW, ou 20 vezes a potência de uma grande central convencional.

Fontes:

- <http://www.aneel.gov.br>
- <http://www.cresesb.cepel.br>
- <http://www.fem.unicamp.br/em313/paginas/eolica/eolica.htm>

- <http://www.abcedaenergia.com/enervivas/cap08.htm>
- <http://www.uesb.br/energias/renovaveis/emales.htm>
- <http://www.fem.unicamp.br/em313/paginas/mar/mar.htm>

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 7

## Microalgas

O termo “microalgas” é utilizado para dar nome a diversos grupos diferentes de organismos vivos. Elas variam desde os pequenos organismos unicelulares até os multi-celulares, sendo, antigamente, consideradas plantas simples.

As microalgas também incluem os organismos com estrutura molecular procariótica e estrutura molecular eucariótica, que, mesmo sendo estruturalmente e morfológicamente diferentes entre si, são fisiologicamente parecidos e possuem um metabolismo parecido com o das plantas.

As microalgas são encontradas nos mais diversos habitats como em rios e lagos de água doce, no meio marinho e até em terra firme. O número exato de espécies microalgais ainda não é conhecido, sendo estimado em uma ordem de grandeza de milhões. Sua composição bioquímica também é muito diversa, dando origem a uma quantidade ilimitada de produtos.

Existem várias linhas de microalgas, mas as mais importantes são as microalgas marrons, as vermelhas e as verdes, sendo esta última quem originou as plantas desenvolvidas dos tempos de hoje, sendo sua fronteira o surgimento de órgãos reprodutivos, não presentes nas microalgas.

As microalgas têm várias aplicações hoje em dia, sendo aplicada em tratamento de águas residuais de processos industriais, detoxificação biológica e metais pesados, na agricultura, como biofertilizante, entre vários outros. Além disso, como as microalgas fornecem mais oxigênio ao planeta do que todas as outras plantas juntas, podem ser usadas na mitigação do efeito estufa, devido à sua grande capacidade de assimilação de  $CO_2$ .

Com a crescente atenção mundial para as tecnologias limpas, desenvolvimento sustentável e preocupação ambiental, as microalgas estão alcançando um patamar elevado como alternativa para obtenção limpa de energia.

### 7.1 Ambientes de crescimento

As microalgas são capazes de viver em uma vasta gama de condições diferentes. São encontradas em corpos d'água, tanto doce como salgada, e em lugares terrestres úmidos.

No entanto, seu crescimento é um conjunto de fatores químicos, físicos e biológicos. Os fatores biológicos estão relacionados às taxas metabólicas da espécie em questão, e de uma possível influência de outros tipos de organismos sobre desenvolvimento da mesma. Já os fatores físico-químicos, são a iluminação, salinidade do meio, disponibilidade de alimento e temperatura.

## 7.2 Composição química

As microalgas são compostas de uma célula denominada eukaryotic, que são células com núcleos e organelas. Todas microalgas têm clorofila que realizam fotossíntese, no entanto, entre os diversos tipos diferentes de microalgas, existem alguns com combinações diferentes de tipos de clorofila.

Toda alga é composta por alguns componentes como proteínas, hidrato de carbono, lipídios e ácidos nucleicos. As porcentagens destes componentes variam de alga para alga, sendo encontrados alguns tipos de microalgas com cerca de 40% de sua massa total composta por lipídios (sendo que, se cultivada de maneira correta, chega-se a incríveis 85% !!), característica esta que permite extrair, vantajosamente, este óleo e convertê-lo em biodiesel.

\*\*\*\*\*

Procurar tabela abaixo!!!

\*Composição química das microalgas expressadas em base a matéria seca (%) \*  
tabela 1\*

\*\*\*\*\*

Além do interesse no seu óleo, as microalgas estão sendo cultivadas por sua grande capacidade de sintetizar compostos considerados “nutracêuticos”, como os ácidos graxos poli-insaturados.

## 7.3 Extração de óleo das microalgas

Para a utilização do biodiesel fornecido pela microalga, é necessário primeiro separar a biomassa do meio de cultura. Esse processo envolve várias etapas. Primeiro uma separação sólido-líquido, como a floculação, centrifugação e filtração. A seguir, a biomassa é desidratada, utilizando-se para isso de várias técnicas como secagem ao sol, “*spray-drying*” e a liofilização. Enfim, para a extração dos compostos, quebram-se as células da microalga, utilizando alguns métodos como homogeneização, ultra-som, choque osmótico, solventes, enzimas etc.

Para extrair o óleo das microalgas, existem três métodos conhecidos que já são utilizados na extração de óleo das sementes oleaginosas:

**PRENSAGEM** - Um processo simples que consegue extrair cerca de 70 a 75% do óleo das microalgas. A extração é realizada mediante a aplicação de uma pressão mecânica às microalgas.

**EXTRAÇÃO POR SOLVENTE** - Aplica-se determinados produtos químicos como o benceno, o éter etílico ou a hexana. A desvantagem é que esses produtos, além de apresentarem certos riscos no processo de sua manipulação, também acarretam mais um processo, que é a separação entre solventes e o óleo. No entanto, se for aplicado em conjunto com a prensagem, pode-se extrair até 95% do óleo total contido nas microalgas.

**EXTRAÇÃO FLUIDA SUPERCRÍTICA** - É utilizado o  $CO_2$  (liquefeito sob pressão e aquecido ao ponto supercrítico) obtendo assim as propriedades de um líquido e um gás. Este fluido líquido se transforma num poderoso solvente, obtendo-se quase 100% do óleo da microalga.

Existem também alguns outros métodos não muito conhecidos como o de extração enzimática, choque osmótico e extração ultra-sônica assistida.

## 7.4 Cultivo de microalgas para biodiesel

Por serem plantas, as microalgas necessitam de três componentes básicos para crescer: Luz solar,  $CO_2$  e água. Estes organismos podem ser cultivados em vários sistemas de produção. Os sistemas mais utilizados são as piscinas abertas, lagos e lagoas. Esses sistemas geralmente possuem pouca sofisticação, por serem a céu aberto e possuírem pouco controle das condições ideais, sendo praticamente utilizadas as condições naturais. No entanto, essas condições naturais podem acarretar diversos tipos de problemas como, uma contaminação por outras espécies de microalgas ou até bactérias, problemas com luminosidades e temperatura.

As espécies que possuem maior rendimento de biomassa, não necessariamente são as que crescem mais rápido. Além do mais, estas espécies exigem um controle maior para produzirem uma rentabilidade maior. Uma solução é criar certas estufas para fornecer um ambiente ideal durante todo o ano para assim obter um maior aproveitamento de biomassa das microalgas.

As lagoas onde são cultivadas as microalgas são denominadas de “lagoas tipo pista de corrida” (raceway ponds), que são geralmente rasas, pois as microalgas necessitam de luz, e essa luz só chega a determinada profundidade. Nessas lagoas, as microalgas flutuam continuamente, percorrendo as “pista de corrida” e ao mesmo tempo são injetados os nutrientes e o  $CO_2$  na água, onde, no lado oposto, são removidos a água rica em microalgas.

Existem também cultivos de elevadíssima produtividade, que são conhecidos como “fotobioreatores”. Esse novo sistema consiste de tubos fechados onde as microalgas são cultivadas de maneira que é possível controlar todas as condições necessárias para o crescimento das algas (quantidade de nutrientes, temperatura, iluminação pH e etc.). Sendo um sistema fechado, o Fotobioreator necessita que se injete nele todos os nutrientes necessário para a microalga se desenvolver. Além dos nutrientes, o  $CO_2$  e a iluminação são de suma importância nesse processo, onde esta iluminação pode ser solar (natural), por diodos emissores de luz, ou por bulbos fluorescentes. O custo de implementação de um fotobioreator é muito mais elevado do que o das piscinas ou lagoas, no entanto, a médio

e longo prazo, esse investimento pode retornar com grandes lucros.

\*\*\*\*\*

Procurar figura abaixo!!!

\*Fotos Fotobioreator\*

\*\*\*\*\*

## 7.5 Características do biodiesel de microalgas

Apesar do biodiesel microalgal não ser significativamente diferente dos outros tipos de biodiesel, existem algumas diferenças: o biodiesel de plantas oleaginosas tem como grande desvantagem um desempenho pobre em baixas temperaturas, já o biodiesel microalgal não oferece esse problema pois o ponto de congelamento de seus ácidos graxos (mono-insaturados) é muito mais baixo do que os dos outros. Além disso, o rendimento do óleo retirado das microalgas é cerca de 200 vezes maior do que o óleo das plantas oleaginosas.

## 7.6 Vantagens do biodiesel das microalgas

As principais vantagens do uso de microalgas como matéria-prima para a produção de biodiesel são:

- Gasta pouca água. A maior parte da água é usada como habitat dos organismos que vivem em suspensão. Os cultivos em bioreatores mantêm a água em sistema fechados ou em piscinas abertas, onde pode ser reutilizada indefinidamente após cada colheita.
- Cultivos em massa podem ser feitos em qualquer lugar. Não utiliza o solo como *habitat* de sustentação. Portanto nossos solos podem continuar a produzir a agricultura tradicional, sem haver a necessidade de impactar o Cerrado ou Amazônia no processo produtivo.
- Cultivos em massa de microalgas ocupam o espaço em três dimensões. Ou seja, 1 metro quadrado de área usada para cultivos de microalgas pode ser estendido verticalmente produzindo centenas de vezes mais óleo vegetal do que culturas oleaginosas no mesmo espaço. Veja bem as vantagens disso! Não precisa derrubar mata nativa nenhuma. Em escala experimental, estima-se que as microalgas possam produzir de 200 a 300 vezes mais óleo vegetal do que a maioria das oleaginosas em uma área 100 vezes menor. Isto é, para produzir 250 mil toneladas de biodiesel vegetal a partir de microalgas são necessários 2.500 hectares de espaço em terra. Para produzir as mesmas 250 mil toneladas a partir da soja são necessários 500 mil hectares.
- A questão do espaço é ainda mais vantajosa se os cultivos em massa forem desenvolvidos no mar, depois que o Ibama licenciar, é claro. As medidas compensatórias são várias!

- Microalgas têm eficiência fotossintética muito maior do que os vegetais terrestres, com crescimento e acúmulo rápido de biomassa vegetal. Ou seja, produzem mais biomassa por hectare em menos tempo.
- Outra vantagem de usar microalgas marinhas, é que elas NÃO NECESSITAM ÁGUA DOCE!! Crescem na água salgada. Um problema ambiental a menos.
- Microalgas são fixadoras eficientes de Carbono atmosférico. Fixam mais Carbono através da fotossíntese em muito menos tempo. Estima-se que cada tonelada de biomassa algal produzida em determinado tempo consome duas toneladas de  $CO_2$  através da fotossíntese. Isso representa dez a vinte vezes mais do que o absorvido pelas culturas oleaginosas.
- A natureza unicelular assegura uma biomassa com mais pureza bioquímica, ao contrário das plantas terrestres que tem compostos diferentes em diferentes partes do vegetal (p.ex., frutos, folhas, sementes ou raízes).

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 8

## Nuclear

Este tipo de energia é obtido a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido, liberando uma grande quantidade de energia.

Urânio enriquecido - o que é isto? Sabemos que o átomo é constituído de um núcleo onde estão situados dois tipos de partículas: os prótons que possuem cargas positivas e os nêutrons que não possuem carga.

Em torno do núcleo, há uma região denominada eletrosfera, onde se encontram os elétrons que têm cargas negativas. Átomos do mesmo elemento químico, que possuem o mesmo número de prótons e diferentes número de nêutrons são chamados isótopos. O urânio possui dois isótopos:  $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ . O  $^{235}\text{U}$  é o único capaz de sofrer fissão. Na natureza só é possível encontrar 0,7% deste tipo de isótopo. Para ser usado como combustível em uma usina, é necessário enriquecer o urânio natural. Um dos métodos é "filtrar" o urânio através de membranas muito finas. O  $^{235}\text{U}$  é mais leve e atravessa a membrana primeiro do que o  $^{238}\text{U}$ . Esta operação tem que ser repetida várias vezes e é um processo muito caro e complexo. Poucos países possuem esta tecnologia para escala industrial.

Figura 8.1: Diagrama do reator de uma usina nuclear.

O urânio é colocado em cilindros metálicos no núcleo do reator que é constituído de um material moderador (geralmente grafite) para diminuir a velocidade dos nêutrons emitidos pelo urânio em desintegração, permitindo as reações em cadeia. O resfriamento do reator do núcleo é realizado através de líquido ou gás que circula através de tubos, pelo seu interior. Este calor retirado é transferido para uma segunda tubulação onde circula água. Por aquecimento esta água se transforma em vapor (à temperatura chega a 320 °C) que vai movimentar as pás das turbinas que movimentarão o gerador, produzindo

eletricidade (Figura 8.1).

Depois este vapor é liquefeito e reconduzido para a tubulação, onde é novamente aquecido e vaporizado. No Brasil, está funcionando a Usina Nuclear Angra 2 sendo que a produção de energia elétrica é em pequena quantidade que não dá para abastecer toda a cidade do Rio de Janeiro.

No âmbito governamental está em discussão a construção da Usina Nuclear Angra 3 por causa do déficit de energia no país.

Os Estados Unidos da América lideram a produção de energia nuclear e nos países França, Suécia, Finlândia e Bélgica 50% da energia elétrica consumida, provém de usinas nucleares.

### Participação da Energia Nuclear na Produção de Energia Elétrica

País	Produção %	País	Produção %
França	75,00%	Espanha	31,00%
Lituânia	73,10%	Reino Unido	28,90%
Bélgica	57,70%	Taiwan	25,30%
Bulgária	47,10%	Rep. Checa	20,80%
Rep. Eslovaca	47,00%	Estados Unidos	19,80%
Suécia	46,80%	Rússia	14,40%
Ucrânia	43,80%	Canadá	12,40%
Rep. Coréia	42,80%	Romênia	10,70%
Hungria	38,30%	Argentina	9,00%
Eslovênia	37,20%	África do Sul	7,10%
Armênia	36,40%	México	5,20%
Suíça	36,00%	Holanda	4,00%
Japão	34,70%	Índia	2,70%
Finlândia	33,10%	Brasil	1,30%
Alemanha	31,20%	China	1,20%

Tabela 8.1: Participação da Energia Nuclear na Produção de Energia Elétrica

#### Vantagens:

- Utilização das radiações em múltiplas aplicações da medicina, agropecuária, indústria e meio ambiente.
- A nucleoeletricidade

#### Desvantagens:

- O efeito devastador das bombas atômicas
- Acidentes nucleares
- Destino indevido do lixo atômico

## 8.1 Conclusão

A utilização da energia nuclear vem crescendo a cada dia. A energia nuclear é uma das alternativas menos poluentes, permite adquirir muita energia em um espaço pequeno e instalações de usinas perto dos centros consumidores, reduzindo o custo de distribuição de energia.

A energia nuclear torna-se mais uma opção para atender com eficácia à demanda energética no mundo moderno.

Fontes:

- [http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes\\_eletrica.html](http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html)
- <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/nuclear/index.html&conte>

**WWW.RENOVAVEIS.TECNOPT.COM**

# Capítulo 9

## Solar

O sol é fonte de energia renovável, o aproveitamento desta energia tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em qualquer parte do território.

A Energia Solar soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

O Sol irradia anualmente o equivalente a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. Para medir a potência é usada uma unidade chamada quilowatt. O Sol produz continuamente 390 sextilhões ( $390 \times 10^{21}$ ) de quilowatts de potência. Como o Sol emite energia em todas as direções, um pouco desta energia é desprendida, mas mesmo assim, a Terra recebe mais de 1.500 quatrilhões ( $1,5 \times 10^{18}$ ) de quilowatts-hora de potência por ano.

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de obtenção de energia, como: não ser poluente, não influir no efeito estufa, não precisar de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica, mas tem como desvantagem a exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento. Para cada um metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis, na construção de novas usinas hidrelétricas. Uma parte do milionésimo de energia solar que nosso país recebe durante o ano poderia nos dar um suprimento de energia equivalente a:

- 54% do petróleo nacional
- 2 vezes a energia obtida com o carvão mineral
- 4 vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

## 9.1 Energia solar fototérmica

Está diretamente ligado na quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os coletores solares são equipamentos que tem como objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica.

Os coletores solares são aquecedores de fluídos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluído aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.).

Os coletores solares planos são largamente utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, etc., devido ao conforto proporcionado e à redução do consumo de energia elétrica.

## 9.2 Energia solar fotovoltaica

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

Atualmente o custo das células solares é um grande desafio para a indústria e o principal empecilho para a difusão dos sistemas fotovoltaicos em larga escala. A tecnologia fotovoltaica está se tornando cada vez mais competitiva, tanto porque seus custos estão decrescendo, quanto porque a avaliação dos custos das outras formas de geração está se tornando mais real, levando em conta fatores que eram anteriormente ignorados, como a questão dos impactos ambientais.

O atendimento de comunidades isoladas tem impulsionado a busca e o desenvolvimento de fontes renováveis de energia. No Brasil, por exemplo, 15% da população não possui acesso à energia elétrica. Coincidentemente, esta parcela da população vive em regiões onde o atendimento por meio da expansão do sistema elétrico convencional é economicamente inviável. Trata-se de núcleos populacionais esparsos e pouco densos, típicos das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

No Brasil a geração de energia elétrica por conversão fotovoltaica teve um impulso notável, através de projetos privados e governamentais, atraindo interesse de fabricantes pelo mercado brasileiro. A quantidade de radiação incidente no Brasil é outro fator muito significativo para o aproveitamento da energia solar.

Fontes:

- Incluir...
- Incluir...
- Incluir...