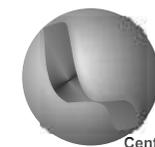


Série  
Energias Renováveis

# ENERGIAS RENOVÁVEIS

**MME**  
Ministério de Minas e Energia

ISBN 978-85-60856-07-1

 **CERPCH**  
Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

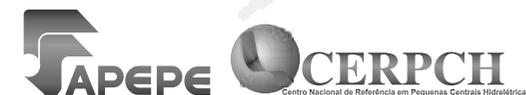
Ângelo Stano Júnior  
Geraldo Lúcio Tiago Filho

Série  
Energias Renováveis

# ENERGIAS RENOVÁVEIS

1<sup>o</sup> Edição

Organizado por Geraldo Lúcio Tiago Filho



Itajubá, 2007.

Obra publicada com o apoio do Ministério de Minas e Energia e da Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão de Itajubá



**Edição**

Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

Presidente: Ivonice Aires Campos

Secretário Executivo: Geraldo Lúcio Tiago Filho

**Revisão**

Ângelo Stano Júnior

Adriana Barbosa

**Organização**

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

**Colaboração**

Camila Rocha Galhardo

**Projeto Gráfico**

Orange Design

**Editoração e Arte-Final**

Adriano Silva Bastos

CERPCH - Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

Avenida BPS, 1303 - Bairro Pinheirinho CEP: 37500-903 - Itajubá - MG - Brasil

Tel: (+55 35) 3629-1443 Fax: (+55 35) 3629 1265



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá -  
Bibliotecária Margareth Ribeiro - CRB\_6/1700

S789e

Stano Júnior, Ângelo

Energias renováveis / Ângelo Stano Júnior e Geraldo Lúcio Tiago Filho ; organizado por Geraldo Lúcio Tiago Filho ; revisão Ângelo Stano Júnior e Adriana Barbosa ; colaboração Camila Rocha Galhardo ; editoração e arte- final Adriano Silva Bastos. -- Itajubá, MG : FAPEPE, 2007.

44p. : il. -- (Série Energias Renováveis)

ISBN: 978 - 85 - 60858 - 01 - 9

ISBN: 978 - 85 - 60858 - 02 - 6

1. Energias alternativas. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU 620.91

# Sumário

1.0 – O que é energia? O que é trabalho?	04
2.0 – Formas de energia	06
2.1 – Energia química	07
2.2 – Energia radiante	08
2.3 – Energia térmica	08
2.4 – Energia nuclear	09
2.5 – Energia elétrica	10
2.6 – Energia mecânica	10
3.0 – Fontes de energia	11
4.0 – Energias renováveis e não renováveis	12
5.0 – Tipos de energia renovável	13
5.1 – Energia solar	13
5.1.1 – Energia fotovoltaica	14
5.1.2 – Energia termosolar	16
5.1.3 – Plantas termosolares	18
5.2 – Energia eólica	21
5.3 – Biomassa	23
5.3.1 – Combustível das fibras	24
5.3.2 – Etanol e metanol	24
5.3.3 – Biogás	25
5.4 – Energia hidráulica	26
5.5 – Energia geotérmica	31
5.5.1 – Plantas geotérmicas	31
5.6 – Células de combustível	34
5.6.1 – Recursos disponíveis	34
5.6.2 – Estado da Arte	35
5.7 – Células de combustível	40
6.0 – Economia e conservação de energia	42
7.0 – Bibliografia	43

# Capítulo 1

## O que é energia? O que é trabalho?

Energeia é o termo grego para Energia que segundo a física é a capacidade de realizar trabalho. É ela que faz com que as coisas se realizem. Se olharmos pela janela, durante o dia, percebemos que o Sol nos oferece luz e calor. À noite as lâmpadas da iluminação pública utilizam energia elétrica para iluminar nossos caminhos.

Para realizar trabalho, uma pessoa, um animal, uma planta ou um dispositivo utiliza energia. A energia é o combustível necessário para que um organismo ou um dispositivo realizem trabalho. À nossa volta, nós vemos evidências do uso da energia para realizar trabalho. Uma pessoa utiliza energia para se movimentar e trabalhar, um computador utiliza energia para funcionar, uma lâmpada utiliza energia para produzir luz e iluminar os ambientes, uma planta utiliza energia para se desenvolver.

Nós utilizamos energia todos os dias. Nossos corpos utilizam a energia armazenada nas moléculas de substâncias como carboidratos e proteínas para que possamos nos movimentar, respirar, crescer e pensar. Também utilizamos energia para trabalhar e brincar. Os homens têm inventado centenas de máquinas e aplicações que utilizam energia para tornar nosso trabalho mais fácil, para aquecer e esfriar nossas casas e para permitir que nos desloquemos de um lugar para outro. Parte destas máquinas utiliza energia elétrica, enquanto outras, como os automóveis, utilizam a energia acumulada em substâncias como a gasolina.

A energia está em todos os lugares e é abundante, não tem massa e não pode ser tocada. No entanto nós podemos ver e sentir os efeitos da energia. Tudo que acontece no universo, da germinação de uma semente à erupção de um vulcão, envolve energia.

Conforme vimos, a energia se transforma de uma forma em outra, mas não pode ser criada ou destruída. De fato, quando dizemos que estamos usando energia, isso significa que a estamos transformando para realizar o trabalho que queremos ver feito. Promover mudanças na energia de uma forma ou estado para outro é a maneira que temos de controlá-la e utilizá-la. Mudanças nos tipos e formas de energia estão acontecendo de centenas de maneiras a cada minuto. Quando nos exercitamos perdemos energia na forma de calor. Podemos sentir facilmente esta perda de calor quando nos exercitamos, porque nosso corpo se aquece. Isso acontece porque o processo utilizado para conversão da energia química contida em nossos alimentos em energia mecânica não é muito eficiente. De fato, muitos dos processos de conversão de energia não são muito eficientes e como resultado perdem energia para o ambiente. Apenas algo próximo de 1/4 da energia que utilizamos em nossos corpos ou veículos é convertida em energia mecânica. O restante é perdido na forma de calor. Quando um processo de conversão perde grandes parcelas de energia ele é chamado ineficiente.

O Trabalho é realizado quando uma força movimenta um corpo de um local para outro. Um Trabalho não pode ser realizado sem energia. Durante a realização de um Trabalho a energia é convertida de uma forma para outra.



### A ENERGIA PODE DESAPARECER?

Você já brincou em uma montanha russa? Primeiramente o carrinho é posto na parte mais alta de uma pista. Neste ponto ele possui apenas energia potencial. Quando o carrinho desce a primeira rampa, parte da energia potencial é convertida em energia cinética. No fim da rampa, toda a energia potencial foi convertida em cinética (movimento). Quando o carrinho chega no topo da próxima subida, a energia cinética é transformada novamente em energia potencial, e este processo se repete ao longo de toda a pista. Toda vez que o carrinho desce uma rampa ele acumula energia cinética para vencer a próxima subida. Entretanto, parte da energia se transforma em calor devido ao atrito. Por essa razão, cada subida é ligeiramente menor que a anterior.

Quando cientistas medem as mudanças de energia em um sistema como uma montanha russa, eles percebem que a energia que desaparece em uma forma aparece em igual quantidade em outra forma. Em outras palavras, a energia não é criada nem destruída, ela apenas muda de forma. A lei básica da natureza é chamada de Lei da Conservação da Energia

# Capítulo 2

## Formas de energia

Nós podemos dividir todas as formas de energia em dois grupos, que são a energia potencial e a energia cinética ou de movimento.

Energia potencial é energia acumulada ou armazenada, pronta para ser utilizada. Uma moto com o tanque cheio de gasolina, um carro no topo de uma colina, uma ratoeira armada, ou ainda a água armazenada em uma central hidrelétrica são exemplos de energia potencial. A maior parte da energia sob nosso controle está na forma de energia potencial. A energia potencial pode ser vista como movimento esperando para acontecer. Quando o movimento é necessário, a energia potencial é convertida em energia cinética.

A energia cinética é a energia relacionada ao trabalho. Uma moto rodando por uma estrada, um carro descendo uma colina ou uma ratoeira desarmando são exemplos de energia cinética.

A figura a seguir, que mostra um pêndulo em diversas posições é um exemplo clássico que relaciona energia potencial e cinética e as conversões de uma forma de energia em outra. Nesta figura temos:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

onde:

$E_p$  – energia potencial

$E_c$  – energia cinética

$m$  – massa

$g$  – aceleração da gravidade

$v$  – velocidade

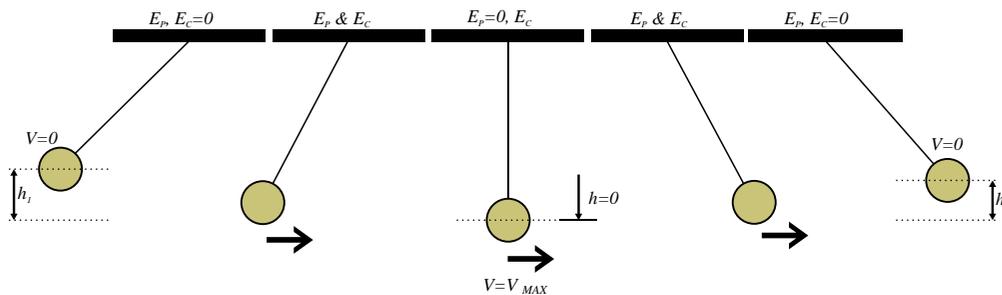


Figura 2.1 – Conversões de energia em um pêndulo

Na figura anterior, nas posições inicial e final, a energia cinética é zero, já que a velocidade é zero, e a energia potencial varia de  $mgh_1$  para um valor menor,  $mgh_2$ , já que  $h_2$  é menor que  $h_1$ .

Na posição central a energia cinética é máxima, porque a velocidade é máxima, e a energia potencial é nula, porque a altura é zero. Nesta posição, a energia potencial foi convertida em cinética.

Nas posições intermediárias restantes o pêndulo possui tanto energia potencial como cinética.

ca. Na posição intermediária da esquerda, temos energia potencial sendo convertida em cinética (corpo acelerando), enquanto que na posição intermediária da direita temos energia cinética sendo convertida em potencial (corpo desacelerando).

A energia que a natureza nos oferece, ou que obtemos através de conversões de uma forma de energia em outra, irão se apresentar em uma das seis formas listadas a seguir.

- Química
- Radiante
- Térmica
- Nuclear
- Elétrica
- Mecânica

Essas seis formas de energia estão relacionadas, e uma forma pode ser convertida em outras formas. Por exemplo, quando queimamos madeira a energia química se converte em energia térmica (calor) e radiante (luz). Nem todas as conversões de energia são tão simples quanto a queima de madeira. O motor de um automóvel, por exemplo, é um equipamento complexo que converte a energia química do combustível em energia mecânica (movimento).

No capítulo a seguir discutiremos características e aplicações de cada uma destas formas de energia.

### PERDAS DE ENERGIA

O pêndulo da figura anterior não se mantém em movimento indefinidamente, depois de um tempo ele irá parar. Isso ocorre porque o atrito com o ar e no ponto de fixação do mesmo resulta em perdas de energia para o ambiente nos processos simultâneos de conversão de energia potencial em cinética e vice-versa. Desta forma, a cada ciclo, a energia disponível se torna menor, e quando ela se torna zero o movimento cessa.

### 2.1 - Energia Química.

A energia armazenada nas ligações de átomos e moléculas é a energia química. Na fotossíntese, por exemplo, as plantas retiram energia radiante da luz do sol. Esta energia é armazenada em compostos químicos complexos como os açúcares e amido. Esta energia armazenada é liberada quando estes compostos são quebrados em substâncias mais simples.

Quando nos alimentamos de plantas ou tecido animal, nosso sistema digestivo adiciona compostos químicos chamados enzimas que ajudam a quebrar o alimento. O processo digestivo converte a energia armazenada nos alimentos em outras formas de energia que o nosso cor-

po utiliza, como a energia mecânica que nos permite caminhar.

Muitas formas de energia normalmente utilizadas pelo homem são formas de energia química. Elas são normalmente chamadas de combustíveis. A forma de utilizar a energia química de muitos combustíveis é queimando-os, como fazemos com a lenha, com o gás natural, com a gasolina, com o carvão, entre outros. Quando esses combustíveis são queimados eles liberam calor, porque a reação química chamada combustão é uma reação exotérmica, a qual libera energia térmica na forma de calor.

Alguns combustíveis contêm uma grande quantidade de energia que pode ser liberada muito rapidamente. Estes combustíveis são chamados de explosivos. Quando a dinamite explode, por exemplo, sua energia química é transformada muito rapidamente em energia térmica e radiante, de um estado potencial para um estado cinético.

## 2.2 - Energia Radiante.

Os átomos podem absorver energia de uma fonte externa e posteriormente liberar (ou emitir) essa energia na forma de radiação eletromagnética. Esta radiação aparece na forma de ondas com diversas frequências.

A luz visível é energia eletromagnética emitida em frequências que nossos olhos podem ver. Energia eletromagnética emitida em comprimentos de onda que nossos olhos não podem enxergar assume a forma de radiação infravermelha, radiação ultravioleta, raios X, raios gama e ondas de rádio. Os raios gama têm frequências muito maiores que a luz visível. Ondas de rádio são o oposto; sua frequência é muito menor que a mais baixa frequência que nossos olhos podem enxergar.

Muitas fontes de energia emitem energia radiante. O Sol e outras estrelas são astros luminosos que produzem energia radiante através de reações nucleares. A luminescência, como a dos vaga-lumes, lulas e outros animais, resulta de processos biológicos. A luz pode ser produzida pela queima de querosene em um lampião, ou pela eletricidade em uma lâmpada.

## 2.3 - Energia Térmica.

A energia térmica é a energia que está relacionada com a temperatura, isto é, a energia do movimento ou vibração das moléculas. Átomos e moléculas, as menores partículas de qualquer substância, estão sempre em movimento. A movimentação da energia térmica usualmente não é visível, mas podemos ver e sentir seus efeitos. Utilizamos a energia térmica para cozer nossos

alimentos, aquecer água e para gerar eletricidade.

Energia térmica não é o mesmo que calor. Calor é energia térmica transferida entre substâncias ou sistemas devido a uma diferença de temperatura entre eles. Desta forma é correto dizer que um sistema possui energia térmica, mas não é correto dizer que ele contém calor, já que para isso é necessário ocorrer transferência de energia de um sistema para outro.

A quantidade de calor transferida por uma substância depende da velocidade e do número de átomos ou moléculas em movimento. Quanto mais rápido os átomos ou as moléculas se movem, maior a temperatura, e quanto maior o número de átomos ou moléculas em movimento, maior a quantidade de calor transferida.

Em substâncias sólidas, o movimento das partículas é limitado, apenas vibração. Se fornecermos calor ao sólido as moléculas se moverão mais rapidamente. Quando é fornecido calor suficiente o sólido derrete e se torna líquido, no qual as partículas se movimentam mais livremente. Fornecendo mais calor, eventualmente as moléculas ou átomos podem se movimentar desordenadamente, e a substância se transforma em gás. Estas mudanças de fase (sólido, líquido, gasoso), ocorrem em diferentes temperaturas, dependendo do material.

## 2.4 - Energia Nuclear.

A energia nuclear se realiza quando o núcleo dos átomos muda. Hidrogênio e Urânio são dois tipos de substâncias utilizadas para produzir energia nuclear. Em uma reação nuclear, a tremenda energia dos núcleos de Hidrogênio ou do Urânio é liberada.

A energia nuclear é liberada durante a fissão atômica, quando o núcleo de urânio se parte. Ela também aparece durante a fusão, quando núcleos de hidrogênio se combinam para formar um núcleo de hélio. Na fissão e na fusão, a energia nuclear produz energia térmica, que é fornecida na forma de calor. A fissão nuclear é utilizada para geração de energia elétrica em centenas de locais ao redor do mundo. O sol e outras estrelas utilizam a fusão nuclear para produzir energia térmica e radiante. Ainda não dominamos a tecnologia para controlar a reação de fusão nuclear, e por este motivo ela é muito perigosa. Ela continua sendo uma promessa para o futuro, visto o hidrogênio ser o elemento químico mais abundante do universo, e que o subproduto da reação de fusão (o Hélio), ao contrário do que ocorre na reação de fissão, é limpo e não oferece riscos.

A energia nuclear também tem outros usos. Na medicina ela é usada na radioterapia para tratamento do câncer. Também é utilizada como fonte de energia de grandes submarinos e navios, que podem permanecer no oceano por longos períodos sem reabastecimento, visto o combustível nuclear ocupar pouco espaço.

# Capítulo 3

## Fontes de energia

### 2.5 - Energia Elétrica.

A energia elétrica é a energia proporcionada pelo movimento de elétrons em um condutor. Nós não podemos enxergar, mas ela é uma das formas de energia mais versáteis, porque ela é relativamente fácil de transmitir e utilizar.

Qualquer material é composto de átomos, e cada átomo contém 1 ou mais elétrons que podem estar sempre em movimento. Quando elétrons são forçados ao longo de um caminho em uma substância condutora, o resultado é energia elétrica (eletricidade).

As plantas de geração de energia elétrica não criam energia. Elas transformam outras formas de energia em eletricidade. As centrais termelétricas, por exemplo, convertem a energia química armazenada nos combustíveis em energia térmica, que transforma a água em vapor, que por sua vez é transformado em energia mecânica na turbina. A turbina aciona um gerador que converte a energia mecânica em elétrica.

### 2.6 - Energia Mecânica.

A energia mecânica é a forma mais familiar de energia, está associada ao movimento. Qualquer objeto que esteja se movendo possui energia mecânica, seja ele um carro andando, um fruto que cai de uma árvore ou um foguete voando no espaço.

Máquinas utilizam energia mecânica para produzir trabalho. O corpo humano também utiliza energia mecânica para produzir movimentos como chutar uma bola ou mover um lápis para escrever em um papel.

#### CONVERSÕES DE ENERGIA

Podemos realizar conversões de cada uma das formas de energia relacionadas anteriormente para outra, e são justamente essas conversões que nos permitem a utilização da energia. Como em cada conversão ocorrem perdas, a energia disponível após uma conversão é menor que a inicial. Se realizamos sucessivas conversões, as perdas vão se acumulando, e o processo tende a ser menos eficiente.



Grande parte da energia da Terra vem do sol na forma de energia radiante. As plantas convertem essa energia em energia química através do processo de fotossíntese. Esta energia química é armazenada, como vimos, na forma de açúcares e amido, e é utilizada para o crescimento da planta ou por animais que dela se alimentam. Quando queimamos plantas como as árvores, a energia potencial armazenada é liberada imediatamente na forma de energia térmica (calor) e energia radiante (luz), ao que chamamos de fogo.

A energia radiante do Sol faz com que algumas partes da terra se aqueçam mais do que outras. As camadas de ar próximas destas partes mais quentes também se aquecem e se elevam. Ar frio das regiões menos aquecidas flui para repor estas camadas de ar que se elevaram. Este fluxo de ar é chamado de vento.

A energia radiante do sol também faz com que a água se evapore se transformando em vapor d'água, que se eleva até camadas mais altas da atmosfera, formando as nuvens. A tremenda energia das tempestades e dos ventos é proporcionada pela energia radiante do Sol.

Ao longo de milhões de anos, incontáveis plantas e animais morreram e foram lentamente enterrados no solo, onde foram comprimidos. A energia química neles armazenada foi concentrada no petróleo, carvão e gás natural. Esses combustíveis, criados por plantas e animais que viveram há muito tempo atrás, são chamados combustíveis fósseis. Os combustíveis fósseis atualmente fornecem aproximadamente 70% de toda a energia que utilizamos.

As quatro fontes principais ou primárias de energia que utilizamos hoje são:

- energia de combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural);
- energia geotérmica (calor do centro da Terra);
- energia nuclear (urânio e plutônio); e
- energia solar (Sol).

Em adição a essas fontes primárias de energia, há também fontes secundárias de energia, que são produzidas pelo uso das fontes primárias. A eletricidade é uma fonte de energia secundária que é produzida pelo uso de uma das fontes de energia primária mencionadas anteriormente. A energia hidráulica, a energia eólica, a queima da madeira e os alimentos que ingerimos são outras fontes secundárias de energia que vêm da fonte primária que é o Sol.

Os combustíveis fósseis são considerados uma fonte primária de energia, embora tenham retirado sua energia original do Sol.

# Capítulo 4

## Energias renováveis e não renováveis

Conforme já foi dito, boa parte da energia que utilizamos vem do carvão, do petróleo, do gás natural ou de elementos radioativos. Eles são considerados fontes não renováveis porque uma vez que são retirados do solo e utilizados eles não são imediatamente repostos. De fato, os depósitos mundiais de gás, petróleo e carvão precisaram milhões de anos para se formar. O Urânio, que é utilizado como fonte de energia nuclear existe em pequena quantidade. Nos já teremos utilizado a maior parte das reservas conhecidas em menos de duzentos anos. Como já foi dito, fontes de energia não renováveis não podem ser repostas em escalas de tempo humanas.

As energias renováveis por outro lado são rapidamente repostas e usualmente estão disponíveis como uma fonte não esgotável. As energias renováveis resultam do fluxo natural da luz do Sol, dos ventos ou da água na Terra. Com a ajuda de equipamentos especiais nós podemos capturar parte desta energia e utilizá-la em nossos lares e outras instalações. Enquanto durar a luz do Sol, a água e os ventos continuarão a fluir e árvores e outras plantas continuarão a crescer, nos dando acesso a uma fonte de energia inesgotável.

### SOL – ORIGEM DE TODA A ENERGIA

No capítulo anterior, você deve ter percebido que a grande maioria das fontes de energia de que dispomos, originam-se, direta ou indiretamente, do Sol. A energia das plantas, dos animais, a energia eólica a energia hidráulica e mesmo os combustíveis fósseis, retiram ou retiraram sua energia do Sol. Por esse motivo é que podemos dizer que o Sol é a origem de toda a energia, e conseqüentemente, sem ele, não poderíamos sobreviver.



# Capítulo 5

## Tipos de energia renovável

As energias renováveis, conforme foi dito, são aquelas que são, em princípio, inesgotáveis. São também aquelas que, em sua maior parte, dependem diretamente do Sol, e que listamos a seguir.

- energia solar;
- energia eólica;
- biomassa;
- energia hidráulica;
- energia geotérmica;
- células de combustível.

A seguir serão apresentadas as características destas formas de energia, e os métodos e dispositivos para seu aproveitamento.

### 5.1 - Energia Solar.

Embora boa parte das energias renováveis tenham sua origem no sol, e por esse motivo possam ser chamadas de “energia solar”, este termo se refere ao aproveitamento direto da luz do Sol para produção de calor ou eletricidade.

Por bilhões de anos, o Sol tem enviado à Terra grandes quantidades de energia em diversas formas, incluindo luz, calor, ondas de rádio e inclusive raios X. A Terra, em órbita em torno do Sol, intercepta uma parcela muito pequena da imensa potência saída do Sol. Na Terra a luz do Sol está disponível do nascer ao pôr do Sol, causando o aquecimento da superfície terrestre e movimentando as correntes marítimas, os rios e os ventos. Módulos e coletores solares são projetados para capturar parte da energia do Sol e convertê-la em formas utilizáveis como calor e eletricidade. De fato, a luz do Sol é uma excelente fonte de calor e eletricidade, as duas mais importantes formas de energia que utilizamos. A energia solar está se tornando popular para suprimento de locais remotos como torres de comunicação, aplicações na agricultura, aquecimento de piscinas, e várias outras aplicações em todo o mundo.

Os maiores problemas e dificuldades na utilização da energia solar são, em primeiro lugar, a intermitência e a variação na forma como essa energia chega na superfície terrestre, e em segundo lugar a grande área necessária para coletar energia em uma quantidade economicamente viável.

A energia solar pode ser aproveitada através das tecnologias ou equipamentos que descrevemos a seguir.

### 5.1.1 - Energia Fotovoltaica.

A energia fotovoltaica consiste na conversão direta da luz do Sol em eletricidade, utilizando painéis fotovoltaicos. Um painel fotovoltaico é um dispositivo não-mecânico, normalmente fabricado com ligas de Silício. A luz do Sol é composta de fótons, ou partículas de energia solar. Estes fótons contêm energia, correspondente às diversas frequências do espectro da luz solar. Quando os fótons atingem o painel fotovoltaico, eles podem passar por ele, serem refletidos ou absorvidos. Apenas os fótons absorvidos fornecem energia para gerar eletricidade. Quando energia suficiente é absorvida da luz solar pelo material (um semicondutor), elétrons são deslocados dos átomos que compõem o material. Tratamentos especiais da superfície do material durante sua fabricação, fazem com que esta se torne mais receptiva aos elétrons, que se deslocam então para ela. Quando os elétrons deixam sua posição original, vazios são formados. Quando vários elétrons, cada um com sua carga negativa, viajam através da superfície frontal da célula, o desequilíbrio de cargas resultante entre a parte frontal e posterior da célula dá origem a uma diferença de potencial como aquela dos terminais positivo e negativo de uma bateria. Quando as duas superfícies são conectadas através de uma carga externa, ocorre o fluxo de elétrons (eletricidade).

A célula fotovoltaica é a unidade básica de um sistema fotovoltaico. As células individuais variam em tamanho entre 1 e 10 cm. Entretanto cada célula produz apenas 1 ou 2 watts, que não é potência suficiente para a maioria das aplicações. De forma a aumentar a potência de saída, as células são eletricamente conectadas na forma de um módulo fotovoltaico. Os módulos, por sua vez, podem ser conectados formando arranjos que, em função de sua configuração, permitem obtenção de diversos valores de tensão e potência.



Figura 5.1 – Aspecto de um módulo fotovoltaico



Figura 5.2 – Conexão de diversos módulos fotovoltaicos para uso em uma residência.

O desempenho do painel fotovoltaico depende da intensidade da luz solar. As condições climáticas (nuvens, por exemplo) têm um efeito significativo sobre a quantidade de energia solar recebida por um painel solar e conseqüentemente sobre seu desempenho. A tecnologia atual de painéis fotovoltaicos possibilita uma baixa eficiência de conversão, da ordem de 10%, sendo que pesquisas realizadas indicam a possibilidade de elevar esta eficiência para valores da ordem de 20%.

As células fotovoltaicas foram descobertas em 1954 quando pesquisas da Bell Telephone examinavam a sensibilidade de um sanduíche de silicone adequadamente preparado, à luz solar. Posteriormente, ainda nos anos 50, painéis fotovoltaicos foram utilizados para alimentação de satélites norte americanos. O sucesso dos painéis no espaço viabilizou sua utilização comercial. Sistemas fotovoltaicos simples alimentam muitas das pequenas calculadoras e relógios de pulso utilizados atualmente. Sistemas mais elaborados fornecem eletricidade para bombeamento de água, alimentação de sistemas de comunicação e até eletricidade para nossas casas.

A conversão da luz solar em eletricidade é direta, e nenhum sistema gerador mecânico é necessário. A característica modular dos painéis fotovoltaicos permite arranjos que podem ser instalados rapidamente e em qualquer tamanho necessário ou desejado.

Embora o impacto ambiental da utilização de um sistema fotovoltaico seja mínimo, não necessitando de água para refrigeração e nem gerando subprodutos, o seu processo de fabricação gera subprodutos poluentes. Além disso, a relação entre a energia produzida ao longo da vida útil do painel e a energia necessária para sua fabricação, o chamado Fator de Produção, é bastante inferior à de outras formas de produção de energia, conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 5.1 – Fatores de produção para algumas tecnologias de geração

FORMA DE GERAÇÃO	FATOR DE PRODUÇÃO
Fotovoltaica	3 a 5
Pequena central hidrelétrica	80 a 100
Termosolar	20 a 50
Eólica	10 a 30

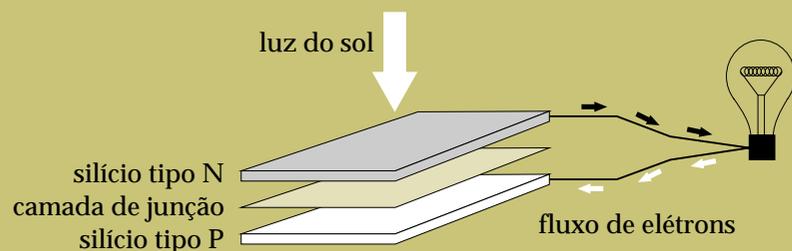
As células fotovoltaicas, como as baterias, produzem corrente contínua (CC), ao passo que a maioria das cargas existentes como máquinas, eletrodomésticos, lâmpadas, devem ser alimentadas com corrente alternada (CA). Quando a energia produzida por painéis fotovoltaicos for ser utilizada para fins comerciais ou vendida para as concessionárias de energia utilizando o sistema elétrico, ela deve, portanto, ser convertida de CC para CA. Historicamente os painéis fotovoltaicos vêm sendo utilizados para fornecimento de eletricidade em locais remotos.

## COMO FUNCIONAM AS CÉLULAS SOLARES

As células fotovoltaicas são construídas através da laminação de materiais especiais chamados semicondutores em camadas finas formando sanduíches. Existem três camadas, sendo a superior de silício tipo N, que libera partículas de carga elétrica negativa chamadas elétrons quando estimulado pela luz solar. A camada inferior é constituída por silício tipo P, que desenvolve uma carga positiva quando estimulado pela luz solar. A camada intermediária é chamada de “camada de junção” e funciona como um isolante entre as camadas de silício P e N.

Quando a luz solar atinge a camada superior ela libera elétrons que formam uma carga negativa nesta camada. Estes elétrons são atraídos para a camada inferior positiva, porém são forçados a passar por um circuito elétrico. Elétrons gerados na camada superior de diversas células se movimentam juntos de forma a compor uma corrente elétrica que pode alimentar um motor, uma lâmpada, ou outra carga qualquer.

Quando terminam seu trabalho, os elétrons podem retornar para a camada inferior da célula solar, completando o circuito. A quantidade de energia que o painel pode produzir depende da intensidade da luz, do número de células do painel, e como uma é conectada à outra.



### 5.1.2 – Energia Termo Solar.

A principal aplicação da energia térmica solar atualmente é no aquecimento de piscinas, aquecimento de água para consumo doméstico e aquecimento de ambientes. Para essas funções, a prática geral é a utilização de coletores planos de energia solar com posição de operação (orientação) fixa.

No hemisfério sul, as placas devem ser instaladas voltadas para o norte com um ângulo de inclinação igual ao ângulo de latitude do local de instalação acrescido de 15°. A utilização destas placas no Brasil, país no qual o aquecimento de água é realizado principalmente por resistências elétricas, permite um importante alívio de carga, principalmente nos horários de ponta, além de

uma economia de energia para o consumidor que permite a rápida amortização (pagamento) do investimento realizado na aquisição do aquecedor solar.

Os aquecedores solares podem ser classificados, de forma geral, em duas categorias que são sem concentração e com concentração. No tipo sem concentração, mostrado na figura 5.3, a área do coletor (que é a área que intercepta a radiação solar) é igual à área de absorção (que é área que

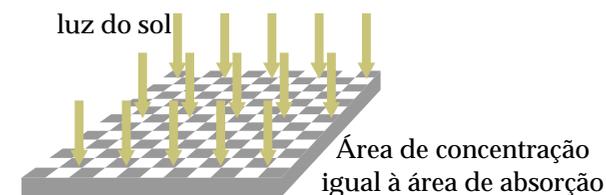


Figura 5.3 – Diagrama esquemático de um coletor solar sem concentração

absorve a radiação). No coletor com concentração, mostrado na figura 5.4, a área que intercepta a radiação solar é maior, em alguns casos centenas de vezes maior que a área de absorção. Normalmente para aplicações como aquecimento de ambientes e aquecimento de água para utilização doméstica as placas planas sem concentração são suficientes.

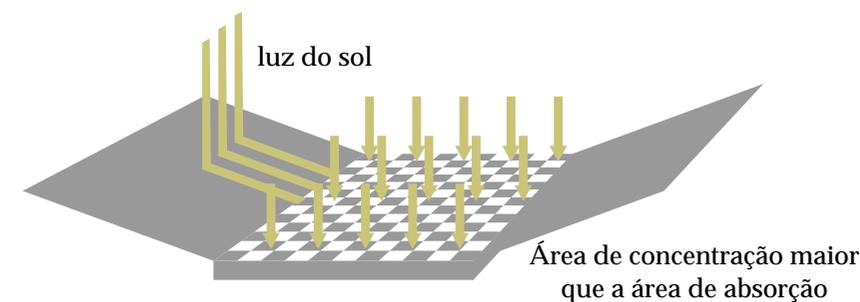


Figura 5.4 – Diagrama esquemático de um coletor solar com concentração

Existem diversas formas construtivas para os aquecedores solares planos, mas a maioria delas consiste de um elemento absorvedor que intercepta e absorve a energia solar, uma cobertura transparente que permite a passagem da radiação solar e reduz a perda de calor do elemento absorvedor, um fluido transportador de calor (ar ou água) circulando em tubos para remover o calor dos absorvedores e de um reservatório isolado termicamente.

Os sistemas de aquecimento solar podem ainda ser classificados como ativos ou passivos. Nos passivos a circulação se dá devido às diferenças de temperatura do fluido (convecção), enquanto que nos ativos a circulação é promovida por bombas acionadas normalmente por motores elétricos. No caso de aquecimento de piscinas, como esta se transforma no reservatório e está normalmente localizada em um nível inferior ao das placas a utilização de bombas para circulação é obrigatória.

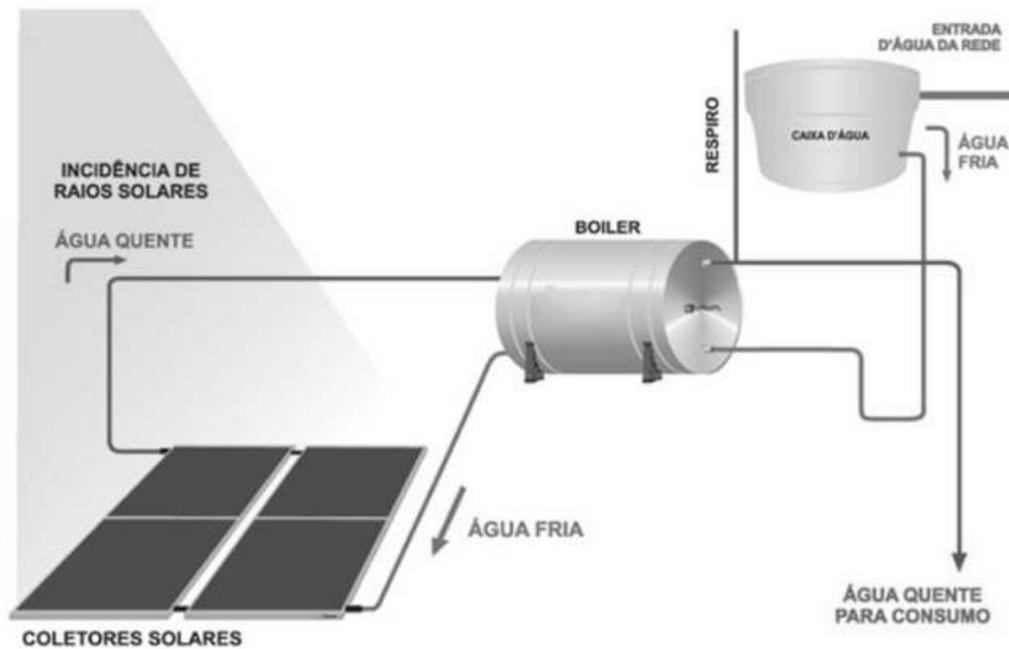


Figura 5.5 - Esquema de um aquecedor residencial de água. (Fonte -Unasol)

### 5.1.3 - Plantas Termosolares

Plantas termosolares utilizam os raios de sol para aquecer um fluido, sendo o calor transferido pelo mesmo utilizado para produção de vapor. O vapor, por sua vez, é convertido em energia mecânica em uma turbina e posteriormente em energia elétrica através de um gerador convencional acoplado à turbina. As plantas termosolares são essencialmente as mesmas das tecnologias convencionais, exceto que, nas tecnologias convencionais utiliza-se como fonte de energia para aquecimento os combustíveis fósseis que são queimados. Plantas termosolares devem utilizar concentradores devido às elevadas temperaturas do fluido de trabalho. Os 3 tipos de plantas termosolares em uso ou em desenvolvimento são as com calha parabólica, refletor solar e torre solar.

A calha parabólica é o mais avançado dos sistemas concentradores. Esta tecnologia é utilizada em todo o mundo em grandes plantas termosolares que operam interligadas a sistemas elétricos. Esta calha é dotada de um refletor de perfil parabólico que foca a radiação solar em um coletor linear localizado no foco da parábola. A calha é orientada na direção Leste Oeste, de forma a assegurar radiação durante todo o dia. Devido ao perfil parabólico é possível conseguir concentrações entre 30 e 100 vezes a radiação normal do Sol em um duto localizado ao longo da linha focal do coletor, o que proporciona temperaturas superiores a 400 °C.

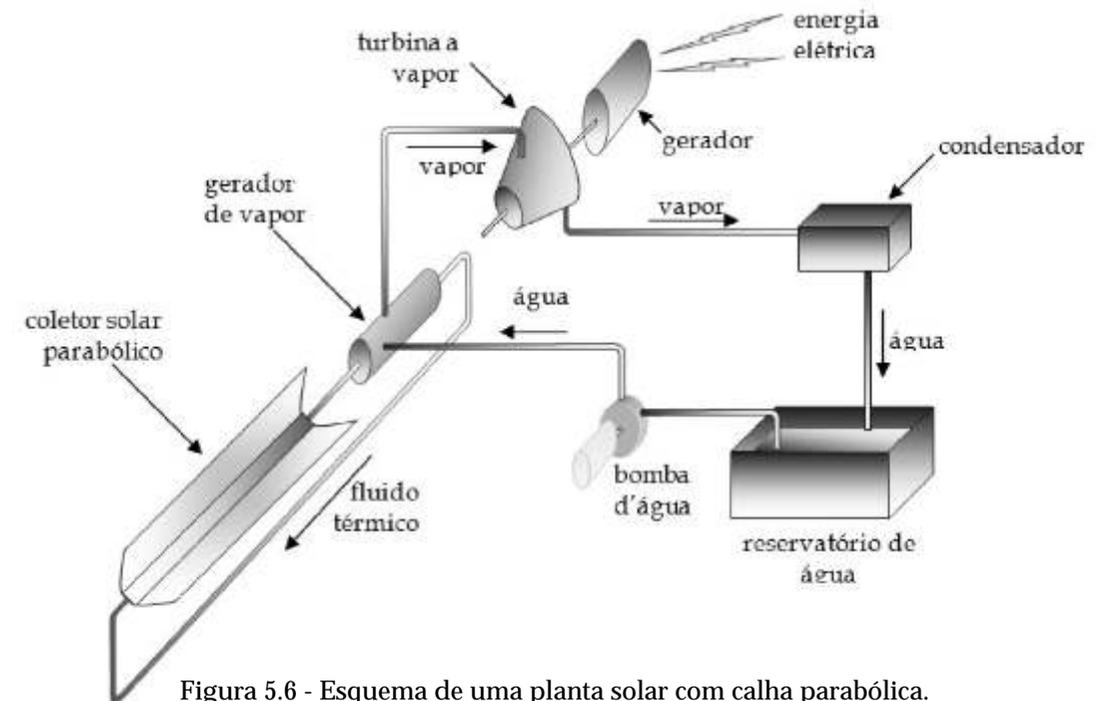


Figura 5.6 - Esquema de uma planta solar com calha parabólica.



Figura 5.7 - Aspecto de uma calha parabólica de uma central termo solar

Para a efetiva produção de energia associam-se muitas calhas que formam um grande conjunto captor de energia, através do qual circula o fluido que vai sendo aquecido. Na saída do conjunto o fluido aquecido passa por trocadores de calor que aquecem água para produção de vapor superaquecido. Este vapor alimenta grupos turbogeradores convencionais que produzem energia elétrica. O fluido que perdeu calor no processo de produção de vapor retorna aos captos

res solares para ser reaquecido. As centrais geradoras deste tipo são especificadas para operarem a plena carga utilizando apenas a energia solar, desde que haja insolação suficiente. Entretanto, todas as plantas são do tipo híbridas solar/combustível fóssil, para que possam operar nos períodos de fraca radiação solar.

Os sistemas com refletor solar utilizam refletores concentradores que captam a luz solar e a concentram em um ponto. O regime de concentração é da ordem de 2.000 vezes, o que permite que sejam atingidas temperaturas, no fluido de trabalho, da ordem de  $750^{\circ}\text{C}$ . O equipamento gerador de energia neste caso é montado no ponto focal do refletor, e consiste de um dispositivo que aproveita a expansão do fluido de trabalho, quando este é aquecido, para fazer funcionar uma turbina ou deslocar um pistão, produzindo energia mecânica. O dispositivo mecânico aciona um gerador que produz a energia elétrica.



Figura 5.8 – Aspecto de uma torre solar

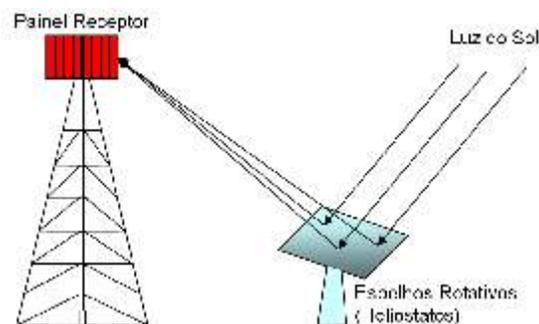


Figura 5.9 – Diagrama esquemático de uma torre solar

A torre solar gera energia elétrica a partir da luz do Sol, focando energia solar concentrada em um trocador de calor montado em uma torre (receptor). Este sistema utiliza centenas ou milhares de espelhos que seguem a posição do sol, chamados de heliostatos, que refletem e concentram a luz solar na torre receptora central. A concentração conseguida pode ser superior a 1.500 vezes a intensidade normal da luz solar. As perdas de energia são minimizadas já que ela é transferida diretamente dos heliostatos para o receptor, sem utilizar fluidos de transporte como no caso das calhas parabólicas. Este tipo de sistema de geração deve ser grande para ser economicamente viável. Embora as torres solares estejam nos passos iniciais de desenvolvimento comparado às calhas parabólicas, já foram construídas diversas unidades de teste em todo o mundo.

A energia concentrada é utilizada para produção de vapor no próprio receptor, que é então utilizado em grupos turbogeradores convencionais para produção de energia elétrica.

O sol é o grande responsável pela criação dos ventos. O vento sobre os continentes e oceanos ocorre devido às diferenças de temperatura ao redor da terra. Alguns locais, principalmente aqueles próximos do equador, recebem maior incidência de luz solar direta do que aqueles próximos dos pólos Norte e Sul. Como resultado, o ar sobre as áreas mais quentes se aquece e se eleva. O ar frio das áreas próximas se movimenta de forma a preencher o espaço deixado pelo ar que se elevou, criando o vento de superfície. O ar está em constante movimento. Em alguns locais, especialmente ao longo da costa e nas montanhas, o vento fornece uma confiável fonte de energia mecânica. Os homens têm inventado diversos dispositivos para aproveitar a energia dos ventos e colocá-la em uso prático.

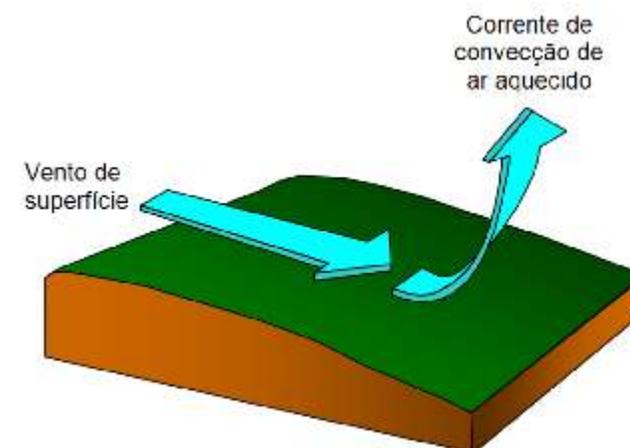


Figura 5.10 – Formação dos ventos

Um dos mais antigos usos da energia eólica é para transporte. Foram as caravelas, movimentadas pelo vento, que permitiram que o homem pudesse empreender viagens por grandes distâncias. O chamado período das grandes navegações foi aquele no qual as descobertas de novas terras e o comércio se intensificou. Durante muito tempo, até o aparecimento da máquina a vapor, o transporte marítimo era realizado por embarcações movimentadas pelo vento.

Muito antes do desenvolvimento da tecnologia de produção de eletricidade, turbinas eólicas primitivas foram muito usadas em moinhos de vento em diversos locais da Europa, durante vários séculos, para acionar discos de granito para moagem de grãos como trigo e milho. A Holanda é famosa por seus moinhos, embora, na verdade, muitas destas estruturas não sejam moinhos, mas sim bombas d'água. Novas terras para agricultura foram obtidas ao longo da costa através da construção de diques e do bombeamento da água do mar. Os "moinhos" foram a fonte de energia mecânica que possibilitou este bombeamento e a obtenção das novas terras.

Nas últimas décadas tem se tornado popular a utilização de turbinas eólicas para geração de eletricidade. Para produzir eletricidade o eixo da turbina deve ser conectado a um gerador elétrico. Como as velocidades de rotação da turbina são baixas, na maioria das aplicações é necessário utilizar um multiplicador de velocidades entre o eixo da turbina e o do gerador. Os geradores para essa aplicação devem ser pequenos e leves já que devem ser alojados no alto da torre que suporta o conjunto gerador. A energia gerada é transferida para o sistema elétrico ou para baterias, para ser armazenada ou utilizada.

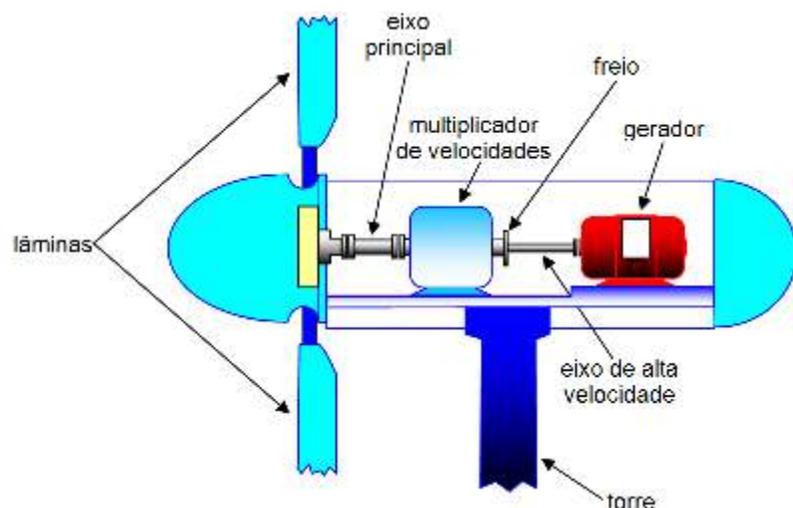


Figura 5.11 – Diagrama esquemático de um gerador eólico.

A produção de energia elétrica em escala comercial utilizando turbinas eólicas é atualmente realizada nas chamadas “fazendas eólicas” em diversos locais em todo o mundo. As fazendas eólicas consistem de linhas de torres, algumas com 90 metros de altura, equipadas com gigantescas turbinas eólicas. Estas fazendas em locais de grande oferta de vento, e existem sistemas deste tipo no Canadá, Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos, Espanha e Índia. A Dinamarca e a Alemanha foram as pioneiras no desenvolvimento desta tecnologia, razão pela qual a indústria deste tipo de equipamento é mais avançada nestes países. No Brasil, em parte devido à existência de fontes de energia renovável de menor custo, como as hidrelétricas, ainda não está muito difundido o uso de geradores eólicos. No entanto já existem algumas instalações para produção comercial, principalmente no litoral nordestino.

As centrais eólicas estão se tornando técnica e economicamente muito interessantes hoje em dia. As turbinas eólicas podem ser instaladas rapidamente e com custo baixo comparativamente às centrais termelétricas. Os modernos equipamentos eólicos são eficientes e muito confiáveis. O impacto ambiental de grandes turbinas eólicas é desprezível comparado àquele resultante de uma mina de carvão ou de um lago de uma hidrelétrica, e durante seu funcionamento não



Figura 5.12 – Turbina eólica de pequeno porte utilizada para produção de energia em áreas rurais.

ocorre nenhuma poluição do ar ou da água já que não ocorre queima de combustível. Devido a estas características a energia eólica é reconhecida como a tecnologia de produção de energia que mais irá crescer nos próximos anos. O mais sério impacto ambiental das turbinas eólicas talvez seja seu efeito negativo nas populações de pássaros selvagens e o impacto visual na paisagem

De forma a reduzir o impacto visual citado acima a tendência atual é a instalação destes equipamentos não mais em terra firme, mas sim em águas costeiras rasas.

Turbinas eólicas pequenas e de elevada eficiência estão se tornando popular como fonte de energia para áreas rurais. O custo de instalação de uma turbina deste tipo pode ser competitivo com aquele necessário para aquisição de transformadores, postes, fios e outros equipamentos necessários para conexão ao sistema elétrico. A vantagem é que o consumidor possui o seu próprio equipamento de geração e fica livre do pagamento das faturas mensais de energia.

### 5.3 - Biomassa.

Bioenergia é a energia que foi armazenada em materiais por coisas vivas. Um exemplo cotidiano de bioenergia é a queima de madeira. Madeira é produzida pelo crescimento das árvores e contém substâncias altamente inflamáveis. A queima de madeira é provavelmente a mais antiga fonte de energia da humanidade. Outras fontes de bioenergia incluem os álcoois e o biogás. O álcool é um líquido inflamável fabricado a partir da fermentação de certos vegetais, e o biogás é um gás inflamável similar ao gás natural, porém produzido por bactérias.

A diferença entre os combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo e os combustíveis fornecidos por organismos vivos como as árvores, é que estes últimos são renováveis. Embora os combustíveis fósseis tenham se originado de seres vivos que viveram há muito tempo atrás, o tempo para reposição destes combustíveis é muito grande (milhões de anos), motivo pelo qual, para propósitos práticos, são consideráveis não renováveis. Para serem considerados renováveis, os recursos precisam ser repostos dentro de uma escala de tempo humana. Por exemplo, a madeira utilizada em um fogão a lenha pode ser rapidamente repostada pelas árvores.

O carvão, por outro lado, pode ser retirado da terra apenas uma vez, e não pode ser reposto. Se uma floresta tiver manejo adequado ela poderá proporcionar madeira para sempre. O mesmo acontece com outras formas de energia como o álcool, o biodiesel e o biogás.

### 5.3.1 - Combustível das fibras.

Muitas plantas verdes possuem grandes quantidades de um resistente material chamado celulose. A celulose é o principal ingrediente da madeira, e é extraída para fabricação do papel. As plantas verdes fabricam celulose a partir de açúcares, que por sua vez são produzidos no processo de fotossíntese. Devido ao fato da celulose ser feita de açúcares, ela contém uma quantidade razoável de energia química armazenada, originalmente vinda do Sol. Esta energia química pode ser liberada na forma de calor com a queima da madeira. A madeira vem sendo usada como combustível há muito mais tempo que qualquer combustível fóssil. Em alguns países, a madeira continua sendo o principal combustível para aquecimento e cozimento. Em locais onde a madeira é escassa, outras formas de fibras vegetais são utilizadas. Relva, turfa, e qualquer esturme bovino podem ser usados como combustíveis, porém esses materiais produzem muita fumaça. Como esses materiais podem ser naturalmente repostos, eles são considerados uma fonte de energia renovável. Entretanto, se muita madeira é utilizada muito rapidamente ou de uma forma que provoque danos no solo ou em outras partes do ecossistema, resultam severos danos ambientais.

### 5.3.2 - Etanol e metanol.

Etanol e metanol são álcoois e são altamente inflamáveis. Eles podem ser fabricados a partir de açúcares ou fibras vegetais. O álcool é produzido colocando-se matéria vegetal em grandes tanques chamados digestores. Dentro desses tanques, produtos químicos ou fermentos são adicionados para converter a matéria vegetal em álcool. O álcool é extraído, purificado, e preparado para ser utilizado como combustível. Tanto o etanol como o metanol são excelentes combustíveis para carros e caminhões. Eles queimam de forma muito limpa e fornecem mais potência que a gasolina.

O metanol e o etanol são substâncias mortais, especialmente nas quantidades utilizadas para torná-los combustíveis para transporte. O metanol é especialmente tóxico. Mesmo pequenas quantidades inaladas na forma de gás, ou ingeridas podem causar cegueira, sérios danos fisiológicos e até morte.

No Brasil existe, já há algumas décadas, um programa chamado Proalcool, que fornece in-

centivos para o desenvolvimento de processos de produção de álcoois e motores a álcool. Uma boa parte da frota brasileira atual roda diretamente com álcool, e esta parcela tende a crescer com o recente lançamento dos carros bicompostível (álcool e gasolina). Apenas a parcela de aproximadamente 20% de álcool misturado à gasolina corresponde a 20% da frota rodando com álcool. Entre as vantagens da utilização do álcool está o fato deste combustível ser menos poluente e renovável, além de ser um produto totalmente nacional. Está agora no início do desenvolvimento o programa de Biodiesel, que é similar ao Proalcool, porém destinado à substituição do óleo Diesel (de origem fóssil), por um óleo combustível de origem vegetal. A vantagem neste caso, além daquelas citadas para o álcool, é que não há necessidade de modificação dos motores.

### 5.3.3 - Biogás.

A maioria dos mamíferos e inclusive os humanos, produzem um gás inflamável chamado “biogás” em seu processo digestivo. Bactérias que vivem em nosso sistema digestivo produzem metano quando quebram a celulose presente nos alimentos. O biogás também é produzido em pântanos e terrenos úmidos nos quais grande quantidade de vegetação apodrecida se acumula. O biogás consiste principalmente de um gás chamado metano, que é o mesmo “gás natural”, comumente queimado em nossos fogões. O biogás pode ser utilizado, da mesma forma que o gás natural, para aquecimento e cozimento.

Os homens aprenderam a multiplicar este processo de produção de gás em tanques chamados geradores de biogás ou biodigestores. Para iniciar o processo, matéria vegetal picada e fezes de animais são misturadas com água no biodigestor. Muitos tipos de bactérias de ocorrência natural são adicionadas juntamente com a matéria vegetal. O tanque é então fechado de forma que o ar não possa entrar. Em alguns dias, um tipo especial de bactéria dentro do tanque começa a produzir gás. Este tipo de bactéria é conhecido como “metanogênica”, porque elas produzem metano, o principal ingrediente do biogás. O biogás forma bolhas na mistura, que se dirigem para o topo do tanque, e que pode ser armazenado em balões para uso posterior.

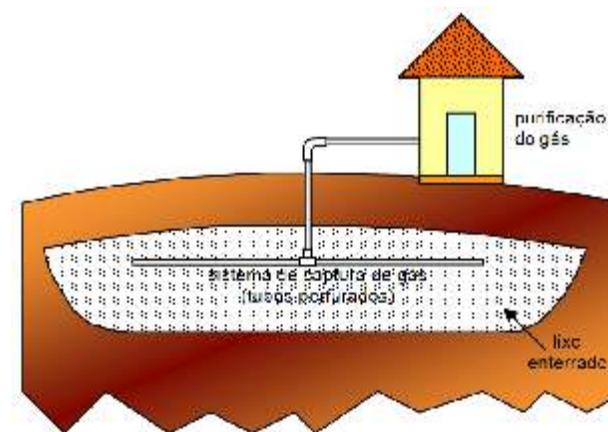


Figura 5.13 – Sistema para produção de biogás em aterros sanitários.

Quando a produção de gás no biodigestor ficar muito lenta, deve-se retirar o material do tanque e substituí-lo

por um novo. Embora o material velho não possa mais ser utilizado para a produção de biogás, ele contém grande quantidade de material vegetal e outros materiais orgânicos, e funciona como um excelente adubo.

Outra fonte de biogás, mostrada na figura anterior, são os aterros sanitários. Neles, grandes quantidades de lixo são enterradas, juntamente com bactérias, que iniciam a produção do biogás. Este gás pode ser coletado e utilizado para queima. O biogás pode conter traços de gás sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), particularmente no caso dos aterros sanitários. Deve-se tomar muito cuidado com este gás, que é mortal mesmo em pequenas quantidades.



### O CO<sub>2</sub> NA ATMOSFERA

Quando utilizamos um combustível qualquer, seja ele fóssil ou renovável, um dos subprodutos que aparece é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O CO<sub>2</sub> é um dos chamados gases estufa, que acumulado na atmosfera terrestre contribui para o aquecimento global.

As plantas, ao realizar a fotossíntese, absorvem o CO<sub>2</sub> e liberam oxigênio. Quando se utilizam biocombustíveis, uma boa parte do CO<sub>2</sub> liberado acaba sendo absorvido pelos vegetais que darão origem a mais biocombustível. Quando utilizamos um carro a álcool, por exemplo, estamos jogando CO<sub>2</sub> na atmosfera, mas este mesmo CO<sub>2</sub> será absorvido pelos canaviais que são plantados para a fabricação de álcool. Este é um mecanismo muito interessante, que permite uma redução substancial nos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

## 5.4 - Energia Hidráulica.

Em todo o planeta a água está em movimento. Em rios e riachos, a água se movimenta movida pela força da gravidade. Esta água se inicia como chuva ou neve nas terras mais altas ou nas montanhas. A água forma riachos e córregos que se juntam formando grandes rios. Muitos rios terminam seu caminho no oceano, onde despejam grandes massas de água doce e sedimentos. A evaporação da superfície de rios, lagos e oceanos leva a água para a atmosfera como vapor d'água invisível. Sob condições adequadas, o vapor se condensa no ar formando nuvens, e possivelmente chuva, neve ou granizo. Chuvas sazonais e quedas de neve despejam água nas nascentes, completando um sistema ecológico muito importante chamado “ciclo da água” ou “ci-

clo hidrológico”. Por oferecer água às terras altas, o ciclo hidrológico assegura que sempre haja energia disponível nos cursos d'água.

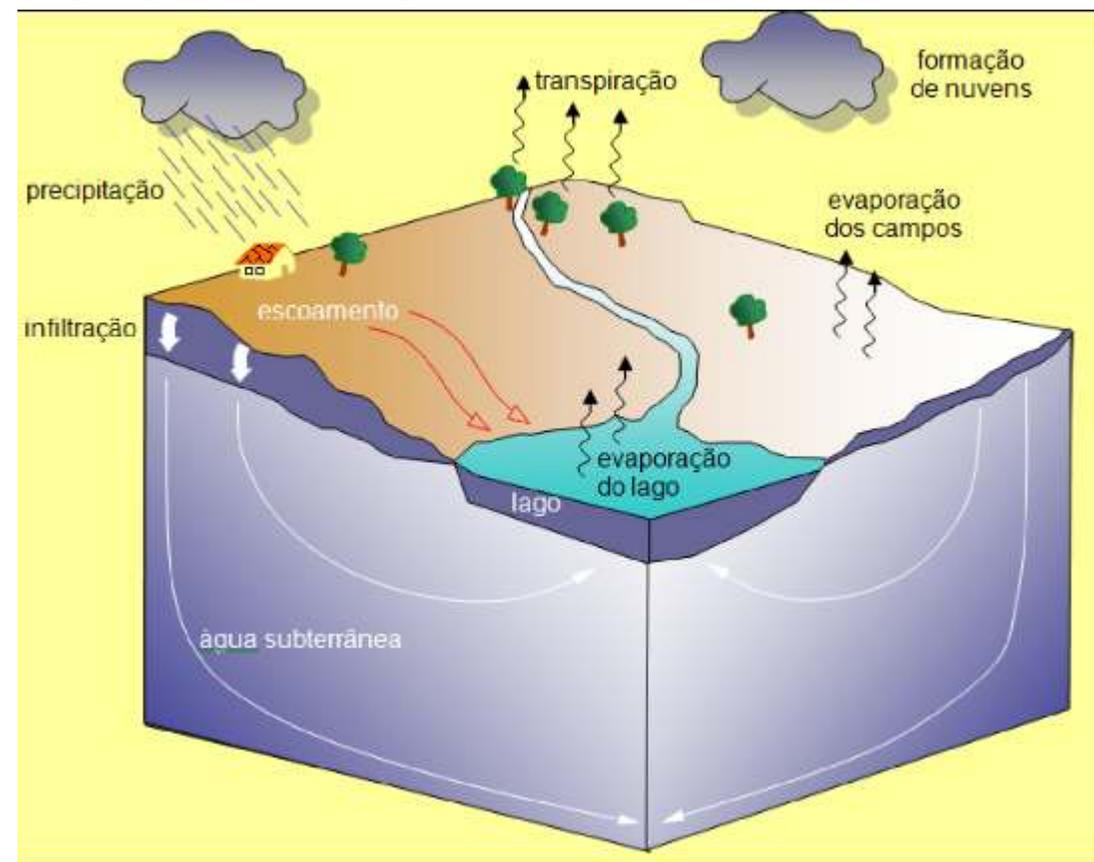


Figura 5.14 – Ciclo hidrológico

Rios e riachos estão entre as maiores forças da natureza. A força da água movendo-se em um rio de tamanho moderado pode exceder vários milhões de cavalos vapor (HP). Ao longo do tempo, esta força cortou montanhas e levou bilhões de toneladas de solo e escombros para os oceanos. É essa força, chamada de “energia hidráulica” que os homens procuraram capturar quando imaginaram e construíram as represas para geração de energia elétrica.

Os rios são a mais familiar forma de água em movimento, mas existem outras. As ondas do mar, as correntes marítimas e as marés movem quantidades inimagináveis de água todos os dias. As ondas são causadas pelo vento que sopra a superfície do oceano, enquanto as correntes podem ser originadas também por ventos ou por diferenças de temperatura entre massas de água. As marés aparecem como resultado da atração gravitacional da Lua sobre as grandes massas de água oceânicas. A ação das ondas, correntes e marés é especialmente notada nas zonas costeiras

e nas ilhas, onde causam erosão significativa.

O movimento da água é uma importante fonte de energia mecânica. A água é muito densa comparada com o ar, e um fluxo de água carrega muito mais energia que a mesma quantidade de ar em movimento. Os homens há muito tempo admiram o poder da água se movendo, e têm usado esta força já há centenas de anos.

As máquinas mais antigas para utilização da energia hidráulica são as rodas d'água. Antes da eletricidade, era comum a utilização das rodas d'água para fornecer a força para acionamento de moinhos, serrarias, bombas d'água, entre outras aplicações.

As máquinas hidráulicas foram se desenvolvendo, e são atualmente as máquinas de melhor rendimento, que pode chegar a valores próximos de 90%. Como vimos anteriormente, o rendimento de um motor a gasolina, por exemplo, é da ordem de 30%. Nos países que dispõem de uma grande quantidade de rios e relevo adequado, a energia elétrica gerada a partir do aproveitamento da energia hidráulica, nas chamadas hidrelétricas, é predominante. O Brasil é um destes casos, e aqui por volta de 85% de toda a energia elétrica gerada é produzida em hidrelétricas.

As centrais hidrelétricas aproveitam um desnível existente em um curso d'água, ou criam ou aumentam este desnível através da construção de barragens. A água é captada no ponto mais alto e flui por tubulações que as fazem passar por "turbinas hidráulicas" que realizam a conversão da energia hidráulica em energia mecânica. A energia mecânica assim obtida (rotação de um eixo), e então convertida pelos geradores em energia elétrica, que é então utilizada para alimentação de indústrias, comércio, residências e áreas rurais.

As chamadas grandes centrais hidrelétricas, normalmente estão associadas a grandes barragens e grandes reservatórios, que causam um impacto ambiental e social severo. As barragens bloqueiam os caminhos naturais de migração dos peixes, e o reservatório inunda grandes áreas de terra que, além da ocupação animal e vegetal, podem ter ocupação humana. Além disso, estas terras, por se localizarem próximo aos cursos d'água, são normalmente terras férteis que obviamente não mais poderão ser utilizadas para produção de alimentos.

As chamadas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's), são uma opção de aproveitamento da energia hidráulica para geração de energia elétrica de menor impacto ambiental que as grandes centrais. A desvantagem é que elas têm custos unitários de instalação e operação mais altos que os das grandes centrais. A diminuição do impacto ambiental deste tipo de central se deve ao fato delas não possuírem grandes barragens e/ou reservatórios.



Figura 5.15 – Roda d'água.

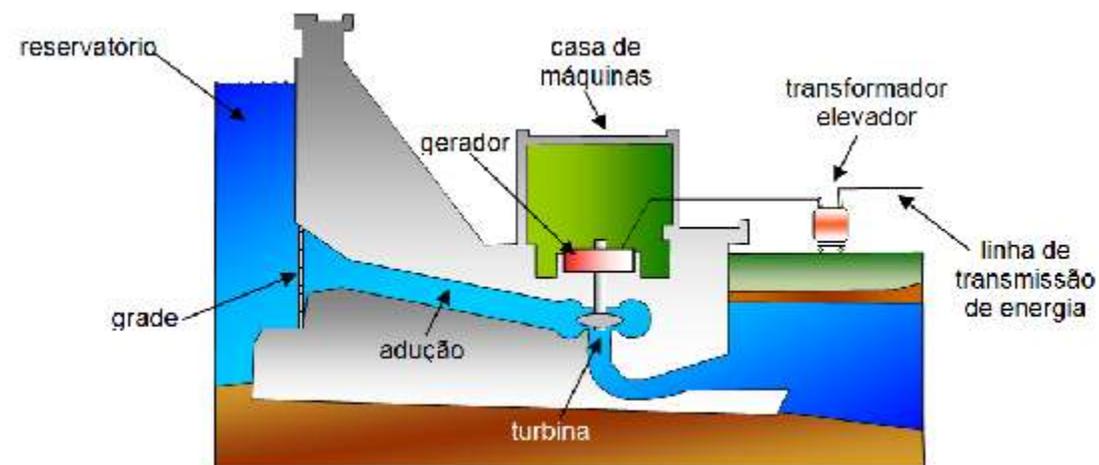


Figura 5.16 – Diagrama esquemático de uma central hidrelétrica



Figura 5.17 – Aspecto do interior da casa de máquinas de uma PCH

Micro centrais hidrelétricas.

Uma das formas mais ambientalmente amigáveis de se produzir energia elétrica é através das chamadas micro centrais hidrelétricas. Nas menores centrais deste tipo a turbina pode ter apenas alguns centímetros de diâmetro, e se constitui de conchas presas em torno do centro de uma roda. Esta roda é montada em um eixo que gira quando um jato d'água é dirigido às conchas. Nas microcentrais maiores as turbinas são similares às das grandes centrais, porém com dimensões muitíssimo menores, e podem gerar energia suficiente para alimentação das cargas de uma fazenda ou até de pequenas comunidades.



Figura 5.18 – Aspecto do grupo gerador de uma microcentral

Para comunidades em locais remotos, as microcentrais hidrelétricas têm importantes vantagens sociais e ambientais, quais sejam.

- As microcentrais são fáceis de instalar e manter. As tubulações, geradores e outras partes são simples e fáceis de encontrar e podem ser trabalhadas sem necessidade de equipamento pesado. Isso é especialmente útil em locais onde o terreno torne caro e difícil construir estruturas complexas.

- As microcentrais são ambientalmente amigáveis. Elas não produzem poluição e geram apenas pequenas mudanças no fluxo de água. Não é necessária grande barragem ou reservatório.

- Devido a eletricidade ser produzida muito próximo do local onde será utilizada, não há necessidade de um caro sistema de distribuição de energia para consumo.

- As microcentrais são construídas com tecnologia simples, tornando possível que pessoas do local de implantação, com um simples treinamento, possam operar e manter seus equipamentos, reduzindo a dependência de fontes externas de energia e fornecendo trabalho para a comunidade.

#### ENERGIA LUNAR???

A força de atração gravitacional da Lua na Terra é responsável pela subida e descida das marés em todo o mundo. As marés e as correntes marítimas são uma possível fonte de grandes quantidades de energia elétrica. Máquinas especialmente projetadas que trabalham imersas na água podem captar grandes quantidades de energia da subida e descida das marés e das correntes marítimas. Essas máquinas convertem a energia do movimento da água em energia elétrica, que é então enviada para a terra através de cabos de energia submersos. A energia das marés não é, entretanto, livre de problemas. O equipamento pode ser danificado por tempestades e ondas, ou por colisões com navios. Também existe interferência no movimento natural das correntes, com consequências ecológicas negativas, particularmente em baías rasas e estuários.

## 5.5 - Energia Geotérmica.



As pessoas sabem, há muito tempo, que o interior da Terra é muito quente. A temperatura do núcleo da Terra é estimada entre 3.000 e 5.000°C. Este calor é produzido pela lente quebra de elementos radioativos e pela imensa pressão gravitacional agindo sobre rochas e minerais do interior da Terra. Temperaturas superiores a 500°C podem ser encontradas a apenas algumas centenas de metros da superfície, porém o calor geotérmico mal é detectado na superfície.

O calor geotérmico vem sendo utilizado para aquecimento de edificações, em uma escala comercial, desde 1920. Em muitos destes casos tira-se proveito da ocorrência natural de gêiseres, fontes de água quente e ventos de vapor (chamados fumarolas) para conseguir água quente e vapor para aquecimento. Os gêiseres e as fumarolas ocorrem quando a água do solo penetra em falhas e entra em contato com rochas vulcânicas aquecidas. Na Islândia, por exemplo, foram feitos buracos em rochas vulcânicas para extração de vapor e água quente. A água quente e o vapor é levado até as comunidades através de tubulações isoladas e são utilizados para aquecer as edificações. Em alguns casos a água está superaquecida (aquecida, sob pressão, a temperaturas superiores a 100°), e pode, rapidamente, ser transformada em vapor a alta pressão, utilizado para fazer funcionar turbinas a vapor que acionam geradores para a produção de energia elétrica.

A temperatura na crosta terrestre aumenta com a profundidade, sendo aceito um valor médio da ordem de 30°C/km. O aumento de temperatura muda em função do local da Terra. Em áreas vulcânicas, o acréscimo de temperatura pode ser superior a 100°C/km, enquanto em rochas primárias estáveis pode ser de apenas 15°C/km.

### 5.5.1 – Plantas Geotérmicas.

As plantas geotérmicas aproveitam a fonte de energia natural e limpa proporcionada pelo calor do interior da Terra para produzir eletricidade. Em locais com condições geológicas adequadas, o calor fica armazenado em grandes reservatórios subterrâneos de água quente e vapor. Esta fonte de energia é alcançada perfurando-se o solo até alcançar os reservatórios, o que permite trazer para a superfície a água quente ou o vapor que serão utilizados para produção de energia elétrica. A água geotérmica que foi utilizada é novamente injetada no reservatório para manter a pressão e sustentar o reservatório.

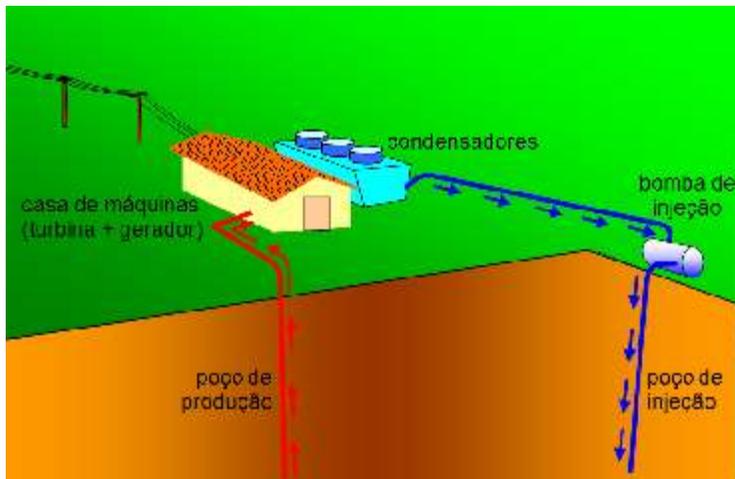


Figura 5.19 – Diagrama esquemático de uma planta geotérmica

Devido ao fato de as plantas geotérmicas não queimarem combustível, elas têm uma vantagem ambiental inerente sobre outras formas de geração termelétrica. Os fluidos geotérmicos são drenados da terra e retornam para a terra, o que faz com que as emissões sejam muito baixas, embora haja, é claro, uma pequena parcela de emissões e de subprodutos. De forma geral, no entanto, a energia geotérmica é uma das mais limpas fontes de energia de que dispomos atualmente.

As plantas geotérmicas se diferenciam em função da fonte disponível, que pode ser vapor, água quente a alta temperatura, água quente a baixa temperatura, ou apenas rochas quentes.

#### 5.5.1.1 – Plantas de vapor seco hidrotermal.

Existem locais no mundo que possuem gêiseres, que são um reservatório subterrâneo de vapor. Havendo acesso a este reservatório pode-se utilizar diretamente o vapor para acionamento de turbinas.

O vapor seco é produzido quando o manto quente ou o magma superaquece a água dos reservatórios de grande profundidade. O vapor de alta pressão formado é forçado a subir e pode vaziar na superfície como um gás extremamente quente com conteúdo mínimo ou inexistente de líquido. As fontes de vapor seco são geralmente utilizadas párea acionar diretamente uma turbina a vapor, que aciona um gerador para a produção de energia elétrica.

#### 5.5.1.2 – Plantas de vapor rápido.

Essas plantas se utilizam das fontes de água quente a alta temperatura (175oC ou mais), para produção de energia elétrica. Devido às elevadas pressões no subsolo, a água é mantida no estado líquido, mesmo estando em uma temperatura superior à de ebulição à pressão normal. Estas plantas trazem esta água quente pressurizada até a superfície e a despejam em um tanque com

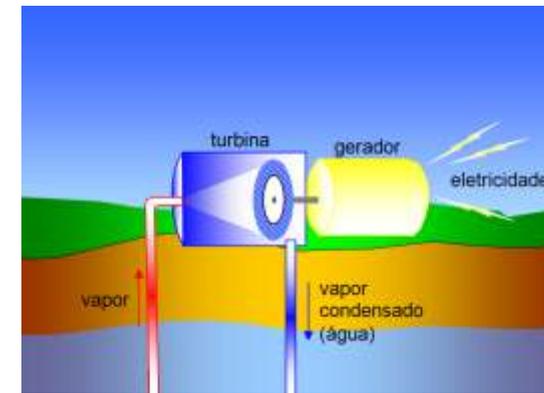


Figura 5.20 – Diagrama esquemático de uma planta de vapor seco

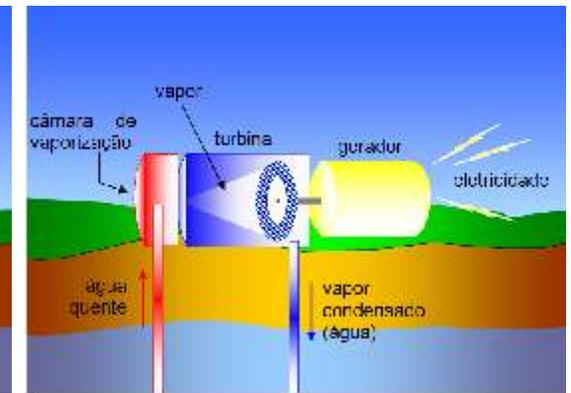


Figura 5.21 – Diagrama esquemático de uma planta geotérmica de vapor rápido

pressão mais baixa, o que faz com que ela se transforme rapidamente em vapor.

O vapor aciona turbinas que por sua vez acionam geradores que produzem energia elétrica, que é então distribuída para consumo.

#### 5.5.1.3 – Plantas com trocador de calor.

Para que possamos aproveitar a energia de uma fonte de água quente a baixa temperatura (entre 100 e 175°C), é necessário utilizar uma planta binária. Neste tipo de planta a água quente é utilizada para levar á ebulição um fluido de trabalho, que é um líquido binário, geralmente um composto orgânico de baixo ponto de ebulição como o isopentano. O fluido de trabalho aquecido de transforma em vapor, e é utilizado para movimentar uma turbina, que por sua vez aciona um gerador que produz energia elétrica. Ao passar pela turbina o fluido de trabalho se condensa e é novamente aquecido para se tornar vapor, passando novamente pela turbina e assim sucessivamente.



Figura 5.22 - Diagrama esquemático de uma planta geotérmica com trocador de calor (ciclo binário).

sa e é novamente aquecido para se tornar vapor, passando novamente pela turbina e assim sucessivamente.

#### 5.5.1.4–Outros tipos de plantas geotermiais.

Além das plantas geotermiais que discutimos até agora existem outras, porém com utilização mais restrita ou ainda cuja tecnologia está em fase de desenvolvimento e melhoria. Elas são as que utilizam a energia de rochas quentes, ou da água geopressurizada ou ainda diretamente do magma.

## 5.6 - Energia das Ondas.

Os oceanos e mares têm sido vistos, há muito tempo, como uma fonte de energia. Na idade média (1.200 a 1.500), fazendeiros aprisionavam a água do mar em reservatórios na maré alta e a utilizavam para mover moinhos quando a maré baixava. Ao longo dos últimos 50 anos, engenheiros visualizaram o uso da energia das ondas e das marés em uma escala industrial. Embora alguns projetos piloto mostrem que essa energia pode ser aproveitada, eles também mostram que, mesmo que não se considere o custo da energia gerada, existe um problema real para a fabricação de equipamentos que resistam aos esforços extremos do ambiente marinho.

A energia das ondas tem sido considerada uma das mais promissoras fontes de energia renovável. Seu aproveitamento não causa danos ambientais e ela é uma fonte inesgotável, já que as ondas sempre existem.

Nos últimos anos da década de 90 ficou claro que a conversão da energia das marés e das ondas em eletricidade é uma possibilidade real. O Reino Unido instalou seu primeiro dispositivo interligado ao sistema elétrico em 2.000 e outros países estão considerando seriamente seguir o mesmo caminho.

A energia contida nas ondas do mar pode ser utilizada para geração de eletricidade, desalinização e bombeamento de água para reservatórios. Embora tenha a mesma origem, ela se distingue do aproveitamento das marés e das correntes marítimas. A energia das ondas ainda não é largamente utilizada, existindo apenas algumas poucas unidades experimentais.

De forma geral as grandes ondas possuem mais energia. Especificamente a energia das ondas é determinada pela sua altura, seu comprimento, sua velocidade e pela densidade da água.

O tamanho das ondas é determinado pela velocidade do vento e pela distância sobre a qual o vento as excita, e também pela profundidade e topografia do fundo, que pode concentrar ou dissipar a energia das ondas. O movimento das ondas é maior na superfície e diminui exponencialmente com a profundidade.

### 5.6.1 – Recursos disponíveis.

As ondas de maior energia estão concentradas nas costas ocidentais, e entre 400 e 600 de latitude Norte e Sul. A potência nas frentes de onda varia nestas áreas entre 30 e 70 [kW/m], com picos de 100 [kW/m] no sudoeste da Irlanda e no Cabo Horn. A capacidade de suprimento de energia a partir dessa fonte é tal que, se apropriadamente aproveitada, pode responder por aproximadamente 10% do consumo atual de energia no mundo.

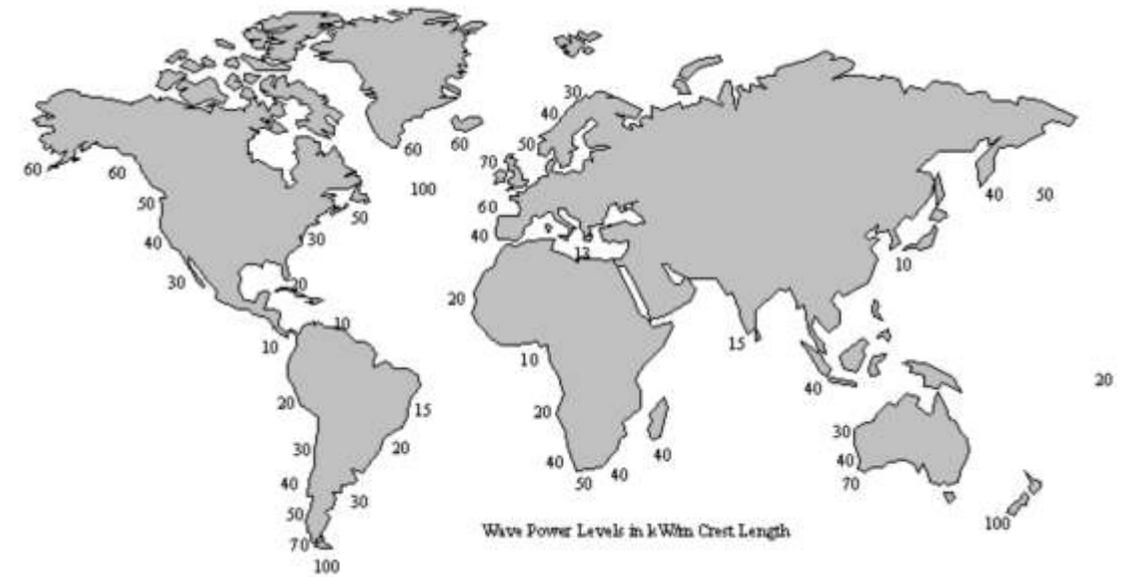


Figura 5.23 – Distribuição mundial dos recursos de energia das ondas

Este potencial é grande, normalmente estimado como sendo da ordem de 2.000 GW, embora a Unesco avalie este potencial como sendo o dobro. O que precisa ser estimado é a forma de geração e o volume de energia a ser gerado e despachado que resulte em um custo viável. A retirada de energia das ondas vem sendo estudada desde o tempo da Revolução Francesa, quando uma primeira patente foi obtida por dois franceses, pai e filho, chamados Girard. Houve pequenos progressos na transformação do movimento das ondas em energia utilizável no último quarto de século, e as principais deficiências do conhecimento científico dizem respeito ao que é uma onda, como ela viaja e como sua energia pode ser convertida.

### 5.6.2 – Estado da arte.

As tecnologias de aproveitamento da energia das ondas têm sido desenvolvidas nos últimos 30 anos. A ocorrência de prejuízos e uma falta de confiança geral têm contribuído para os pequenos progressos que os dispositivos para aproveitamento têm experimentado, apesar de haver uma grande probabilidade desses se transformarem em fontes comerciais de energia elétrica.

Os dispositivos existentes para aproveitamento da energia das ondas podem ser classificados pelo método utilizado para captura da energia e pelo local de instalação. Os métodos disponíveis são unidades pontuais, que ocupam uma pequena área, atenuadores de ondas, que ocu-

pam uma linha paralela ao sentido de propagação das ondas e o quebra ondas, que ocupa uma linha perpendicular ao sentido de propagação das ondas. Quanto à localização as instalações podem ser costeiras, em alto mar ou em águas profundas.

As tecnologias delineadas no final dos anos 90, baseadas nos sistemas de Coluna D'água Oscilante ou Assistida (OWC), pontões flutuantes, abas e canais estrangulados continuam a existir e a ser desenvolvidas.

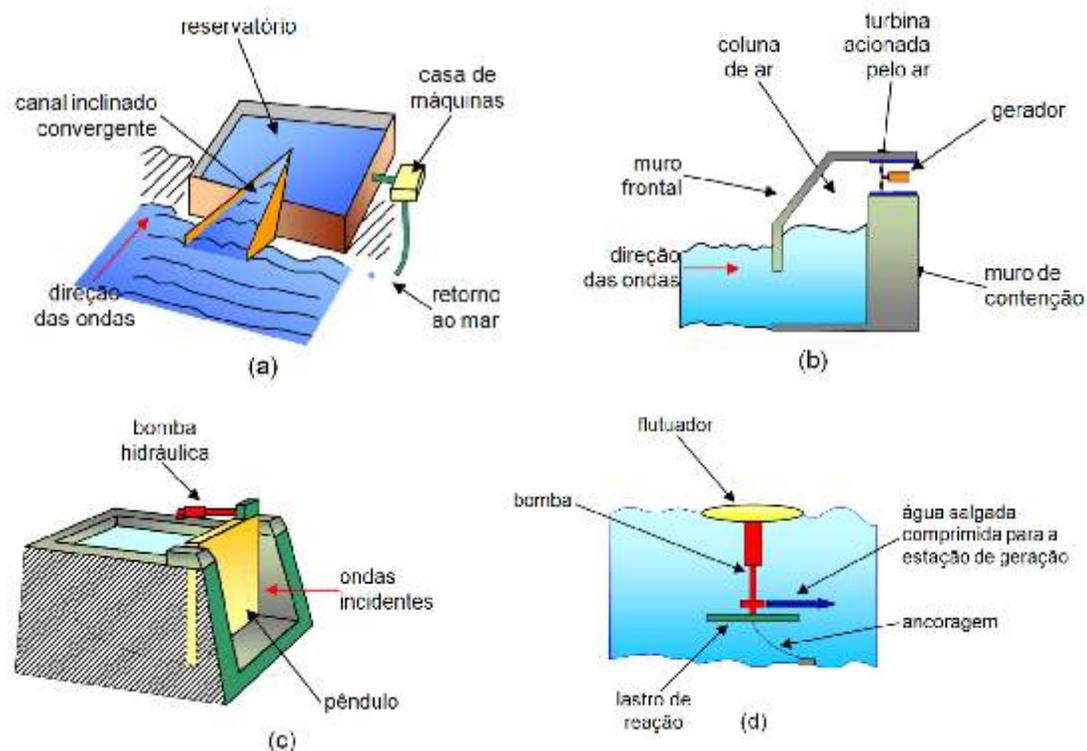


Figura 5.24 – Alguns tipos de aproveitamento da energia das ondas.

(a) – Canal estrangulado (b) – Coluna d'água oscilante (c) – Aba móvel (d) – Flutuador

Alguns equipamentos, como o Pelamis, tiveram desenvolvimento mais recente. Esse equipamento recebeu o nome de uma serpente marinha e foi desenvolvido pelo Ocean Power Delivery, na Escócia, e é composto por uma série de segmentos cilíndricos conectados por juntas articuladas. Quando as ondas passam ao longo do comprimento do equipamento elas fazem com que as secções se movimentem uma em relação à outra e acionem bombas hidráulicas, que por sua vez bombeiam óleo que é levado até um motor hidráulico que aciona um gerador. A energia gerada em cada junta é transmitida para a terra por um cabo submarino.

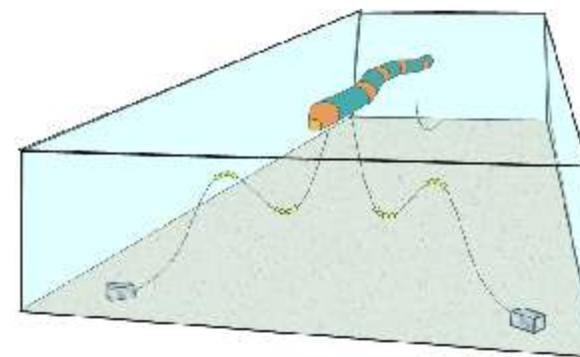


Figura 5.25 – Diagrama esquemático de uma instalação do tipo “Pelamis”



Figura 5.26 – Vista do dispositivo instalado na Escócia

A Europa, e em particular o Reino Unido, têm dedicado atenção à energia das ondas. Um levantamento recente realizado por órgãos governamentais mostrou que existem atualmente tipos de dispositivos hidráulicos que podem produzir eletricidade com um custo menor que US\$ 0,10/kWh, valor para o qual a produção se torna economicamente viável. O mais eficiente desses dispositivos, o “Salter Duck” pode produzir eletricidade por um custo menor que US\$ 0,05/kWh.

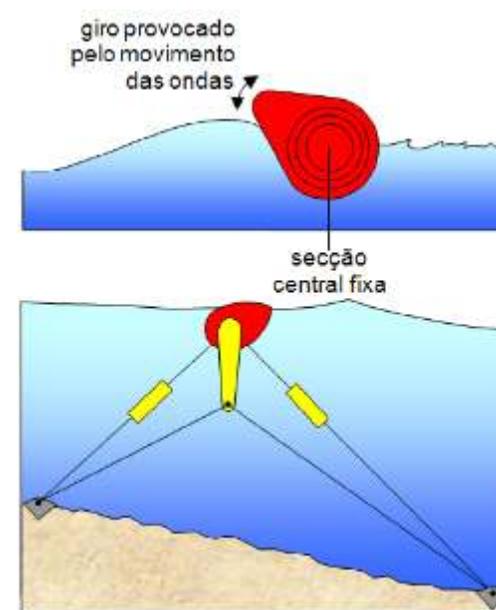


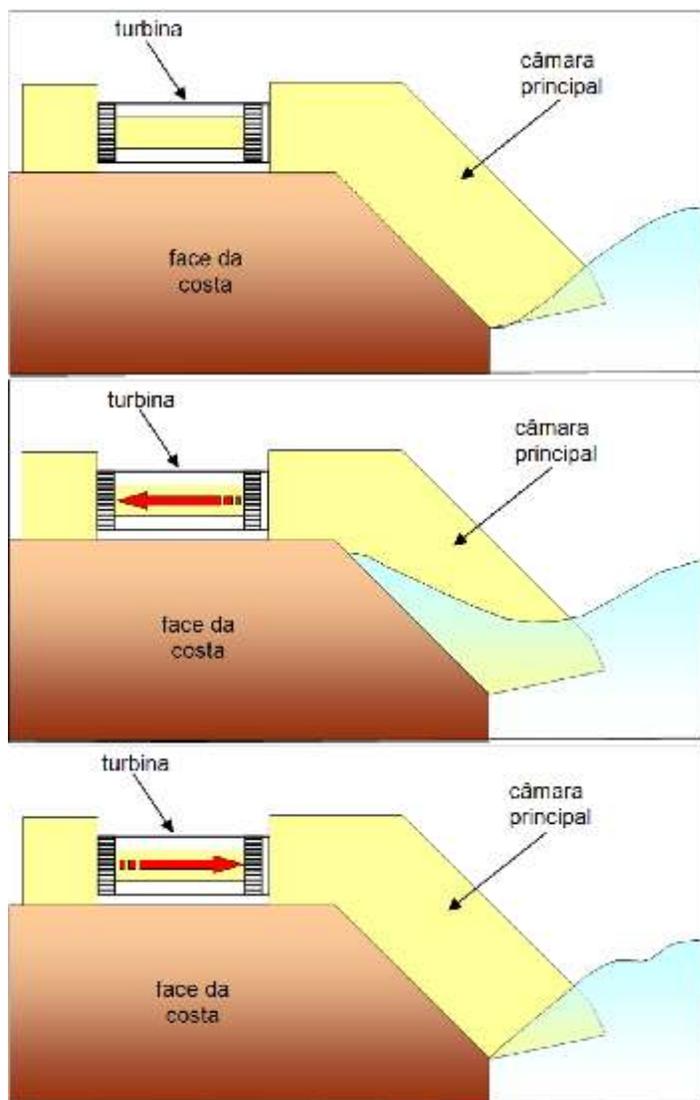
Figura 5.27 – Diagrama esquemático do dispositivo “Salter Duck”

O “Salter Duck” foi desenvolvido nos anos 1970 pelo professor Stephen Salter na Universidade de Edinburgo, na Escócia, e gera energia quando se movimenta para cima e para baixo pelo efeito das ondas. Embora ele produza energia de forma eficiente, ele foi arrasado nos anos 1980 quando um relatório da União Européia errou por um fator de 10 vezes ao calcular o custo da energia gerada pelo equipamento. Após a correção do erro o interesse por esse equipamento está se tornando intenso.

Em locais onde a topografia seja adequada podem ser utilizados sistemas de coluna d'água oscilante (OWC – Oscillating Water Column). Os sistemas OWC têm uma série de vantagens sobre outros dispositivos, como por exemplo o “Salter Duck”, sendo a principal o fato de que os gerado-

res e toda a fiação estão em terra, o que torna a manutenção muito mais fácil.

Os sistemas OWC operam com um princípio simples. A chegada de uma onda causa elevação do nível d'água na câmara principal do equipamento, o que por sua vez força a ar a passar por uma turbina a ar. Quando a onda se retrai, ar é sugado novamente para dentro da câmara. A turbina é projetada para girar na mesma direção seja qual for o sentido da corrente de ar. Embora os sistemas OWC existentes disponham de colunas d'água verticais, foi estudado um equipamento com câmara inclinada em 45º, que se mostrou mais eficiente. A figura 5.27 a seguir mostra, esquematicamente, o funcionamento de um dispositivo com câmara a 45º.



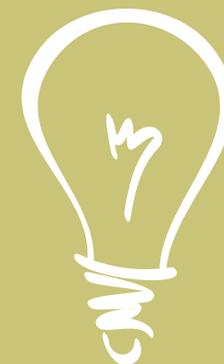
Seja qual for o tipo do dispositivo utilizado, o principal desafio do aproveitamento da energia das ondas é realizar uma conversão eficiente do movimento das ondas em eletricidade, e construir dispositivos que resistam aos esforços das tempestades e à corrosão resultante da salinidade.

Figura 5.28 - Diagrama esquemático do funcionamento de um dispositivo OWC

- (a.) Chegada de uma onda
- (b.) Acionamento da turbina devido à saída do ar da câmara
- (c.) Acionamento da turbina devido à entrada do ar na câmara

#### ASPECTOS POSITIVOS DA ENERGIA DAS ONDAS.

- Recurso renovável e sustentável;
- Possibilita redução da dependência dos recursos fósseis;
- Não contribui para o aquecimento global;
- Não contribui para a ocorrência de chuva ácida;
- Não produz poluição sólida ou líquida;
- Apresenta pequeno impacto visual;
- Desenvolve a área de sua instalação e do país como um todo;
- Pequenas unidades geradoras têm potencial para abastecimento de comunidades isoladas;
- A construção de grandes dispositivos em alto-mar resulta em novas áreas de águas mais calmas, atrativas para peixes e aves;
- Não interfere no processo migratório dos peixes;
- Protegem a costa, sendo útil em áreas com erosão;
- Potencial existente em escala mundial em águas oceânicas profundas;
- Pequeno intervalo de tempo entre o investimento na construção modular e a recuperação do investimento.



#### PONTOS A CONSIDERAR PARA A ENERGIA DAS ONDAS.

- Ondas de longo comprimento e de águas profundas são as de maior conteúdo energético;
- A potência disponível é maior em porções de água longas, abertas e com vento intenso;
- Ondas irregulares em direção, durabilidade e tamanho dificultam o aproveitamento;
- As ondas proporcionam uma fonte de energia regular;
- As ondas efetivamente armazenam energia ao longo de grandes distâncias;
- Podem ser necessárias extensões do sistema elétrico;
- Deve-se considerar o controle da navegação e da pesca próximos a grandes dispositivos.

## 5.7 – Células de Combustível.

Uma célula de combustível é um dispositivo eletroquímico que converte a energia química de um combustível diretamente em eletricidade. O combustível no caso é o hidrogênio ou uma mistura rica em hidrogênio. A reação que ocorre em uma célula combustível está mostrada na equação a seguir.

Hidrogênio + Oxigênio (do ar) + calor  $\rightarrow$  eletricidade + água

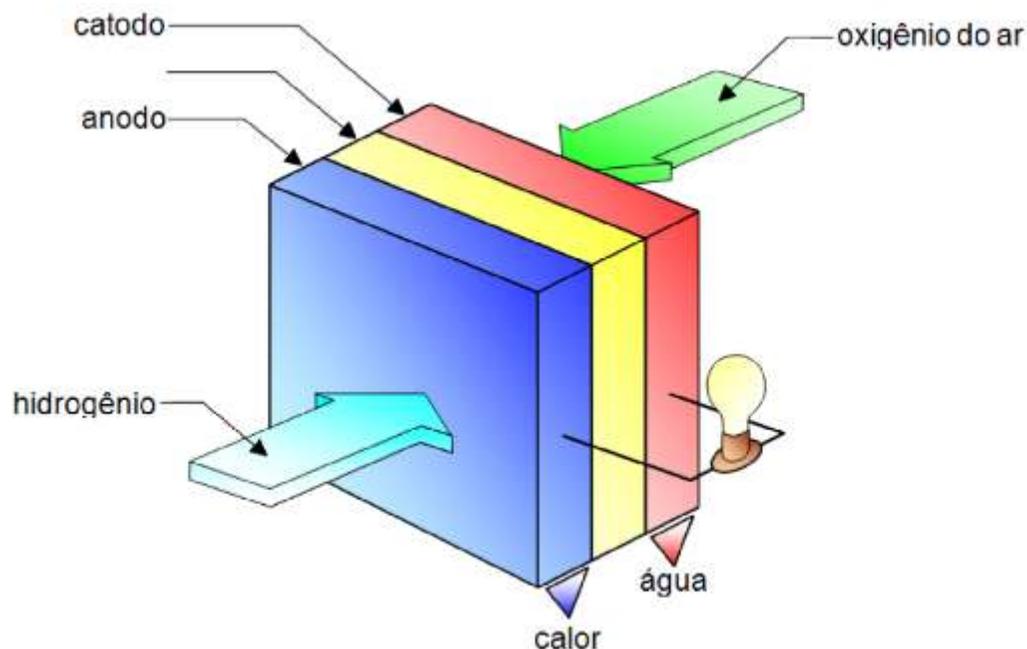


Figura 5.23 - Diagrama esquemático de uma célula combustível

Uma célula a combustível é similar a uma bateria, no sentido de que ambas convertem energia química diretamente em eletricidade. Enquanto o combustível e o ar estiverem sendo fornecidos, a célula manterá a produção de energia elétrica.

O hidrogênio usado como combustível é um gás incolor, inodoro e não-tóxico. Ele pode ser obtido de fontes renováveis de energia pelo processo de eletrólise. Neste processo, eletricidade gerada a partir da luz do Sol, dos ventos ou em uma hidrelétrica, pode alimentar dispositivos

que produzem hidrogênio e oxigênio a partir da eletrólise da água, na qual a molécula de água é quebrada em seus elementos constituintes, hidrogênio e oxigênio, conforme mostra a equação a seguir.

Eletricidade + Água  $\rightarrow$  Hidrogênio + Oxigênio + Calor

O processo de eletrólise que utiliza eletricidade de fontes renováveis é sustentável, de boa eficiência (em torno de 75%) e não esgota recursos naturais. A pequena quantidade de água necessária no processo de eletrólise (2 litros de água produzem quantidade de hidrogênio com conteúdo energético equivalente a 1 litro de gasolina), retorna à natureza quando o hidrogênio é usado na célula de combustível. O oxigênio também é um subproduto útil e não poluente.

Uma célula combustível é silenciosa, limpa, modular e durável. Nenhuma poluição é produzida em qualquer estágio do processo. Os únicos subprodutos são a água e o calor, que pode ser utilizado para aquecimento de ambientes e de água. A água resultante do processo é pura a ponto de poder ser ingerida. Estas características tornam a célula de combustível possível de ser usada para produção de energia mesmo em áreas urbanas densamente povoadas, nas quais as emissões devem ser reduzidas. Ela opera com uma eficiência de 40 a 50%, significativamente maior que um grupo gerador Diesel, por exemplo, que tem rendimento da ordem de 25%.



Figura 5.24 - Diagrama esquemático do ciclo de conversões de um sistema de eletrólise e de uma célula de combustível.



Figura 5.25 – Aspecto de uma célula combustível

A geração de energia em áreas isoladas tem se mostrado o primeiro mercado viável para as células de combustível, especialmente em aplicações nas quais o ruído, as emissões ou a obtenção de combustíveis associados aos processos de geração convencionais seja o problema.

As células de combustível são mais utilizadas hoje em dia do que se pensa, mas apesar disso o total de energia produzido por elas corresponde a uma parcela ínfima das necessidades atuais de energia. Elas ainda não são muito utilizadas devido ao elevado custo e também por haver ainda necessidade de melhorias no sistema.

Embora em capítulo anterior já tenhamos nos referido ao termo “conservação de energia”, neste capítulo este termo não assume o seu significado físico. Aqui a conservação de energia deve ser entendida como a manutenção do consumo de energia nos níveis atuais, evitando seu aumento. Uma das formas de conseguirmos “conservar” a energia é reduzindo seu consumo em determinada atividade para que a sobra possa ser utilizada em novas atividades.

Embora a conservação de energia não seja uma fonte de energia, podemos utilizá-la para aumentar o tempo que as energias não renováveis estarão disponíveis no futuro. Além disso, como qualquer forma de energia renovável, em maior ou menor grau, causa danos ao ambiente, conservar energia significa conservar o meio-ambiente. Conservação de energia são todas as ações que praticamos no sentido de otimizar o consumo de energia, e realiza-lo de forma consciente. As atitudes que podemos ter para conservação de energia incluem, primeiramente, a eliminação do desperdício, que deve ser entendido como a parcela de energia que está sendo utilizada sem necessidade, como por exemplo, uma lâmpada acesa em um ambiente naturalmente iluminado ou sem ocupação naquele momento. Além disso, devemos nos preocupar com a forma como utilizamos a energia que é realmente necessária. Para iluminar um ambiente podemos utilizar por exemplo lâmpadas mais eficientes, que fornecem o mesmo grau de iluminação, porém com um menor consumo de energia. Existem inúmeras ações que possibilitam a conservação de energia, das quais citamos algumas a seguir.

- Manter desligada a iluminação quando ela não é necessária.
- Realizar o correto ajuste de termostatos de geladeiras e equipamentos de ar condicionado, de acordo com a época do ano.
- Verificar as condições das vedações das portas de geladeiras e congeladores.
- Reciclar papel, vidros, metais.
- Reduzir ao máximo o tempo de banhos.

Estas ações, entre outras, embora possam nos trazer alguma perda de conforto e exigirem nossa tomada de atitudes, têm uma contrapartida de grande valor, que é a conservação do meio ambiente e a diminuição de sua degradação.

Pesquisa no site da EIA – Energy Information Administration.

<http://www.eia.doe.gov>

Pesquisa no site da Science, society, and America's nuclear waste.

<http://www.energyquest.ca.gov>

Pesquisa no site da Re-Energy.

<http://www.re-energy.ca>

Pesquisa no site da Energeia.

<http://www.propane.tx.gov>

Pesquisa no site do Schatz Energy Research Center.

<http://www.humboldt.edu>

Pesquisa no site do World Fuel Cell Council.

<http://www.fuelcellworld.org>

Pesquisa no site de Energias Renováveis.

<http://www.energiasrenovaveis.com.br>

### HIDROGÊNIO – ENERGIA DO FUTURO

O hidrogênio é o elemento químico mais abundante no Universo, o mais leve e o que contém o maior valor energético, cerca de 121 KJ/g. Este composto primordial, constituído quimicamente por um único elétron em torno do núcleo, possui, por esse motivo, forças de ionização baixas, o que permite a fácil extração do elétron que o orbita, ionizando o Hidrogênio, e produzindo assim uma corrente elétrica.

O maior problema do uso do hidrogênio é o fato de esse elemento nunca se encontrar isoladamente na natureza, já que está sempre combinado com outros elementos como o oxigênio, o carbono, etc. Exemplo disso é a água, o metanol, a gasolina, o gás natural, e demais compostos que envolvam Hidrogênio na sua constituição. É devido a este fato que a utilização do hidrogênio se torna um pouco mais complicada.

A utilização do hidrogênio puro é o desígnio final e aquele que nos pode trazer uma solução duradoura para a economia mundial.

