



e-Tec Brasil  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

# Curso Técnico em Meio Ambiente

## Energias Renováveis

*Cristiano Poletto*



CRISTIANO POLETO

**ESCOLA TÉCNICA ABERTA DO BRASIL – E-TEC BRASIL**

**CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**

Disciplina: Energias Renováveis

ESCOLA TÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Porto Alegre – RS

2008

**Presidência da República Federativa do Brasil  
Ministério da Educação  
Secretaria de Educação a Distância**

**© Escola Técnica da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul**

Este Caderno foi elaborado em parceria entre a Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal de Santa Catarina para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

#### **Equipe de Elaboração**

Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

##### *Coordenação Institucional*

Eduardo Luiz Fonseca Benites/Escola Técnica da UFRGS

##### *Professor-autor*

Cristiano Poletto/Escola Técnica da UFRGS

#### **Comissão de Acompanhamento e Validação**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

##### *Coordenação Institucional*

Araci Hack Catapan/UFSC

##### *Coordenação de Projeto*

Sílvia Modesto Nassar/UFSC

##### *Coordenação de Design Instrucional*

Beatriz Helena Dal Molin/UNIOESTE

##### *Design Instrucional*

Dóris Roncarelli/UFSC

Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado/  
ETUFPR

##### *Web Design*

Beatriz Wilges/UFSC

##### *Projeto Gráfico*

Beatriz Helena Dal Molin/UNIOESTE

Araci Hack Catapan/UFSC

Elena Maria Mallmann/UFSC

Jorge Luiz Silva Hermenegildo/CEFET-SC

Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado/ETUFPR

Sílvia Modesto Nassar/UFSC

##### *Supervisão de Projeto Gráfico*

Ana Carine García Montero/UFSC

##### *Diagramação*

João Ricardo Zattar/UFSC

Rafaela Wiele Anton/UFSC

Luís Henrique Lindner/UFSC

##### *Revisão*

Lúcia Locatelli Flôres/UFSC

Catálogo na fonte elaborada na DECTI da Biblioteca da UFSC

P765e Poletto, Cristiano

Energias renováveis. / Cristiano Poletto - Porto Alegre :  
Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.  
47p. : il

Inclui bibliografia  
Curso Técnico em Meio Ambiente, desenvolvido pelo Programa  
Escola Técnica Aberta do Brasil.

1. Energias renováveis. 2. Termodinâmica. 3. Tipos de energia. 4.  
Educação a distância. I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. II.  
Título.

CDU: 502

## PROGRAMA E-TEC BRASIL

### **Amigo(a) estudante!**

O Ministério da Educação vem desenvolvendo Políticas e Programas para expansão da Educação Básica e do Ensino Superior no País. Um dos caminhos encontrados para que essa expansão se efetive com maior rapidez e eficiência é a modalidade a distância. No mundo inteiro são milhões os estudantes que frequentam cursos a distância. Aqui no Brasil, são mais de 300 mil os matriculados em cursos regulares de Ensino Médio e Superior a distância, oferecidos por instituições públicas e privadas de ensino.

Em 2005, o MEC implantou o Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB), hoje, consolidado como o maior programa nacional de formação de professores, em nível superior.

Para expansão e melhoria da educação profissional e fortalecimento do Ensino Médio, o MEC está implementando o Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec Brasil). Espera, assim, oferecer aos jovens das periferias dos grandes centros urbanos e dos municípios do interior do País oportunidades para maior escolaridade, melhores condições de inserção no mundo do trabalho e, dessa forma, com elevado potencial para o desenvolvimento produtivo regional.

O e-Tec é resultado de uma parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), a Secretaria de Educação a Distância (SEED) do Ministério da Educação, as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

O Programa apóia a oferta de cursos técnicos de nível médio por parte das escolas públicas de educação profissional federais, estaduais, municipais e, por outro lado, a adequação da infra-estrutura de escolas públicas estaduais e municipais.

Do primeiro Edital do e-Tec Brasil participaram 430 proponentes de adequação de escolas e 74 instituições de ensino técnico, as quais propuseram 147 cursos técnicos de nível médio, abrangendo 14 áreas profissionais. O resultado desse Edital contemplou 193 escolas em 20 unidades federativas. A perspectiva do Programa é que sejam ofertadas 10.000 vagas, em 250 polos, até 2010.

Assim, a modalidade de Educação a Distância oferece nova interface para a mais expressiva expansão da rede federal de educação tecnológica dos últimos anos: a construção dos novos centros federais (CEFETs), a organização dos Institutos Federais de Educação Tecnológica (IFETs) e de seus *campi*.

O Programa e-Tec Brasil vai sendo desenhado na construção coletiva e participação ativa nas ações de democratização e expansão da educação profissional no País, valendo-se dos pilares da educação a distância, sustentados pela formação continuada de professores e pela utilização dos recursos tecnológicos disponíveis.

A equipe que coordena o Programa e-Tec Brasil lhe deseja sucesso na sua formação profissional e na sua caminhada no curso a distância em que está matriculado(a).



# SUMÁRIO

PALAVRAS DO PROFESSOR-AUTOR.....	6
PROJETO INSTRUCIONAL.....	7
ÍCONES E LEGENDAS.....	8
MAPA CONCEITUAL.....	10
UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO.....	11
UNIDADE 2 – CONCEITOS DE TERMODINÂMICA.....	13
UNIDADE 3 – ENERGIA EÓLICA.....	17
UNIDADE 4 – ENERGIA SOLAR.....	21
UNIDADE 5 – ENERGIA HIDRÁULICA.....	27
UNIDADE 6 – ENERGIA GEOTÉRMICA.....	31
UNIDADE 7 – BIOENERGIA.....	33
UNIDADE 8 – BIOCOMBUSTÍVEIS.....	37
UNIDADE 9 – HIDROGÊNIO.....	39
REFERÊNCIAS.....	41
GLOSSÁRIO.....	45
CURRÍCULO SINTÉTICO DO PROFESSOR-AUTOR.....	47

## PALAVRAS DO PROFESSOR-AUTOR

A disciplina de Energias Renováveis aborda os principais tópicos da área com a finalidade de introduzir conceitos sobre o aproveitamento de recursos naturais renováveis, destacando a importância econômica e ambiental desta prática.

Em se tratando de um recurso natural de suma importância para o desenvolvimento econômico e social do nosso país, espero que as informações contidas neste caderno possam abrir os horizontes intelectuais dos leitores e criar novos militantes em defesa da produção e utilização de “energias verdes” de modo sustentável.

Para facilitar a aprendizagem e a interação estudante-professor, serão sugeridas diferentes formas de mídias, material de apoio e *sites* que abordam assuntos pertinentes aos tópicos que estiverem sendo desenvolvidos. Assim, desejo a todos uma boa leitura e um futuro totalmente renovável!

# PROJETO INSTRUCIONAL

UNIDADE	OBJETIVOS	MATERIAL IMPRESSO	RECURSOS DIGITAIS	CARGA HORÁRIA	ESTRATÉGIAS	ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO
1	Apresentar de forma simplificada “o que é” e quais são os tipos de Energias Renováveis.	Texto contendo a Introdução e as palavras do professor.	Hipertextos sobre o que são Energias Renováveis.	01 hora	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> .	Realizar uma pesquisa sobre outros tipos de fontes de Energias Renováveis.
2	Apresentar as principais leis da Termodinâmica que são básicas para a maior parte dos estudos dessa área.	Descrição das leis da Termodinâmica.	Hipertextos abordando os principais itens da unidade.	03 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Resolução de exercícios aplicados à Termodinâmica.
3	Apresentar o principal aproveitamento energético da Energia Eólica.	Apresentação das fontes e aproveitamento da Energia Eólica.	Vídeos abordando os principais itens da unidade.	03 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisa sobre a melhor forma e locais de utilização desse recurso no Brasil.
4	Apresentar os dois principais tipos de aproveitamento da Energia Solar e como pode ser fácil a popularização desse recurso.	Apresentação da energia solar para usos térmico e fotovoltaico.	Vídeos e hipertextos sobre os dois tópicos principais.	05 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos, vídeos e trabalhos práticos.	Exercício prático de como aproveitar a Energia Solar.
5	Apresentar os principais aproveitamentos energéticos da Energia Hidráulica.	Apresentação das três principais formas de aproveitamento desse tipo de energia.	Vídeos sobre as principais formas de utilização desse recurso.	03 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisas sobre os danos ambientais causados por esse tipo de aproveitamento.
6	Visualizar como é o aproveitamento da Energia Geotérmica.	Apresentação das fontes, riscos e aproveitamento da Energia Geotérmica.	Hipertextos abordando os principais tópicos da unidade.	02 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisa sobre as diversas formas de aproveitamento.
7	Apresentar os diversos tipos de Bioenergia e sua importância para o Brasil e o mundo.	Apresentação das principais fontes, seu aproveitamento e suas vantagens.	Hipertexto abordando os principais assuntos da unidade.	03 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisa sobre as diversas formas de aproveitamento.
8	Apresentar os tipos de Biocombustíveis e sua importância nacional.	Apresentação dos principais tipos, seu aproveitamento e suas vantagens.	Hipertexto abordando os principais tópicos da unidade.	03 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisas sobre os riscos ambientais ao se utilizar esse tipo de energia.
9	Apresentar a fonte mais promissora de energia limpa, o Hidrogênio.	Apresentação das principais fontes, o seu aproveitamento e suas vantagens.	Vídeos e hipertextos pertinentes ao tópico.	02 horas	Aula expositiva disponibilizada em <i>PowerPoint</i> . Utilização de textos e vídeos.	Pesquisa sobre as diversas formas de aproveitamento do hidrogênio.

## ÍCONES E LEGENDAS

Caro estudante! Oferecemos para seu conhecimento os ícones e sua legenda que fazem parte da coluna de indexação. A intimidade com estes e com o sentido de sua presença no caderno ajudará você a compreender melhor as atividades e exercícios propostos (DAL MOLIN, *et al.*, 2008).

### Saiba mais



Ex: <http://www.etecebrasil.mec.gov.br>

Este ícone apontará para atividades complementares ou para informações importantes sobre o assunto. Tais informações ou textos complementares podem ser encontrados na fonte referenciada junto ao ícone.

### Para refletir...



Ex: Analise o caso... dentro deste tema e compare com..., Assista ao filme...

Toda vez que este ícone aparecer na coluna de indexação indicará um questionamento a ser respondido, uma atividade de aproximação ao contexto no qual você vive ou participa, resultando na apresentação de exemplos cotidianos ou links com seu campo de atuação.

### Mídias integradas



Ex.: Assista ao filme... e comente-o.

Quando este ícone for indicado em uma dada unidade significa que você está sendo convidado a fazer atividades que empreguem diferentes mídias, ou seja, participar do ambiente AVEA, assistir e comentar um filme, um videoclipe, ler um jornal, comentar uma reportagem, participar de um chat, de um fórum, enfim, trabalhar com diferentes meios de comunicação.

## Avaliação



Este ícone indica uma atividade que será avaliada dentro de critérios específicos da unidade.

## Lembre-se



Ex.: O canal de satélite deve ser reservado com antecedência junto à Embratel.

A presença deste ícone ao lado de um trecho do texto indica que aquele conteúdo significa algo fundamental para a aprendizagem.

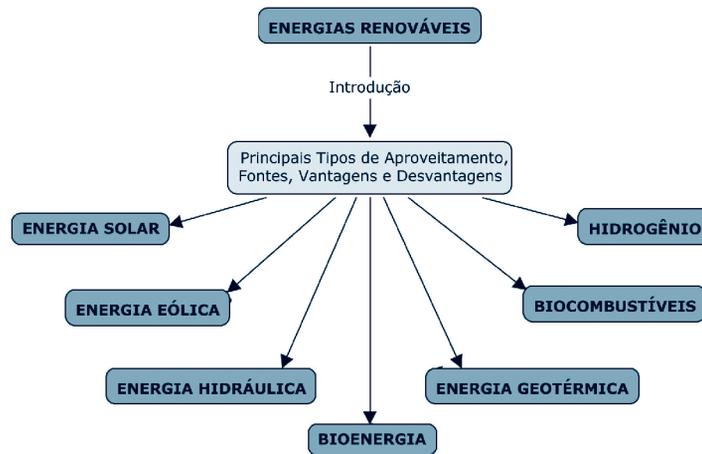
## Destaque

Retângulo com fundo colorido.

A presença do retângulo de fundo indicará trechos importantes do texto, destacados para maior fixação do conteúdo.

# MAPA CONCEITUAL

O mapa conceitual oferece uma visão da arquitetura hipertextual na qual a disciplina foi estruturada.



## UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Objetivo de aprendizagem

Conceituar Energias Renováveis e seus tipos.

### 1.2 Energias Renováveis

O Brasil tem possibilidades notáveis para a geração de energia por fontes renováveis. Ambientes rurais, por exemplo, podem facilmente conseguir a sua auto-suficiência; mesmo que não seja total, pode ser parcialmente obtida pelo uso de fontes alternativas de produção de energia.

Conforme estimativas do relatório Agenda Elétrica Sustentável 2020, divulgado pela WWF-Brasil (2006), fontes alternativas de energia podem gerar uma economia de R\$ 33 bilhões para os consumidores, além de promover a diminuição no desperdício de energia de até 38% da expectativa de demanda. Estima-se que oito milhões de empregos podem ser gerados. Assim, se este cenário elétrico sustentável for aplicado no país até 2020, os riscos de novos apagões energéticos serão muito pequenos. Outras vantagens da adoção de energias limpas são: a estabilização das emissões dos gases causadores do efeito estufa, que derivam principalmente dos combustíveis fósseis; a geração de maior independência energética dos países; e o estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias.

A exploração indiscriminada de fontes energéticas tradicionais, como o petróleo ou o gás natural, tende a acabar mais cedo ou mais tarde por se esgotarem (fontes limitadas de energia). Além disso, são fontes muito poluentes e, na maioria das vezes, são até mesmo perigosas. Hoje a opção por energias limpas e renováveis já é viável econômica e tecnicamente, portanto está em nossas mãos a difusão desses conhecimentos importantíssimos que cada vez mais são considerados mundialmente estratégicos.



Leia o texto complementar no *link* abaixo para saber mais sobre “O que são as Energias Renováveis e por que utilizá-las?” <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto08.htm>

Para ler sobre a importância das Energias Renováveis e suas principais fontes, acesse o *site*: <http://www.crer.betim.mg.gov.br/EnergiasReno.html>

Veja o que você já pode começar a fazer para ajudar o meio ambiente, com apenas pequenas mudanças no seu local de trabalho: [http://ecotecnologia.files.wordpress.com/2007/11/guia\\_verde\\_negocios\\_final.pdf](http://ecotecnologia.files.wordpress.com/2007/11/guia_verde_negocios_final.pdf)



Pesquise sobre outros tipos existentes de fontes de Energias Renováveis.



## UNIDADE 2 – CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

### 2.1 Objetivo de aprendizagem

Descrever conceitos e leis da termodinâmica.

### 2.2 Conceitos

A termodinâmica estuda a energia térmica de sistemas, também chamada de energia interna, cujo conceito central é a temperatura. A temperatura, uma grandeza do SI (Sistema Internacional), é medida com o auxílio de um termômetro e está relacionada com as energias cinética e potencial, associadas com os movimentos dos átomos e moléculas de um corpo, causando a sensação do que vem a ser um corpo frio ou quente. Assim, quando dois objetos são colocados em contato, ao final de algum tempo eles alcançam o equilíbrio térmico, ou seja, atingem a mesma temperatura. Esse fato se resume na **lei zero da termodinâmica**:

Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, então eles estão em equilíbrio térmico entre si.

No sistema internacional (SI), a temperatura é medida na escala Kelvin e se baseia no ponto tríplice da água (273,16 K), onde a água líquida, o gelo sólido e o vapor d'água coexistem em equilíbrio térmico. Temperaturas Celsius são medidas em graus; no entanto, o zero da escala Celsius está deslocado para o ponto de congelamento da água, então

$$T_C = T_K - 273,150$$

Onde:  $T_C$  representa a temperatura em Celsius;  $T_K$  é a temperatura em Kelvin.

Outra unidade é a escala Fahrenheit, utilizada nos Estados Unidos, que é definida por

$$T_F = 9/5T_C + 320$$

Onde:  $T_F$  é a temperatura em Fahrenheit.

A variação de temperatura de um objeto se deve à transferência de energia térmica do sistema e ao ambiente do sistema. A energia transferida é denominada calor que pode ser medido em Joules (J), calorias (cal) ou em unidades térmicas britânicas (Btu), onde 1 cal corresponde a  $3,969 \times 10^{-3}$  Btu, ou seja, 4,1860 J. Se o calor ( $Q$ ) for absorvido ou perdido por um objeto, a variação de temperatura do objeto estará relacionada com  $Q$  por



Leia mais sobre Termodinâmica e sua história no site:  
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A2mica>



Aprofunde seus conhecimentos acessando o site abaixo para ler mais sobre Conceitos básicos de Termodinâmica.  
<http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/estadistica/termo/Termo.html#Conceptos%20básicos>

$$Q = C(T_f - T_i)$$

Onde:  $C$  é a capacidade calorífica do objeto e representa a variação de energia térmica por grau ou energia por Kelvin.

Assim sendo, dois objetos do mesmo material, apresentarão capacidades caloríficas proporcionais às suas massas e, assim, pode-se definir “uma capacidade calorífica por unidade de massa” ou calor específico ( $c$ ) que se refere a uma propriedade não mais do objeto, mas exclusivamente da substância. Então, a equação pode ser reescrita como

$$Q = cm(T_f - T_i)$$

Onde:  $m$  é a massa do objeto.

A água ( $c = 1\text{cal/g.C}^\circ$ ) possui um valor de calor específico relativamente alto, quando comparado ao de substâncias como o cobre ( $c = 0,0923\text{cal/g.C}^\circ$ ), o vidro ( $c = 0,20\text{cal/g.C}^\circ$ ) e o gelo a  $10^\circ\text{C}$  ( $c = 0,530\text{cal/g.C}^\circ$ ), ou seja, para 1g de água é necessário adicionar ou retirar mais calor para variar a temperatura em  $1^\circ\text{C}$ .

### 2.3 Transformações termodinâmicas

A matéria pode existir em três estados comuns: no estado sólido, no qual as moléculas de uma amostra estão presas em uma estrutura razoavelmente rígida pela sua atração mútua; no estado líquido, em que as moléculas possuem mais energia e não possuem estrutura rígida, podendo escoar ou se ajustar à forma de um recipiente; no estado gasoso ou de vapor, onde as moléculas possuem ainda mais energia, estão livres uma das outras e podem encher todo o volume de um recipiente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2002). Quando se fornece ou se retira calor de uma substância, a temperatura não será necessariamente alterada, desde que nesse momento esteja ocorrendo uma mudança de fase.

A fusão é a mudança do estado sólido para o estado líquido e se caracteriza pela necessidade do fornecimento de calor para romper a estrutura molecular. O processo inverso da fusão é a solidificação, que ocorre devido à retirada de calor de um líquido, o que provoca a redução da agitação molecular e, conseqüentemente, cria uma estrutura molecular rígida. A vaporização é a mudança do estado líquido para o estado gasoso, e, da mesma forma que a fusão, é necessário fornecer calor para desagrupar a estrutura molecular, ao passo que a condensação exige a remoção de calor para transformar o estado gasoso em líquido. Ainda pode-se citar, como exemplo de mudança de fase, a sublimação, mudança do sólido diretamente para vapor, como ocorre com o dióxido de carbono (gelo seco).

A quantidade de energia necessária por unidade de massa para



O calor de vaporização é a quantidade de energia por unidade de massa que deve ser acrescentada para vaporizar um líquido ou que deve ser removida para condensar um gás. O calor de fusão é a quantidade de energia por unidade de massa que deve ser adicionada para derreter um sólido ou que deve ser removida para congelar um líquido.

mudar a fase de um material, sem alterar a temperatura, é o seu calor de transformação ( $L$ ), onde

$$Q = Lm$$

## 2.4 Leis da termodinâmica

Como foi visto, a temperatura pode ser alterada fornecendo ou retirando calor de um sistema, porém isso também pode ocorrer realizando trabalho sobre o sistema. Esse fato pode ser observado através da experiência de Joule, na qual ele conseguiu determinar a quantidade de trabalho necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1g de água. A Figura 2.1 demonstra o esquema da experiência de Joule.

A água permanece num recipiente termicamente isolado, para impedir a perda de calor. Os pesos caem à velocidade constante, provocando o giro da roda e, dessa forma, efetuando trabalho sobre a água. Desprezando o atrito, o trabalho feito pela roda de paletas sobre a água é igual à energia mecânica perdida pelos pesos (perda de sua energia potencial). Assim, Joule constatou que eram necessários 4,184J para elevar de 1°C a temperatura de 1g da água.



Leia mais sobre a história das leis da termodinâmica no site: <http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/histern/index.html>

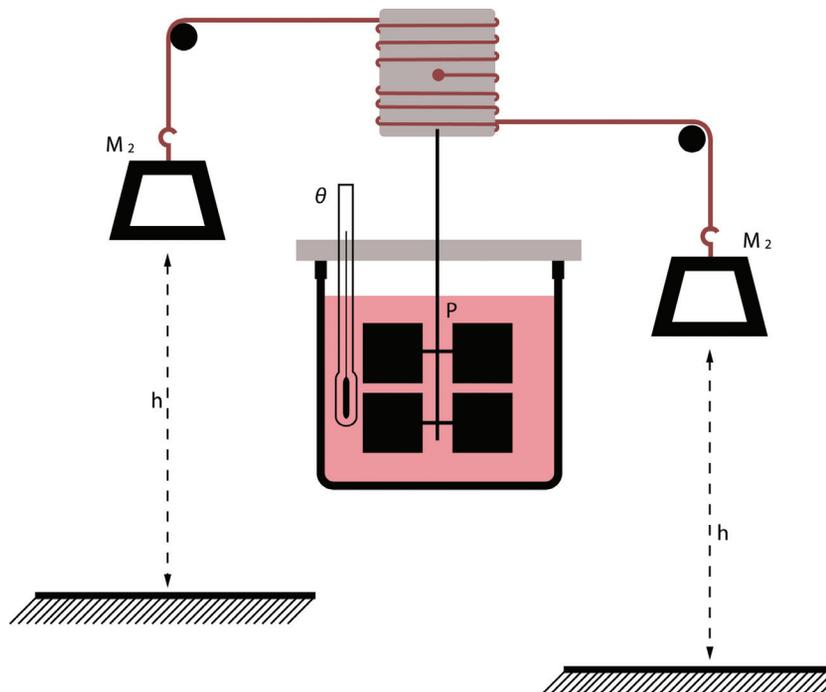


Figura 2.1 – Experimento realizado por Joule

Fonte: [http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Experincias\\_de\\_Joule/Equivalncia\\_Trabalho\\_Calor.html](http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Experincias_de_Joule/Equivalncia_Trabalho_Calor.html)

Acesso em: 4 dez. 2008

Caso as paredes do recipiente não fossem isoladas termicamente, o trabalho necessário para produzir uma determinada variação na temperatura do sistema dependeria da quantidade de calor adicionada ou subtraída do sistema através das paredes. Essa conservação de energia é a base para a **Primeira Lei da Termodinâmica**, que pode ser enunciada como:



Leia o arquivo do Greenpeace, no *site* abaixo, que fala sobre a revolução energética e entenda as perspectivas para uma energia global sustentável:  
[http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/energia/greenpeacebr\\_070202\\_energia\\_revolucao\\_energetica\\_brasil\\_port\\_v1.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/energia/greenpeacebr_070202_energia_revolucao_energetica_brasil_port_v1.pdf)

A variação na energia interna do sistema é igual ao calor transferido para o sistema mais o trabalho realizado sobre o mesmo.

Então, de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, a energia sempre se conserva; no entanto, existem processos que são irreversíveis. Por exemplo, se um objeto deslizar sobre uma superfície inclinada com atrito, o trabalho realizado sobre o sistema é convertido em energia térmica e energia cinética, e, como resultado, o objeto adquire velocidade e tem sua temperatura elevada. Porém, se agora o objeto estivesse quente, não haveria espontaneamente a conversão da energia interna em trabalho, e o objeto não percorreria rampa acima à custa do resfriamento do sistema. Essa observação é um enunciado da **Segunda Lei da Termodinâmica**, assim anunciada por Kelvin:

É impossível que um sistema remova energia térmica de um único reservatório e converta essa energia completamente em trabalho sem que haja mudanças adicionais no sistema ou em suas vizinhanças.

## UNIDADE 3 – ENERGIA EÓLICA

### 3.1 Objetivo de aprendizagem

Conhecer a energia eólica e seu aproveitamento.

### 3.2 Conceito

A energia eólica é a energia gerada com o aproveitamento do vento. Esse tipo de recurso natural vem sendo utilizado há anos sob a forma de moinhos de vento e atualmente vem sendo canalizado pelas modernas turbinas eólicas, conforme é apresentado na Figura 3.1.

A qualidade dos recursos eólicos e suas variações em uma região dependem basicamente da posição geográfica, do clima, do relevo e de cobertura do solo; por isso, antes da instalação de parques geradores são realizados estudos para o levantamento dos locais ideais considerando também o menor impacto ao meio ambiente.



Figura 3.1 – Turbinas eólicas

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.html?f=download&id=1051412>

Acesso em: 4 dez. 2008.

### 3.3 Fonte

A circulação atmosférica é globalmente a responsável pela geração dos ventos, que se originam basicamente do aquecimento desigual da superfície da terra. Como a radiação solar é absorvida de forma desigual pelo solo e pela água, geram-se movimentos ascendentes do ar mais aquecido e menos denso na superfície; o ar nas camadas mais superiores, que é mais frio e mais denso, tende a descer em direção à superfície gerando



Segundo especialistas, o Brasil possui uma enorme capacidade de aproveitamento desse recurso, sendo indicada a ampliação do número de parques eólicos atualmente implantados.



No Brasil, a participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é pequena. Segundo dados de 2003, havia apenas 6 centrais eólicas em operação no país, totalizando uma capacidade instalada de 22.075 kW. No entanto, os crescentes incentivos governamentais, como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), vêm despertando o interesse de investidores. Soma-se a isso, a possibilidade de complementaridade entre a geração hidrelétrica e a geração eólica, visto que o maior potencial eólico do país localiza-se na região Nordeste, e, durante o período de menor disponibilidade hídrica, há a possibilidade de complementação da oferta de energia elétrica.



Assista ao filme sobre energia eólica acessando o *site*: <http://br.youtube.com/watch?v=pJzfiUqC6H0&feature=related>

uma célula de circulação (ANEEL, 2002). Em escala global, temos a energia eólica disponível como resultado da associação da radiação solar incidente no planeta com o movimento de rotação da terra, o fenômeno natural da circulação global, sendo, por isso, considerada uma energia renovável.



Assista ao filme sobre como funciona a energia eólica acessando o *site*: <http://br.youtube.com/watch?v=9SFm6gxxqGY&feature=related>



Os aerogeradores de eixo horizontal (com duas ou três pás) representam o padrão de rotores utilizados nos aerogeradores modernos, e podem ser visualizados na Figura 3.1. Já os multipás e os de eixo vertical, apesar da vantagem de possuírem mecanismos de direcionamento ao vento, são mais utilizados para aeromotores que têm maior aplicação para o bombeamento de água.



Pesquise sobre a melhor forma e locais de utilização desse recurso no Brasil.

### 3.4 Conversão

A conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica é conhecida há bastante tempo, ocorrendo relatos seguros da utilização de moinhos de vento no século X. Mas foi após a Revolução Industrial e, posteriormente, durante a crise do petróleo, na década de 70 do século XX, que se tiveram grandes avanços e a consolidação do aproveitamento dessa energia cresceu. Grandes turbinas, também denominadas de aerogeradores, são responsáveis por captar a energia cinética dos ventos, e, através de um gerador, o movimento dessas turbinas transforma-se em energia elétrica. A quantidade de eletricidade que pode ser gerada pelo sistema depende de quatro fatores:

- quantidade de vento;
- diâmetro da hélice;
- potência do gerador; e,
- rendimento de todo o sistema.

### 3.5 Aproveitamento no Brasil e no Mundo

A energia eólica ainda tem seu potencial de geração subaproveitado, embora o mercado esteja em expansão. Segundo dados da ANNEEL (2002), em 1990, a capacidade instalada no mundo era inferior a 2.000 MW, passando no final de 2002 a 32.000 MW. Isso fez com que a Associação Européia de Energia Eólica estabelecesse novas metas, indicando que, até 2020, a energia eólica poderá suprir 10% de toda a energia elétrica requerida no mundo, índice 10 vezes maior que o de hoje.

Abaixo o gráfico com a distribuição percentual da capacidade instalada no mundo (Figura 3.2), com destaque para a Alemanha (35%) e a EUA (19%).

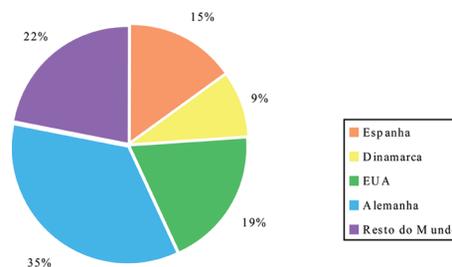


Figura 3.2 – Distribuição da capacidade eólica instalada no mundo.  
Fonte: Modificado de ANEEL (2002)

Como impactos negativos da implantação desses grandes projetos, têm-se os ruídos de baixa frequência gerados pelas pás, o impacto visual da instalação das grandes turbinas e também a possibilidade de interferência eletromagnética em transmissões de dados e dos meios de comunicação. Também não pode ser descartada a possível interferência na rota de aves migratórias.



Segundo a ANEEL (2002), as centrais eólicas de grande porte têm potencial para atender uma significativa parcela da demanda brasileira com importantes ganhos:

- contribuirão para a redução da emissão de poluentes atmosféricos (pelas usinas térmicas);
- diminuirão a necessidade da construção de grandes reservatórios; e
- reduzirão o risco de racionamento gerado pela sazonalidade hidrológica.



## UNIDADE 4 – ENERGIA SOLAR

### 4.1 Objetivo de aprendizagem

Conhecer a energia solar e o seu aproveitamento.

### 4.2 Conceitos

A utilização da energia solar se divide em aproveitamento térmico, que usa coletores de energia solar sobre os telhados de casas (tecnologia comum no Brasil), principalmente para o aquecimento de água, e em aproveitamento fotovoltaico, que gera energia a partir de painéis compostos por conjuntos de células de silício sendo uma tecnologia mais cara que a primeira.

Convencionalmente, existem duas formas de aproveitamento da energia solar: ativa e passiva. O método ativo de aproveitamento solar se baseia em transformar os raios solares em outras formas de energia (térmica ou elétrica). Já o método passivo de aproveitamento da energia solar é a forma encontrada para o aquecimento de edifícios ou prédios, através de concepções e estratégias construtivas (comumente empregado em países de clima predominantemente frio, como na Figura 4.1).



No Brasil, a quantidade de sol, abundante durante quase todo o ano, é um grande estímulo ao uso deste recurso natural. É importante ressaltar que, mesmo as regiões com baixos índices de insolação, apresentam grande potencial de aproveitamento energético.



Figura 4.1 – Coletores solares para aquecimento de água na Inglaterra

Fonte: <http://www.solarworks.co.uk/wp-content/uploads/2008/01/2007-11-12-044.jpg>

Acesso em: 4 dez. 2008

### 4.3 Aproveitamento de energia solar

A quantidade de energia incidente na superfície terrestre depende diretamente das condições atmosféricas e da latitude, e varia de acordo com o período do ano e do dia. A variação da insolação no planeta é explicada pela inclinação do eixo imaginário da terra (Figura 4.2) que, aliado



Para saber mais sobre os conceitos de heliotecnia, leia o arquivo no site: <http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia2.pdf>

ao movimento de translação (em torno do Sol), resulta nas quatro estações do ano.

Grande parte do território brasileiro encontra-se relativamente próximo à linha do Equador, onde os raios solares incidem próximos da perpendicularidade o ano todo, apresentando, por isso, um ótimo potencial de aproveitamento dessa fonte energética, mas é preciso considerar que a maior parte das atividades socioeconômicas e da população brasileira encontra-se na região tropical (entre o Equador e 30° S – Trópico de Capricórnio). Desse modo, para a maximização do aproveitamento da energia solar através da utilização de coletores fixos, é preciso observar a latitude do local de instalação dos equipamentos e sempre orientá-los para o Norte.

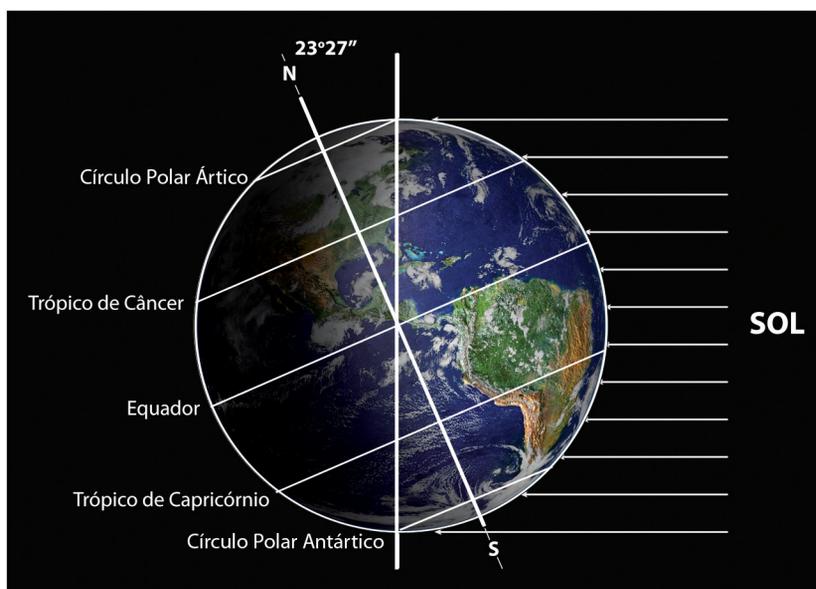


Figura 4.2 – Inclinação do eixo da Terra e incidência dos raios solares  
Fonte: montesinai0.tripod.com/astro01.jpg  
Acesso em: 4 dez. 2008

#### 4.4 Conversão da energia solar em térmica

A conversão da energia solar em energia térmica ocorre através da absorção de radiação numa superfície escura ou seletiva e, posteriormente, através da transferência dessa energia, sob a forma de calor, para o elemento que irá receber a energia útil. Esse tipo de sistema é bastante utilizado em residências e estabelecimentos comerciais, como hotéis, restaurantes e hospitais, para o aquecimento de água.

A quantidade de radiação solar absorvida na superfície absorvedora é determinante para a quantidade de energia útil obtida e varia de acordo com as características da superfície e da quantidade de radiação que a atinge. Essas características são fundamentais para uma boa eficiência do sistema.



Para entender como são feitos os coletores solares térmicos, leia o arquivo no site: <http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia6.pdf>

#### 4.4.1 Tecnologias disponíveis local e mundialmente

Quando se necessita elevar a temperatura da água até 150° C, geralmente são utilizados coletores planos ou caixas de efeito estufa sem concentradores. Para aplicações que exijam temperaturas mais elevadas, o uso de concentradores se faz necessário.

Os concentradores são dispositivos focais, tais como lentes, refletores cônicos, cilíndricos, parabólicos ou conjuntos de espelhos que, através da concentração dos raios solares num foco definido, permitem a obtenção de temperaturas da ordem de até 3.000°C. Somente a radiação direta é aproveitada (RODRIGUES, 2008).

Já nos sistemas de coletores planos e caixas de efeito estufa, todos os tipos de radiação incidentes – direta, difusa e refletida – são aproveitados. Sua eficiência varia quase que proporcionalmente ao índice de radiação total, garantindo uma operação satisfatória mesmo em dias nublados e de baixa insolação, e tornando seu uso bem mais abrangente. Também dispõem dispositivos de segmento do sol, bastando, para sua operação, uma correta orientação geográfica e valores de ângulos de inclinação em relação ao plano horizontal compatíveis com a latitude (RODRIGUES, 2008).

A energia solar como energia térmica também pode ser empregada para obter água potável a partir de água com alto teor de salinidade. Os destiladores solares por efeito térmico se valem do efeito estufa interno para a evaporação da água, ficando os sais como resíduos. Pela sua simplicidade, podem ser construídos artesanalmente. Também pode-se destacar os secadores solares empregados para desidratação de grãos e frutas. Os modelos dividem-se entre os de exposição direta e os de exposição indireta ao sol, do material a ser seco. A circulação de ar no interior do secador tanto pode ser forçada como natural; no entanto, quando for necessário utilizar controle de umidade e temperatura, o uso da circulação forçada se faz necessário.

#### 4.4.2 Idéias e experimentos simplificados e caseiros

Embora pouco significativos diante do grande potencial existente, já há vários projetos de aproveitamento da radiação solar para o aquecimento de água no Brasil. Destaca-se um projeto caseiro (Figura 4.3) que utiliza materiais reciclados, elaborado por Alano (2008).

O princípio de funcionamento é o sifonamento, que consiste na circulação interna no reservatório, que ocorre por diferença de densidade da água fria e da água aquecida. O aquecimento da água se faz através de colunas de absorção térmica, feitas de tubos e conexões de PVC, previamente pintadas de preto para maximizar a absorção do calor.



Segundo Rodrigues (2008), nas regiões em que o aquecimento de ambientes interiores é desejável, há vários tipos de arranjos e dispositivos para o aproveitamento da radiação solar para calefação. O maior problema citado é que os períodos de maior demanda, no inverno, não podem ser atendidos somente pelo sistema de energia solar devido à baixa radiação disponível, sendo necessário para aquecimento do fluido um sistema de apoio com outra fonte (gás ou eletricidade) o que acaba por aumentar os custos de instalação.



Acesse ao *site* e veja como funciona um conversor de energia solar em térmica: <http://br.youtube.com/watch?v=ltv6zti5KE&feature=related>



Para saber mais sobre conversão térmica da energia solar, leia o arquivo no *site*: <http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia3.pdf>

Veja a foto de um Destilador no *link*: [www.sitiosolar.com/utiles%20solares.htm](http://www.sitiosolar.com/utiles%20solares.htm)

Veja a foto de um Secador Solar no *link*: [www.ecomaipo.cl/novedades/Salta/image004.jpg](http://www.ecomaipo.cl/novedades/Salta/image004.jpg)



Assista ao vídeo sobre como fazer um aquecedor de água de forma caseira, mas muito eficiente, acessando o *link*: <http://br.youtube.com/watch?v=Czbr8wt2dCA&feature=related>



Para ver os detalhes de como se faz um aquecedor solar com materiais recicláveis, leia o arquivo no site: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/solar.pdf>



Como exercício prático, construa um pequeno aquecedor solar caseiro, com materiais recicláveis, para aquecer a água da sua casa.



O princípio de funcionamento das células solares está baseado no efeito fotovoltaico, observado pela primeira vez por Becquerel em 1839. No início do século XX, foram descobertas as propriedades do óxido de cobre, no qual se observou o fenômeno da conversão direta da energia solar em energia elétrica. Em 1954, foi fabricada uma célula de silício com eficiência na ordem de 6%, que em 1955 começou a ser comercializada. Mas foi a partir do programa espacial norte-americano e, posteriormente, da crise do petróleo na década de 70, que foi intensificada a pesquisa na área fotovoltaica (HECKTHEUER, 2001).

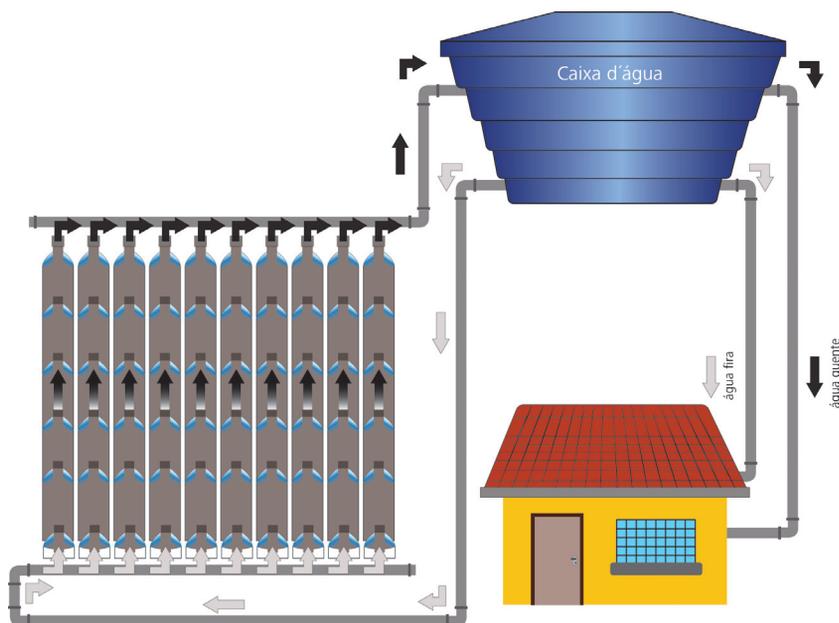


Figura 4.3 – Esquema do aquecedor de água com materiais reciclados  
Fonte: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/solar.pdf>  
Acesso em: 4 dez. 2008

Com garrafas *pet* e caixas de leite, pode-se construir o equivalente à caixa metálica, o painel de absorção térmica e o vidro utilizados nos coletores convencionais. A própria caixa d'água existente no local pode ser aproveitada no fornecimento de água quente e fria, desde que ela tenha a capacidade igual ao dobro da água a ser aquecida e possua isolamento térmico.

#### 4.5 Aproveitamento elétrico da energia solar

Como a segunda parte dos estudos sobre aproveitamento da energia solar, abordar-se-á a energia fotovoltaica. Praticamente inesgotável, a energia solar também pode ser utilizada para produzir eletricidade através de painéis solares e células fotovoltaicas.

##### 4.5.1 Conversão de energia solar para elétrica

Para o aproveitamento da energia solar como eletricidade, a aplicação fotovoltaica se baseia na propriedade eletroquímica que alguns materiais possuem de transformar a luz em eletricidade (através do efeito fotoelétrico), onde essas células solares individuais (Figura 4.4) são combinadas para criar módulos solares (DISCOVERY CHANNEL, 2008).

As células solares consistem de um material semicondutor (geralmente o silício). O efeito fotovoltaico é um fenômeno que ocorre nas junções de materiais semicondutores quando expostos à luz. Para que ele ocorra, é necessário que o material semicondutor tenha duas regiões dis-

tintas eletricamente (uma do tipo N e uma do tipo P), o que requer um pré-tratamento para dopagem do cristal. O processo de dopamento consiste em inserir impurezas em um material semiconductor (HECKTHEUER, 2001).



Figura 4.4 – Painelelétrico

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=990287>

Acesso em: 4 dez. 2008



De forma simplificada, podemos dizer que as células fotovoltaicas, captam a luz e a separam em carregadores negativos (elétrons) e positivos. Um campo elétrico criado pelos desequilíbrios selecionados no semiconductor separa os carregadores. O resultado é uma falta de elétrons em um lado e um excesso deles no outro; esta tensão elétrica pode ser coletada com um contato metálico nos lados superiores e inferiores (DISCOVERY CHANNEL, 2008).

#### 4.5.2 Tecnologias e equipamentos

É crescente o aproveitamento dessa fonte de energia por se tratar de um recurso renovável promissor, embora ainda, pouco explorado, mas que com certeza será estratégico no que concerne ao equilíbrio entre produção de energia e crescimento econômico.

A energia solar transformada em elétrica pode ser aplicada no carregamento de baterias, mas esses módulos – denominados autônomos – requerem maior manutenção, o que reflete no aumento dos custos. Segundo Rodrigues (2008), a aplicação da energia fotovoltaica para áreas urbanas, que vem se delineando em diversos países, é o sistema fotovoltaico interligado à rede pública que dispensa armazenamento local e não necessita atender toda a demanda do consumidor, pois em situação de *déficit*, a oferta é complementada pela rede.

Há alguns anos, a Alemanha empenha-se em implementar políticas visando acelerar o acesso à rentabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Por exemplo, a cidade de Freiburg já possui cerca de 10 mil telhados com painéis solares fotovoltaicos. O governo alemão está programando chegar a 100 mil telhados, pois quer que cada um funcione como uma usina elétrica (MOURÃO, 2008).



Para ver como pode ser feito um carrinho utilizando energia fotovoltaica, leia o arquivo, no site: <http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia8.pdf>



Em outros países, como a Alemanha, esse tipo de energia já vem sendo explorado há mais tempo. O sistema tem como objetivo, suprir a demanda energética de uma família com quatro pessoas em uma residência urbana típica brasileira, de forma a aumentar a eficiência energética da rede elétrica local (SALOMONI; RÜTHER, 2008).



Leia mais sobre energia solar fotovoltaica no *site*:  
<http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto02.htm>

Veja uma foto da Vila Solar na Alemanha no *site*:  
<http://keetsa.com/blog/wp-content/uploads/2008/01/solar-village.jpg>



Como lembra Mourão (2008), uma grande vantagem é a de não ter nada para pagar no fim do mês, pois “o Sol não envia contas”.



Aprofunde seus conhecimentos lendo mais sobre energia solar no *site*:  
<http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto06.htm>

No Brasil, a porcentagem de domicílios supridos com eletricidade vem aumentando gradativamente a cada ano, fazendo com que a demanda energética cresça muito, em curto prazo. Como exemplo de utilização no Brasil, em setembro de 1997 foi posta em operação, no campus da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, a primeira instalação solar fotovoltaica integrada à edificação e interligada à rede pública.

### 4.5.3 Vantagens e desvantagens

A energia solar cresce 33% ao ano e já é fonte complementar de residências em países como a Alemanha, e, mais recentemente, no Brasil, além de ser aplicada para diversos fins, como em carros e satélites.

Mas estes dispositivos, principalmente os que buscam o aproveitamento da energia solar como energia elétrica, possuem duas grandes limitações que são:

- o baixo rendimento; e
- os elevados custos de produção dos painéis que é decorrente da pouca disponibilidade de materiais semicondutores e que se reflete no custo final ao consumidor.

Muitos estudos estão sendo realizados na busca de melhorias da eficiência dos sistemas de energia fotovoltaica, mas, excluindo-se essas desvantagens de ordem econômica, o meio ambiente e os usuários dessas tecnologias têm muito a ganhar. Rodrigues (2008) demonstra algumas vantagens na sua utilização:

- a não utilização de combustíveis fósseis em nenhuma etapa do processo de conversão;
- o sistema não necessita de ativação pelo usuário;
- não emite ruídos; e
- a instalação possui uma vida útil elevada, já que os painéis duram em torno de 25 anos.

## UNIDADE 5 – ENERGIA HIDRÁULICA

### 5.1 Objetivo de aprendizagem

Conceituar energia hidráulica e o seu aproveitamento.

### 5.2 Introdução

As primeiras usinas de energia hidrelétrica foram construídas na Inglaterra, em 1880. Hoje, há o aproveitamento não só da energia das águas doces, mas também vem sendo explorado o potencial das marés e ondas.

A geração de energia elétrica no Brasil é realizada com a utilização de grandes barragens, como a de Itaipu, e, mais recentemente, de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH's.

### 5.3 Conversão da energia hidráulica para energia elétrica

A energia hidráulica é obtida a partir da energia potencial de uma massa de água, como rios e lagos, e pode ser aproveitada por meio de um desnível artificial ou de uma queda d'água natural. Primeiramente é convertida em energia mecânica através de turbinas que, por sua vez, são utilizadas no acionamento de um gerador elétrico (Figura 5.1).

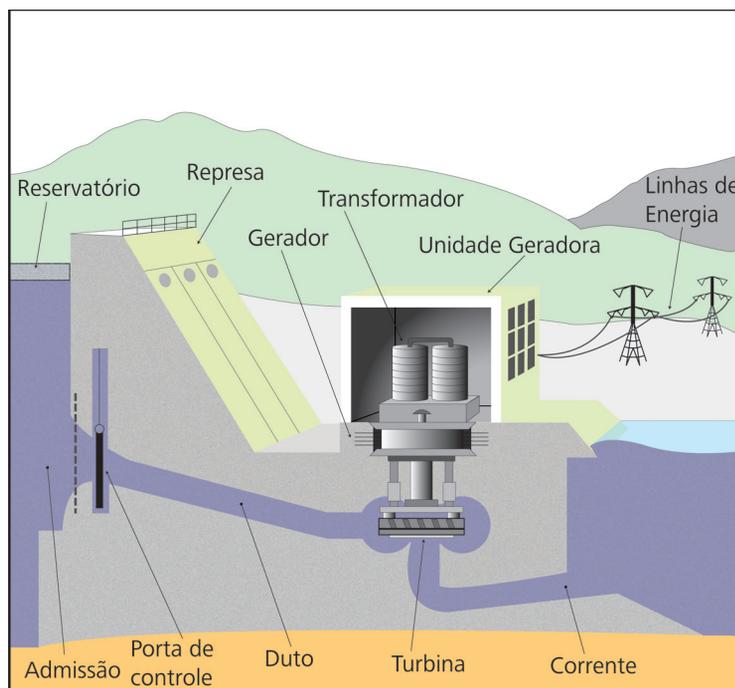


Figura 5.1 – Esquema de funcionamento de uma hidrelétrica convencional  
Adaptado de: [professoravero.zip.net/images/hidreletrica.gif](http://professoravero.zip.net/images/hidreletrica.gif)  
Acesso em: 4 dez. 2008.

A potência hidráulica máxima de um determinado local pode ser calculada pela equação a seguir:



Segundo o Greenpeace em 2005 a matriz energética brasileira se constituía de: 84% hidrelétrica, 4% biomassa, 4% diesel e óleo combustível, 4% gás natural, 1% carvão e 3% nuclear.



Veja uma foto da Hidrelétrica Itaipu Binacional em Foz do Iguaçu/PR no link:  
<http://www.folhavoria.com.br/site/img/lib/118748416295.jpg>

Veja uma PCH de Rio Bonito – Santa Maria do Jequitibá/ES no link:  
[www.leonardo-energy.org/.../images/itaipu.jpg](http://www.leonardo-energy.org/.../images/itaipu.jpg)



Veja como é o funcionamento de uma usina hidrelétrica para gerar energia elétrica nos 2 vídeos abaixo:  
[http://br.youtube.com/watch?v=VE5DF\\_4s6r8](http://br.youtube.com/watch?v=VE5DF_4s6r8)

[http://br.youtube.com/watch?v=ttNTouj\\_jOU&feature=related](http://br.youtube.com/watch?v=ttNTouj_jOU&feature=related)



Segundo previsões da Agência Nacional das Águas (ANA, 2004), o sistema elétrico brasileiro deverá ganhar nos próximos anos mais 113 novas usinas hidrelétricas de pequeno e grande porte. Mas quase 90% dessas unidades não terão reservatório para armazenar água. Do total a ser instalado, apenas 13 usinas licitadas entre 2001 e 2002 previam a construção de reservatórios. [...]

[...] As hidrelétricas que utilizam a tecnologia a fio d'água apresentam impactos menores, visto que quando há a formação de lagos, estes são menores que os de hidrelétricas tradicionais, podendo-se preservar mais as características originais do ambiente (ANA, 2004).



Leia mais sobre o aproveitamento de energia hídrica no site: <http://www.arena.com.pt/hidrica.html>



Veja a foto de uma Usina da CBA com tecnologia a fio d'água, no rio Paranapanema/SP, no link: <http://www2.uol.com.br/debate/1292/fotos/usina.jpg>



Veja como esse sistema de aproveitamento das marés funciona, no vídeo: <http://br.youtube.com/watch?v=qRUI1mJQHmc>



Conforme notícia divulgada no Brasil, pelo portal EcoDebate (ECODEBATE, 2008), na Irlanda do Norte já está em funcionamento a primeira turbina subaquática, denominada SeaGen, que produz eletricidade através da energia das marés. Ela funciona como um moinho de vento subaquático e gera 150kW com previsão de chegar, ainda em 2008, a 300kW, sendo que a longo prazo produzirá 1.200 quilowatts, o bastante para abastecer, aproximadamente, mil residências.

$$P = \rho \cdot Q \cdot H \cdot g$$

Onde:

$P$  é a potência em Watt (W);

$H$  é a altura da queda d'água em metros (m);

$\rho$  é a densidade (kg/m<sup>3</sup>);

$Q$  é a vazão volumétrica (m<sup>3</sup>/s);

$g$  é a aceleração da gravidade (m/s).

#### 5.4 Tecnologias disponíveis

A tecnologia mais empregada na geração de energia elétrica a partir de fontes hídricas é a que foi descrita anteriormente, correspondendo ao modelo das grandes barragens.

A tendência atual é a criação de pequenas centrais hidrelétricas, que apresentam menor impacto ambiental, principalmente se combinadas à tecnologias de geração de energia a fio d'água. Nesse modelo não se faz necessário o uso de grandes reservatórios, visto que a energia utilizada é a da própria correnteza do corpo d'água.

#### 5.5 Vantagens e desvantagens das hidrelétricas

A energia proveniente das grandes hidrelétricas, apesar de ser considerada limpa e renovável, apresenta diversos impactos negativos devido à necessidade do alagamento de grandes áreas para a formação dos reservatórios que garantem a produção de energia e a autonomia do sistema.

O enchimento dos reservatórios altera o uso do solo da região afetada, com remoção de moradores, o que reflete em mudanças na economia local. Além disso, cria-se uma situação de remanso que altera toda a morfologia do corpo d'água. Também podem-se observar alterações no microclima devido à formação de grandes lagos para armazenamento da água.

Do ponto de vista biótico, observam-se impactos negativos à fauna aquática e terrestre, que perde mobilidade no seu *habitat*. Para a mitigação e compensação desses impactos, é necessário que se cumpram todas as exigências legais que são impostas a partir do processo de licenciamento ambiental.

#### 5.6 Aproveitamento de energia através dos oceanos

Existem várias formas de aproveitamento da energia dos oceanos, provinda:

- das marés (mareomotriz);
- das correntes marítimas;

- das ondas;
- associadas ao diferencial térmico marítimo (que gera corrente elétrica a partir da diferença de temperatura da água do mar na superfície e nas profundezas do oceano).

Pode-se destacar dois exemplos de aproveitamento da energia dos mares e oceanos. O primeiro é o aproveitamento de grandes massas de água que se movem sobre a superfície da terra em consequência da atração gravitacional da lua. Os geradores aproveitam a energia cinética destes movimentos, com a vantagem adicional de que o recurso é, ao contrário do vento, previsível.

Pesquisadores da *Queen's University* desenvolveram uma central elétrica denominada LIMPET 500 (*Land Installed Marine Powered Energy Transformer*), conforme mostra a Figura 5.2. Ela foi construída a partir de uma escavação em um paredão rochoso, em contato com o mar, que permite que a água entre e saia livremente. Projetada para maximizar a captação de energia das ondas e de conversão de potência pneumática, essa câmara interna tem aproximadamente sete metros. É nela que o ar é deslocado pelo movimento das ondas e forçado a passar por uma turbina que gira independentemente do sentido do fluxo de ar, transformando essa energia em eletricidade.

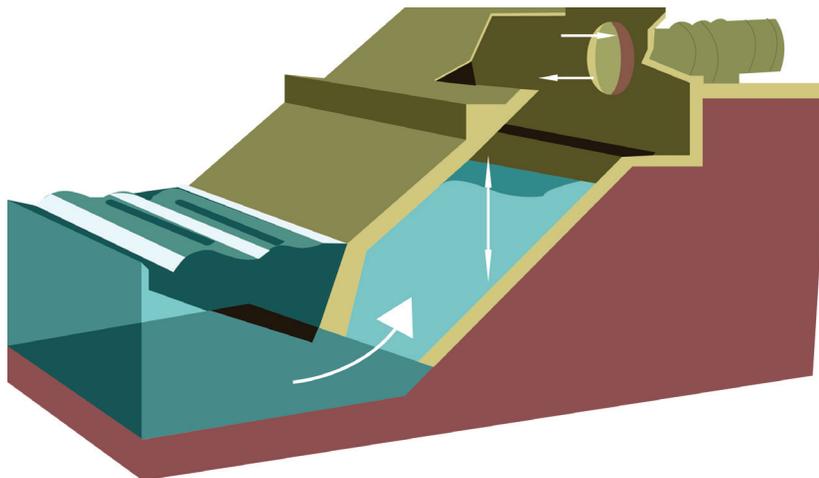


Figura 5.2 – Aproveitamento da energia derivada das ondas  
Adaptado de: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1032148.stm>  
Acesso em: 4 dez. 2008



Esquema de turbina para geração de eletricidade com aproveitamento da energia das marés.  
Fonte: <http://www.alternative-energy-news.info/images/technical/seagen-generator.jpg>



Destaca-se o alto nível de energia das ondas no Norte da Europa, onde o Reino Unido é um dos líderes mundiais no desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento desse tipo de energia.



Veja o vídeo de uma outra forma de aproveitamento da energia das ondas que está sendo desenvolvida no Brasil.  
<http://br.youtube.com/watch?v=iTplmvTF9c>



## UNIDADE 6 – ENERGIA GEOTÉRMICA

### 6.1 Objetivo de aprendizagem

Conhecer a energia geotérmica e o seu aproveitamento.

### 6.2 Conceitos

A energia obtida a partir do calor proveniente do interior da Terra é denominada geotermal ou geotérmica. Através de estudos que comprovaram que a velocidade de propagação das ondas tem relação com o material que elas atravessam, foi possível conhecer a diversidade das camadas que compõem o planeta. Sabemos, então, que a crosta flutua sobre uma camada fluida e mais aquecida, o manto, e que a pressão e a temperatura crescem à medida que a profundidade aumenta. Assim, é a partir do calor liberado pelo manto que é gerada a energia geotermal.

### 6.3 Principais fontes

As águas subterrâneas são aquecidas ou mesmo entram em ebulição quando em contato com o magma. Em alguns locais essa água sobe até a superfície e forma pequenos lagos que são aproveitados para o aquecimento de casas e prédios.

Em lugares onde há abundância de água quente, que pode chegar a 200°C (no interior da Terra), e há vapor, é possível produzir energia elétrica.

### 6.4 Conversão de energia geotermal para energia elétrica

A conversão é feita a partir de centrais geotérmicas. Elas consistem de dutos que levam água fria até locais situados no interior da Terra e onde é possível a ebulição da água. Outros dutos captam o vapor e levam-no até a superfície, onde, então, ele faz girar uma turbina e converte a energia cinética em energia potencial elétrica.

Em alguns lugares do mundo, a água aquecida pelo calor do interior da Terra jorra de forma intermitente, formando gêiseres (Figura 6.1), cujo o vapor também pode ser aproveitado.



Os vulcões, as fontes termais e as fumarolas (gêiseres) são manifestações conhecidas desta fonte de energia. O calor da terra pode ser aproveitado para usos diretos, como o aquecimento de edifícios e estufas ou para a produção de eletricidade em centrais geotérmicas.

[http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia\\_geotermica.pdf](http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia_geotermica.pdf)



Pesquise e descubra por que esse tipo de aproveitamento energético não é comum no Brasil.



Leia mais sobre energia geotérmica no site:  
<http://www.dee.feis.unesp.br/usinaecoletrica/geotermica/geo.htm>



Estima-se que o potencial geotérmico dos Estados Unidos poderia fornecer 3000 vezes mais energia do que o país necessita atualmente. Porém, encontrar locais apropriados, com um bom potencial geotérmico, requer perfurações exploratórias extremamente caras (MEDEIROS, 2008). Também existem raras situações onde são encontradas fontes de “vapor seco” nas proximidades da superfície da Terra, quando, então, não é necessário injetar a água, visto que, a pressão é alta o suficiente para movimentar as turbinas da usina com força suficiente para gerar energia elétrica.



Veja o esquema de aproveitamento de energia geotérmica no link:  
<http://exergy.se/goran/cng/alten/proj/98/geothermal/Image6.jpg>



Em áreas de dobramentos modernos, onde há vulcões, como na Rússia e Itália, bombeia-se água da superfície para as profundidades do subsolo até câmaras magmáticas onde a água é vaporizada. No caso da Itália, são produzidos dois bilhões de quilowatts-hora de força por ano, o suficiente para a maioria do sistema ferroviário italiano (SILVA, 2008). Na Islândia o vapor d’água dos gêiseres é aproveitado para calefação doméstica. E na Nova Zelândia e no estado norte-americano da Califórnia também é utilizado como uma fonte de energia elétrica.



Figura 6.1 – Gêiser

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=104184>  
Acesso em: 4 dez. 2008

## 6.5 Vantagens e desvantagens

Essa fonte de energia renovável possui **inúmeras vantagens**, entre elas:

- é mais barata que a gerada por combustíveis fósseis;
- há a disponibilidade de energia independente de variações (chuvas, níveis de rios, etc.);
- a área requerida para a instalação da usina é pequena;
- pode abastecer comunidades isoladas; e
- possui um baixo custo de operação, devido ao baixo custo do combustível.

Mas também possui **inúmeras desvantagens**, tais como:

- pode causar a subsidência da área explorada e levar o campo geotérmico local ao esgotamento; e
- altos custos para reconhecimento do local.

O vapor d’água vindo do interior da Terra contém diversos outros tipos de gases dissolvidos, entre eles o H<sub>2</sub>S (ácido sulfídrico), que possui um odor desagradável e, em baixas concentrações, provoca apenas náuseas, mas em concentrações mais elevadas é corrosivo e extremamente nocivo à saúde.

## UNIDADE 7 – BIOENERGIA

### 7.1 Objetivos de aprendizagem.

Conhecer bioenergia e o seu aproveitamento.

### 7.2 Conceitos.

O termo bioenergia é bastante amplo, por isso abordar-se-á a energia disponibilizada pela biomassa, em grande parte vegetal. Neste contexto, pode-se destacar a energia que tem como fonte a matéria florestal e o biogás, e é obtida através da queima de gases gerados pela decomposição da matéria orgânica.

### 7.3 Lenha e carvão vegetal

Os produtos de origem florestal também podem ser aproveitados para geração de energia. As plantações comerciais de árvores, de espécies geralmente exóticas, são a principal fonte para aproveitamento da biomassa florestal, mas também há iniciativas que utilizam os resíduos da indústria madeireira e moveleira como matéria-prima.

#### 7.3.1 Conversão de produtos derivados

Os recursos florestais podem ser convertidos em energia através da combustão da lenha, uma reação química que libera calor, sendo este processo bastante simples e utilizado tanto em nível doméstico (fogões à lenha) como industrial (caldeiras).

O carvão vegetal é produzido a partir da lenha pelo processo de carbonização ou pirólise. O processo de carbonização de lenha é praticado de forma tradicional, em fornos de alvenaria, com ciclos de aquecimento de até no máximo 500°C, e de resfriamento, que duram até vários dias.

#### 7.3.2 Impactos ambientais

Segundo Brito (1990), estudos indicam que 78% da matéria-prima usada na obtenção de carvão vegetal em nosso País tinham origem na mata nativa, situação que melhorou nos dias atuais, mas não raras vezes essa atividade tem sido associada com condições desumanas de trabalho.

Quando são utilizadas florestas comerciais como matéria-prima, tem-se ganhos com a redução da pressão aos remanescentes nativos, mas quando não há planejamento e manejo adequado, pode ocorrer a formação de desertos pelo corte não planejado ou incontrolado das árvores e destruição do solo pela erosão.



Estimativas afirmam que os recursos renováveis representam atualmente cerca de 20% do fornecimento total de energia no mundo, com cerca de 14% proveniente de biomassa, daí a importância que esse tipo de fonte vem recebendo.



As carvoarias tradicionais utilizam fornos cilíndricos, com pequena capacidade de produção, sem mecanização e sem sistemas de recuperação de alcatrão. Já empresas com maior capacidade tecnológica utilizam fornos retangulares, equipados com sistemas de condensação de vapores e recuperadores de alcatrão. O principal destino do carvão vegetal brasileiro são as siderúrgicas, onde é utilizado como fonte de energia no processo de produção de ferro-gusa e aço.



A poluição da própria queima da biomassa, com a emissão de gases estufa também deve ser pesada quando se avalia essa forma de energia.



Para saber mais sobre a viabilidade de um tipo de aproveitamento do biogás, leia o artigo no site: <http://www.abam.com.br/livroscargil/Capitulo%204/Capitulo%2014.pdf>

## 7.4 Biogás

O biogás é um combustível gasoso, com um conteúdo energético elevado composto, principalmente, por metano, gás carbônico e outros gases; é um hidrocarboneto de cadeia curta e linear. As fontes para sua produção são diversas, tais como, de resíduos agrícolas, lixo doméstico, esterco, bagaço vegetal e outras matérias orgânicas em decomposição.

### 7.4.1 Conversão de resíduos em biogás

O método de conversão dos resíduos varia de acordo com sua natureza. De forma geral, pode-se afirmar que a transformação da matéria orgânica se dá pela ação das bactérias que vão deteriorando o material. Segundo Cabral (2008), a temperatura aceitável para o bom desempenho das bactérias varia de 20°C a 45°C, e o pH varia entre 6,6 e 7,6, sendo que o pH 7 gera melhores resultados.

O sistema de digestão pode ser contínuo, quando o material é colocado numa cuba de fermentação onde permanece por alguns dias, ou descontínuo, quando se inicia por processos exotérmicos por um período de até oito dias. Como produto desse processo tem-se o biogás, que pode ser aproveitado diretamente através de sua queima ou transformado em energia elétrica.

### 7.4.2 Tecnologias disponíveis para aproveitamento de biogás

Existem inúmeras tecnologias que geram energia a partir da deterioração de resíduos orgânicos. Como exemplo, têm-se os estudos de Patiño (2001) que avaliam a possibilidade de digestão anaeróbia dos resíduos da produção de farinha de mandioca.

A Figura 7.1 apresenta um esquema que ilustra as fases do processo de aproveitamento do biogás gerado a partir de excrementos animais e resíduos agrícolas.



No Brasil, os biodigestores rurais vêm sendo utilizados, principalmente, para o saneamento rural, tendo como subprodutos o biogás e o biofertilizante, o que contribui para a redução dos custos de produção.



Veja o Esquema Kompogas de recolhimento e produção do biogás no link: <http://www.kompogas.ch/index.php?id=16&L=1>

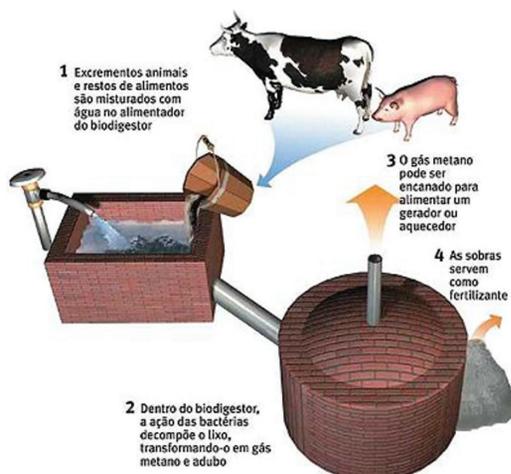


Figura 7.1 – Esquema de funcionamento de um biodigestor rural

Fonte: [pt.wikipedia.org/?title=Biog%C3%A1s](http://pt.wikipedia.org/?title=Biog%C3%A1s)

Também é crescente o uso de resíduos sólidos urbanos na geração de biogás, que, posteriormente, é convertido em energia elétrica. A empresa alemã Kompogás desenvolveu uma usina que utiliza biodigestores de fermentação a seco e tem como matéria-prima os resíduos sólidos orgânicos domésticos (“lixo” úmido) e, também, os resíduos arbóreos (como os de jardinagem). Segundo estudo realizado para implantação desse modelo na cidade de Curitiba/PR, esse equipamento, quando instalado na capital paranaense, “reciclaria” 440.000 toneladas de resíduos por ano, gerando 85 MW/ano de energia elétrica, além de disponibilizar como subproduto mais de 250.000 toneladas de adubo orgânico (IFAS; ICD, 2008).

A implantação de um projeto desse porte, em conjunto com ações de reciclagem de resíduos sólidos urbanos, pode representar o fim dos “lixões” e aumentar a vida útil dos aterros sanitários. No caso de Curitiba, estima-se que 300.000 toneladas por ano de CO<sub>2</sub> deixariam de ser emitidas para a atmosfera quando o projeto estivesse em funcionamento.

### 7.4.3 Impactos ambientais

Como o processo de geração do biogás utiliza resíduos que seriam descartados no ambiente, com ou sem um pré-tratamento, essa fonte apresenta elevado potencial de crescimento condicionado à resolução de entraves tecnológicos que ainda encarecem o processo, como por exemplo, a corrosão verificada nos materiais metálicos que compõem o sistema dos biodigestores, que se apresenta como o principal problema na viabilização de seu armazenamento e na produção de energia, exigindo equipamentos mais sofisticados.

### 7.5 Vantagens e desvantagens da bioenergia

A utilização da bioenergia possui inúmeras vantagens, tais como:

- baixo custo;
- é renovável;
- permite o reaproveitamento de resíduos; e
- é menos poluente que outras formas de energia como a obtida a partir de combustíveis fósseis.



Leia mais sobre biogás no link: <http://www.brasilescola.com/geografia/biogas.htm>



Pesquise quais são as cidades, no Brasil que têm gerado biogás através de resíduos sólidos.



A queima de biomassa ou biogás provoca a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, mas, como este composto havia sido previamente absorvido pelas plantas que deram origem a esse combustível, o balanço de emissões de CO<sub>2</sub> é considerado nulo.



## UNIDADE 8 – BIOCMBUSTÍVEIS

### 8.1 Objetivo de aprendizagem

Conhecer biocombustíveis e o seu aproveitamento.

### 8.2 Conceitos

Apesar de também comporem o tópico de bioenergia, devido à extrema importância estratégica dos biocombustíveis para o Brasil, eles foram agrupados em um item à parte.

Os vários tipos de tecnologia de biocombustíveis são diferenciados pela biomassa, processo e/ou tecnologia de produção, e encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento. Podemos classificá-los como os de 1ª geração, que têm baixa complexidade tecnológica e com predominância de matéria-prima cultivada; e os de 2ª geração, com alta complexidade tecnológica e predominância de rejeitos como matéria-prima.

Os biocombustíveis, ou agrocombustíveis, são quaisquer combustíveis de origem vegetal, que não sejam de origem fóssil. Podem ser originados da mistura de uma ou mais plantas, tais como: cana-de-açúcar, mamona, soja e outras. Apresentam-se como uma excelente alternativa para a substituição de derivados do petróleo, como gasolina e diesel. Menos poluentes e biodegradáveis, os biocombustíveis podem ser utilizados puros nos motores ou misturados com outros produtos.

### 8.3 Etanol

O etanol é produzido a partir da garapa ou caldo da cana-de-açúcar moída, que então é acondicionado em dornas, onde sofre processo de fermentação pela ação de microorganismos. Logo após essa etapa, o álcool é destilado, processo que visa purificá-lo, e no qual é separado da água e de outras substâncias. Finalmente, após a destilação, obtém-se o álcool hidratado, isto é, com grau alcoólico entre 92,6° e 93,8° INPM, pronto para ser utilizado como combustível. O álcool anidro é o tipo adicionado à gasolina, composto de 99,5% de álcool puro e 0,5% de água.

Existem estudos avançados que buscam a conversão da celulose do bagaço da cana (que atualmente é resíduo) em açúcar adicional na produção de álcool. Algumas etapas para efetivação dessa tecnologia já estão bastante desenvolvidas; o pré-tratamento do bagaço, ou seja, a sua desestruturação para deixar a celulose exposta à hidrólise, é uma dessas. Também a etapa seguinte, denominada hidrólise ácida, já vem sendo testada e aprimorada, sendo ainda necessário o rigoroso controle para que não ocorram reações paralelas indesejáveis.



Destacar-se-ão experiências bem sucedidas no Brasil que, aos poucos, vem ganhando reconhecimento internacional, como é o caso do etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar. O Brasil foi pioneiro, no final da década de 70, a instituir um programa de incentivo ao uso do álcool, frente à crise do petróleo. Posteriormente, devido à alta nos preços e a oferta insuficiente do produto, alguns decretaram o fracasso do etanol como combustível. Mas, com as políticas de diversificação da matriz energética e a tecnologia de carros bicombustíveis, o álcool hidratado ganha cada vez mais espaço no mercado, além de compor, na forma de álcool anidro, 25% da gasolina comercializada.

O biodiesel produzido a partir de óleos vegetais, também tem se destacado internacionalmente. O programa brasileiro de incentivo ao uso de biodiesel está sendo implantado e visa inserir o óleo vegetal como complemento ao óleo diesel. Inicialmente a mistura será de até 2% do derivado da biomassa no diesel, devendo aumentar gradativamente até 20%, em um período de 10 anos (RODRIGUES, 2008).



Visite o glossário ao final deste caderno para saber mais sobre os termos utilizados, como por exemplo, INPM.



Leia mais sobre biodiesel em:  
[http://www.brasilecola.com/  
geografia/biodiesel.htm](http://www.brasilecola.com/geografia/biodiesel.htm)

### 8.4 Biodiesel

O biodiesel pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais. Existem dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como: mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

Através do processo de transesterificação catalítica de triglicerídeos, que converte os ésteres triglicerídios em ésteres alcalinos (biodiesel) mediante um catalisador, geralmente, soda cáustica e um álcool, normalmente metanol, tem-se a formação de metilésteres. Na transesterificação a molécula de triglicerídio se divide em três moléculas de metiléster e uma de glicerina; essa glicerina pode ser, posteriormente, empregada para a fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos.

### 8.5 Impactos ambientais

Ser uma energia renovável e que ainda polui menos que os combustíveis fósseis são as grandes vantagens dos agrocombustíveis.

Os impactos negativos ficam por conta da criação de extensas áreas de monoculturas, o que gera graves prejuízos à fauna e flora adjacentes que se tornam vulneráveis e, muitas vezes, entram em risco de extinção. Além disso, a contaminação do solo e mananciais de água por uso de adubos e defensivos, e as práticas de manejo de solo inadequadas, podem comprometer o ambiente.



Por que a produção dos biocombustíveis ainda gera tanta polêmica, mesmo sendo considerada uma energia mais limpa e renovável?

## UNIDADE 9 – HIDROGÊNIO

### 9.1 Objetivo de aprendizagem

Reconhecer o hidrogênio como fonte de energia limpa e o seu aproveitamento.

### 9.2 Introdução

Entre as novas e mais promissoras fontes de energia renovável está o hidrogênio. O hidrogênio é um elemento químico abundante, que contém um grande valor energético, cerca de 121 KJ/g. Por ser constituído quimicamente por um único elétron em torno do núcleo e ser extremamente leve, as suas forças de ionização são baixas o que permite a extração desse elétron e, assim, ionizar o hidrogênio. Este elétron é suficiente para se produzir uma corrente elétrica, desde que se consiga um fluxo constante de hidrogênio e um procedimento ou equipamento capaz de levar à sua ionização.

### 9.3 Formas e fontes de obtenção do hidrogênio

O gás hidrogênio ( $H_2$ ) é explorado para uso em motores de combustão e células de combustível. Basicamente temos duas maneiras de obter hidrogênio: através da eletrólise, na qual se utiliza energia elétrica para promover a quebra da molécula de  $H_2$  da água, e através do processo de síntese, no qual, a partir de substâncias como a biomassa e os combustíveis fósseis, pode-se obter o hidrogênio.

Aproximadamente metade da produção mundial de hidrogênio deriva do gás natural que tem participação na matriz energética mundial de aproximadamente 23%, atrás apenas do petróleo que está com 40% e com a vantagem de ser menos poluente entre os demais combustíveis fósseis. No Brasil as tecnologias de obtenção de hidrogênio para exploração energética já são uma realidade. A Universidade de Campinas (UNICAMP) domina vários métodos, como o da eletrólise da água, decomposição da amônia, reação de hidretos metálicos, ligas de ferro-titânio e níquel-magnésio. A obtenção do hidrogênio a partir do etanol ocorre basicamente a partir de reações em alta temperatura usando catalisadores de metais nobres; porém, segundo Machado, Cantão e Nascimento (2006), a seleção de um catalisador que produza apenas hidrogênio e dióxido de carbono ainda não foi alcançada. A grande variedade de subprodutos gerados tem sido o grande problema a ser solucionado para a utilização de etanol na geração de hidrogênio, e as pesquisas têm procurado entender o mecanismo de reação para chegar ao catalisador ideal.



Veja o vídeo sobre a utilização do hidrogênio como combustível veicular em:

<http://br.youtube.com/watch?v=0VzygiXsPUg>



Outra forma de obtenção de hidrogênio é através do método da eletrólise, no qual se utiliza a eletricidade para romper a água em átomos de hidrogênio e oxigênio, passando por ela uma corrente elétrica, através de dois eletrodos, um negativo (ânodo) e outro positivo (cátodo) que são submersos na água.



No Brasil, podem-se aproveitar os reservatórios das hidrelétricas e produzir hidrogênio nos horários fora de pico e mais baratos, como durante a madrugada. Se os custos das células fotovoltaicas, de geração eólica, hídrica, todas estas formas de energia renováveis e livres de carbono, diminuïrem, a eletrólise através destes métodos será uma opção também atrativa (AMBIENTE BRASIL, 2008).

## 9.4 Perspectivas de uso e tecnologias desenvolvidas

O método da eletrólise também é promissor para a geração de hidrogênio; o que ainda inviabiliza seu uso comercial são os altos custos da eletricidade utilizada no processo, isso porque ela pode custar de três a quatro vezes mais que o gás natural formado a vapor. À medida que o gás natural for ficando mais escasso e caro, provavelmente a eletrólise ficará competitiva.

As células combustíveis (Figura 9.1) são células eletroquímicas, consideradas como uma bateria em que os reagentes são alimentados continuamente. É a mais promissora tecnologia de geração de energia a partir do hidrogênio, utilizando-o juntamente com o oxigênio para gerar eletricidade com alta eficiência, e também vapor d'água quente resultante do processo químico na célula de combustível.

Na Figura 9.1, pode-se visualizar que o hidrogênio é fornecido do lado do ânodo e o oxigênio no lado do cátodo, e como resultado tem-se a geração de energia elétrica e a liberação de água. Essa tecnologia tem como principal vantagem a sua alta eficiência e baixo impacto ambiental.



Leia mais sobre o hidrogênio como uma fonte alternativa de energia no site: <http://www.eq.uc.pt/inovar/hidrogenio.pdf>



Pesquise e descubra em que o hidrogênio já está sendo utilizado como fonte de energia.

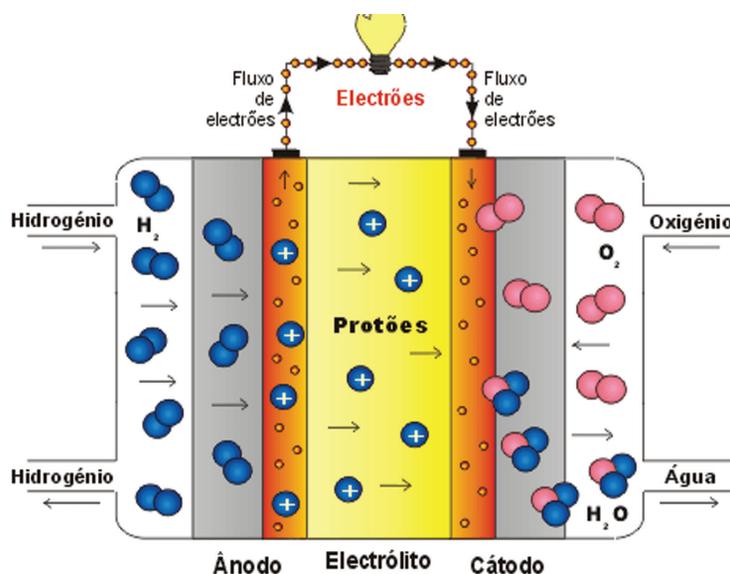


Figura 9.1 – Esquema de funcionamento de células combustíveis  
Modificado de: <http://www.aceav.pt/blogs/cristinabrinco/CFQ/ELECTRICIDADE/C%C3%89LULAS%20COMBUST%C3%8DVEL.gif>  
Assesso em: 4 dez. 2008

## REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Célula Combustível**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/celulacombustivel1.html>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Oficina de Capacitação: o estado da arte do reuso de água no Brasil**. Brasília: Superintendência de Tecnologia e Capacitação – STC, 2004. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/catalogoPublicacoes\\_2004.asp](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/catalogoPublicacoes_2004.asp)> Acesso em dez. 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Panorama do potencial eólico no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 68 p.

ALANO, José Alcino. **Manual sobre a construção e instalação de aquecedor solar composto de embalagens descartáveis**. Disponível em: <[http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual\\_Jose\\_Alcino.htm](http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual_Jose_Alcino.htm)>. Acesso em: 4 dez. 2008.

BIODIESEL BR. **Biogás**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biogas.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

BRITO, José Otávio. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, n. 9, p.221-227, ago. 1990. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v4n9/v4n9a11.pdf>>. Acesso em: 20 de jul. 2008.

CABRAL, Gabriela. **Biogás: Brasil Escola**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/biogas.htm>>. Acesso em: 20 de jul. 2008.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.cepel.br>>. Acesso em: 20 de jul. 2008.

CUNHA, Rodrigo. Tecnologia pode dobrar produção. **Com Ciência – Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=23&id=252>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

DAL MOLIN, Beatriz Helena, *et al.* **Mapa Referencial para Construção de Material Didático - Programa e-Tec Brasil**. 2. ed. revisada. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2008.

DISCOVERY CHANNEL (Org.). **Tecnologia de Energia Alternativa**.

Disponível em: <[http://www.discoverybrasil.com/guia\\_tecnologia/energia\\_alternativa/tecnologia\\_solar/index.shtml](http://www.discoverybrasil.com/guia_tecnologia/energia_alternativa/tecnologia_solar/index.shtml)>. Acesso em: 20 jul. 2008.

ECODEBATE. **Energia Mareomotriz**: A primeira turbina subaquática de marés entra em operação comercial no Reino Unido. 2008. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/index.php/2008/07/22/energia-mareomotriz-a-primeira-turbina-subaquatica-de-mares-entra-em-operacao-comercial-no-reino-unido>>. Acesso em: 4 dez. 2008.

FÓRUM CAPIXABA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E USO RACIONAL DA ÁGUA, Vitória, Espírito Santo, 2006. **Energia Geotérmica**. Disponível em: <[http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia\\_geotermica.pdf](http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia_geotermica.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2008.

FIESP; CIESP; ANA. **Conservação e reuso de água**: manual de orientações para o setor industrial. São Paulo: FIESP, 2004. v. 1.

FRANDOLOSO, Marcos Antônio Leite. **Critérios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 233 p.

GAVRONSKI, Jorge Dariano. **Carvão mineral e as energias renováveis no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007. 290 p.

GREENPEACE. **Revolução Energética**: Perspectivas para uma energia global sustentável. Brasil, 2007. 98 p. Disponível em: <[http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/energia/greenpeacebr\\_070202\\_energia\\_revolucao\\_energetica\\_brasil\\_port\\_v1.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/energia/greenpeacebr_070202_energia_revolucao_energetica_brasil_port_v1.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jear. **Fundamentos de Física**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 218 p.

HECKTHEUER, Lúcio Almeida. **Análise de Associações de Módulos Fotovoltaicos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

IFAS – UNIVERSIDADE DE TRIER/ALEMANHA; ICD – INSTITUTO CRISTÃO DE DESENVOLVIMENTO (Curitiba/PR). **Alternativas no manejo de resíduo sólidos**: Fermentação a seco e "RDF". Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alternativas\\_manejo\\_](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alternativas_manejo_)

residuos\_solidos\_fermentacao\_seco\_rfd.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2008.

MACHADO, Nádia Regina C. Fernandes; CANTÃO, Maurício Pereira; NASCIMENTO, Mário. Geração de hidrogênio a partir de reforma de etanol com vapor d'água em unidade de bancada. In: **3º Workshop Internacional Sobre Células a Combustível**, 2006, Campinas. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/ceneh/WICaC2006/PDF/09-NadiaFernandesMachado.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

MEDEIROS, Daniel. **Nova técnica para localização de energia geotérmica**. Disponível em: <<http://ecotecnologia.wordpress.com/2007/12/04/nova-tnica-para-localizao-de-energia-geotrmica>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **O Sol não manda a conta**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/artigos/sol.html>> Acesso em: 20 jul. 2008.

PATINO, Marco Túlio Ospina. Viabilidade econômica do aproveitamento de biogás a partir da digestão aeróbia da manipueira. In: Fundação CARGILL. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas: Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p. 202-211. Disponível em: <http://www.abam.com.br/livrosargil/Capitulo%204/Capitulo%2014.pdf> Acesso em: 20 jul. 2008.

PEREIRA, Roberta Campani. **Vento Parque Temático de Energias Renováveis**. Monografia (Graduação). Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

PIANEZZOLA, Gilberto. **Mapas de complementaridade dos potenciais solar e eólico no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

POLIAKOV, Vladimir Prokofievich. **Introdução à termodinâmica dos materiais**. Curitiba: Editora UFPR, 2005. 166 p.

PORTUGAL. Ciência Viva; Agência Nacional Para a Cultura Científica e Tecnológica. **Guia Didático de Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/indice.asp>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

RODRIGUES, Rômulo Rostand de Araújo. **Energia Solar** - Formas de

Aproveitamento. Disponível em: <<http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto06.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

SALOMONI, Isabel; RÜTHER, Ricardo. **Sistema Fotovoltaico integrado a edificação e interligado à rede elétrica**: Eficiência e Sustentabilidade. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/linhas\\_pesquisa/energia\\_solar/publicacoes/Sistema\\_fotovoltaico\\_integrado.doc](http://www.labee.ufsc.br/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/Sistema_fotovoltaico_integrado.doc)>. Acesso em: 20 jul. 2008.

Seminário Internacional NUTAU. **Tecnologia e desenvolvimento**: as energias renováveis no novo milênio: Anais. São Paulo: Nutau, 2000.

SILVA, Luis Carlos Marques. **Energia Geotérmica**: Sala de Física. Disponível em: <<http://br.geocities.com/saladefisica5/leituras/geotermica.htm>> Acesso em: 20 jul. 2008.

SONNTAG, Richard; BORGNAKKE, Claus; WYLEN, Gordon Van. **Fundamentos de Termodinâmica**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2000. 537 p.

TIMMERMANN, Jorge. **Biodiesel**: Produção Caseira. Tradução do [www.journeytoforever.org](http://www.journeytoforever.org), com revisão de Itamar Vieira. Disponível em: <<http://www.permear.org.br/2006/08/31/biodiesel-producao-caseira>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

TIPLER, Paula A.; MOSCA, Gene. **Física**: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 793 p.

TRIBUNA DA IMPRENSA. **Novas hidrelétricas podem não evitar o racionamento**. Disponível em: <<http://www.financeone.com.br/noticia.php?lang=br&nid=5603>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

VOET, Donald. Princípios da termodinâmica: uma revisão. In: Voet, Donald; Voet, Judith G. **Bioquímica**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. Cap.3, p.51-62.

WANDER, Paulo Roberto. **Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

WWF - Brasil. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**. 2006. Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/informacoes/noticias\\_meio\\_ambiente\\_e\\_natureza/podcasting/index.cfm?uNewsID=3608](http://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/podcasting/index.cfm?uNewsID=3608)>. Acesso em: 4 dez. 2008.

## GLOSSÁRIO

**Álcool anidro:** usado como aditivo aos combustíveis, composto 99,5% de álcool puro mais 0,5% de água. Fonte: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1B/talcooll.html>

**Álcool hidratado:** mistura anidro-alcoólica que possui 93,2° + ou – 0,6% em peso de etanol. Fonte: <http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=898>

**Bagaço:** resíduo fibroso resultante de extração do caldo da cana. Fonte: <http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=898>

**Biodigestor:** câmara hermeticamente fechada onde matéria orgânica diluída em água sofre um processo de fermentação anaeróbia. Fonte: <http://www.ecofocus.com.br/pr/producp/Biogestorpr>

**Carbonização:** processo de pirólise mais usado para a produção de carvão vegetal de madeira para a produção de energia. Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br>

**Digestão anaeróbica:** converte matéria orgânica numa mistura de metano e dióxido de carbono, na ausência de oxigênio. Fonte: <http://www.dee.feis.unesp.br/usinaeoletrica/biomassa.htm>

**Efeito fotovoltaico:** consiste no 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 da energia solar em elétrica. Fonte: [http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_solar.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf)

**Eletrólise:** processo que separa os elementos químicos de um composto através do uso da eletricidade. De maneira sumária, procede-se primeiro à decomposição (ionização ou dissociação ) do composto em íons e, posteriormente, com a passagem de uma corrente contínua através desses íons são obtidos os elementos químicos. Fonte: <http://www.encyclopedie-pt.snyke.com/articles/eletrolise.html>

**Fumarola:** abertura na superfície da crosta da Terra (ou de outro qualquer corpo celeste), em geral situada nas proximidades de um vulcão, que emite vapor de água e gases. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fumarola>

**Gerador elétrico:** dispositivo utilizado para a conversão da energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia elétrica. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Gerador>

**Grau INPM:** porcentagem de álcool em peso, em uma mistura hidro-alcoólica à temperatura padrão de 20°C. Fonte: <http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=898>

**Hidrólise:** termo oriundo da definição de Arrhenius de ácidos e bases; significa “quebra pela água”. A hidrólise é uma reação entre um ânion ou um cátion e a água, com fornecimento de íons OH<sup>-</sup> ou H<sup>+</sup> para a solução. Fonte: <http://br.geocities.com/chemicalnet/quali/hidrolise.htm>

**Magma:** material rochoso em fusão originada em profundidades crustais a mantélicas que ascende na crosta terrestre e que, ao resfriar, se solidifica como rocha magmática. Fonte: <http://www.unb.br/ig/glossario/verbete/magma.htm>

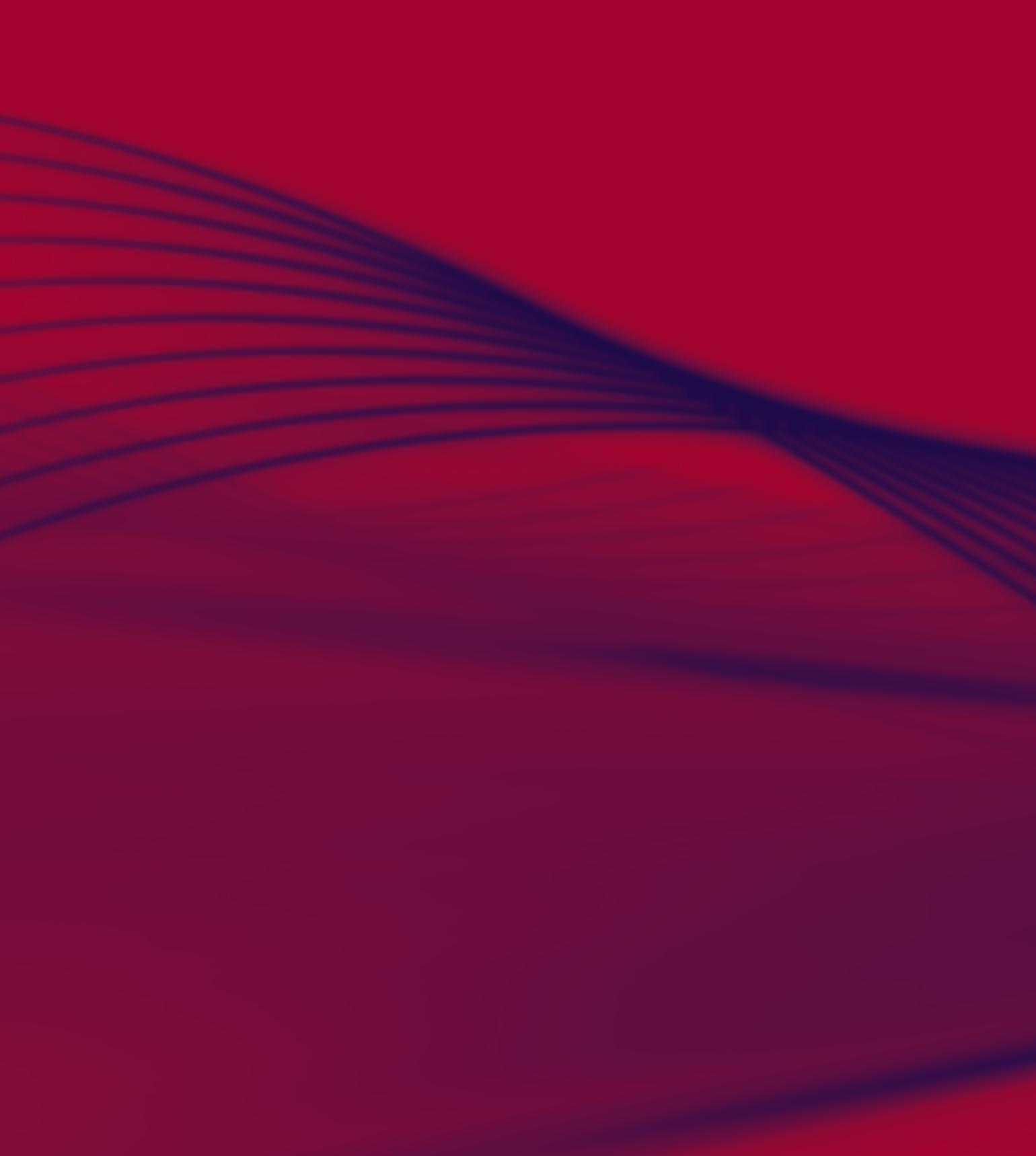
**Radiação solar:** designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular, aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Radiação\\_solar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Radiação_solar)

**Sistema termodinâmico:** definido como uma quantidade de matéria, com massa e identidade fixas, sobre a qual nossa atenção é dirigida; é separado pela vizinhança (o que é externo a ele) pelas fronteiras, que podem ser fixas ou móveis. Fonte: Sonntag; Borgnakke; Wylen (2000).

## CURRÍCULO SINTÉTICO DO PROFESSOR-AUTOR

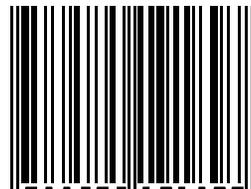
Cristiano Poletto possui graduação em Engenharia Civil (1996) e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Maringá (2001), mestrado em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003) e doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2007). Tem experiência nas áreas de Meio Ambiente, Engenharia Sanitária e Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade da água, bacias hidrográficas urbanas, sedimentos urbanos e qualidade dos sedimentos. É docente na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em cursos técnicos e na pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Tem experiência na organização de cursos de extensão e eventos científicos. É autor de trabalhos científicos publicados em jornais e revistas nacionais e internacionais, e de três livros na área de sedimentos e meio ambiente.





**e-Tec Brasil**  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

ISBN 85-7519-189-6



9 788575 191897