

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**GLAYDSON CARVALHO BAQUIL**

ENERGIAS SUSTENTÁVEIS

SÃO LUIS-MA

2015

**GLAYDSON CARVALHO BAQUIL**

**ENERGIAS SUSTENTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Esp. Marco Selner Mesquista Viana.

SÃO LUIS – MA

2015

GLAYDSON CARVALHO BAQUIL

ENERGIAS SUSTENTÁVEIS

Aprovada em, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

---

Prof. Esp. Marco Selner M. Viana  
(Orientador)

---

Esp. Luis Fernando  
(Membro de Banca Examinadora)

---

Prof. Mestre Luis Adriano R Barbosa  
(Membro de Banca Examinadora)

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço ao bom Deus que me ilumina e me guia.*

*Aos meus pais, que sempre me apoiaram nos estudos.*

*Ao professor e orientador, que sempre esteve disposto a auxiliar nesse trabalho.*

*Aos colegas que conviveram comigo o período da graduação.*

*A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui, colaborando para meu crescimento pessoal e intelectual.*

## **RESUMO**

O desenvolvimento tecnológico da humanidade começou partir da Revolução Industrial, com o uso cada vez maior dos combustíveis fósseis. Seu uso tomou grandes proporções tal que, o meio ambiente, a cada dia que passa vem sofrendo suas conseqüências, como o aquecimento global, causado pelo efeito estufa. Uma política de novas energias faz-se necessária, a fim de se evitar grandes catástrofes ambientais relacionadas à emissão de gases nocivos devido à queima desses combustíveis. Energias essas não agressivas à natureza, sustentáveis, tal como a energia eólica, a energia solar, energia dos oceanos, energia geotérmica, e os biocombustíveis.

Palavras-chave: Energia; Fontes; Sustentável; Aquecimento.

## **ABSTRACT**

The technological development of mankind began the Industrial Revolution, with the increasing use of fossil fuels. Its use has taken great proportions such that the environment, every day has been suffering its consequences, such as global warming caused by the greenhouse effect. A new energy policy is needed in order to avoid major environmental disasters related to the emission of harmful gases from the burning of these fuels. These energies not aggressive nature, sustainable, such as wind power, solar energy, ocean energy, geothermal energy, and biofuels.

Keywords: energy; sources; sustainable; heating.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 PRIMEIRAS FORMAS DE ENERGIA UTILIZADAS PELO HOMEM</b>	<b>12</b>
<b>3 FONTES GERADORAS DE ENERGIA</b>	<b>13</b>
3.1 Energia primária	13
3.2 Energia secundária	13
<b>4 FONTES FÓSSEIS</b>	<b>14</b>
4.1 O carvão	14
4.2 O petróleo	15
4.3 O gás natural	16
<b>5 MEIO AMBIENTE X COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS</b>	<b>18</b>
5.1 Mudanças climáticas	18
5.2 Problemas ambientais	20
5.2.1 Questões ambientais a serem resolvidas	21
<b>6 CONFERÊNCIAS EM DEFESA DO MEIO AMBIENTE</b>	<b>25</b>
<b>7 REVOLUÇÃO ENERGÉTICA</b>	<b>29</b>
<b>8 AS ENERGIAS ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS</b>	<b>31</b>
8.1 Energia eólica	31
8.1.1 Turbinas eólicas – os aerogeradores	32
8.1.2 Aplicação dos sistemas eólicos	34
8.1.3 Geração eólica x meio ambiente	36
<b>8.2 Energia hídrica</b>	<b>36</b>
8.2.1 Funcionamento de uma usina hidrelétrica	37
8.2.2 Tipos de turbinas	38
8.2.3 Vantagens e impactos das usinas hidrelétricas	41
<b>8.3 Energia solar – fotovoltaica</b>	<b>41</b>
8.3.1 Sistemas fotovoltaicos	42
8.3.2 Composição de um sistema fotovoltaico autônomo	43
8.3.3 Aplicação dos sistemas fotovoltaicos	45
8.3.4 Problemas ambientais	46
<b>8.4 Energia dos oceanos</b>	<b>46</b>
8.4.1 Energia das marés ou maremotriz	46

8.4.2 Energia das ondas	48
8.4.3 Vantagens e desvantagens da energia gerada pelos oceanos	51
<b>8.5 Energia geotérmica</b>	<b>52</b>
8.5.1 Condições para o aproveitamento geotérmico	52
8.5.2 Funcionamento de uma central geotérmica	53
8.5.3 Desvantagens	53
<b>8.6 Energia da biomassa</b>	<b>54</b>
8.6.1 Processo de transformação da biomassa em energia	54
8.6.2 Os biocombustíveis	55
<b>9 BARREIRAS ÀS FONTES SUSTENTÁVEIS DE ENERGIA</b>	<b>56</b>
<b>10 CONCLUSÃO</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Enchente devido a elevação de um rio	18
Figura 2: Desertificação de área devido o aquecimento global	19
Figura 3: Ciclone	19
Figura 4: Derretimento de uma geleira na Antártida	19
Figura 5: Lançamento de poluentes no ar por indústrias	21
Figura 6: Vazamento de petróleo no Golfo do México	21
Figura 7: Esquema de formação da chuva ácida	21
Figura 8: Morte de peixes por acidez do rio	22
Figura 9: Esquema do efeito estufa na atmosfera terrestre	23
Figura 10: Aerogerador vertical	32
Figura 11: Aerogerador horizontal	33
Figura 12: Componentes de um aerogerador horizontal	34
Figura 13: Sistema eólico isolado	34
Figura 14: Sistema eólico híbrido	35
Figura 15: sistema eólico interligado à rede elétrica	35
Figura 16: Roda d'água	36
Figura 17: Estrutura de uma serralheria romana movida a água	37
Figura 18: Esquema de uma hidrelétrica	38
Figura 19: Esquema de uma turbina ligada a um gerador	38
Figura 20: Turbina Pelton	39
Figura 21: Turbina Francis	39
Figura 22: Turbina Kaplan	40
Figura 23: Turbina tipo Bulbo	40
Figura 24: Painel solar	43

Figura 25: Esquema de um sistema fotovoltaico	44
Figura 26: Esquema de um sistema autônomo híbrido	45
Figura 27: Painel solar ligado diretamente a rede elétrica	45
Figura 28: Barragem	47
Figura 29: Turbina horizontal submersa	48
Figura 30: Pelamis	49
Figura 31: Archimedes Wave Swing	49
Figura 32: Ponto observador	50
Figura 33: Conversor oscilante de onda	50
Figura 34: Braços mecânicos	51
Figura 35: Central geotérmica ligada a rede elétrica	53

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, quando o homem primitivo descobriu o fogo, através da fricção de pedaços de madeira, passando assim a dominá-lo, a energia tornou-se a força motriz para um desenvolvimento da civilização. Mas foi com a descoberta do carvão e do petróleo e mais tarde com a invenção da eletricidade que o homem realmente passou de um estado primitivo, onde o fogo era sua única fonte de energia, para um estado “energético evolutivo”. Podemos dizer, então, que a energia está diretamente ligada ao desenvolvimento da sociedade.

Porém, tal evolução energética acarreta em grandes consequências ambientais, ocasionadas pelo uso descontrolado do carvão e do petróleo como fontes geradoras de energia. Faz-se necessária a introdução e utilização de novos meios geradores como fontes alternativas sustentáveis, no intuito de minimizar os atuais problemas do ecossistema, tais como as fontes de energias: solar, eólica, hidráulica, das marés, geotérmica, da biomassa e os biocombustíveis.

“A importância da energia pode ser entendida a partir da constatação do papel que ela exerce desde as sociedades mais primitivas até o presente”. (Neto. 2012, p.15).

## 2 PRIMEIRAS FORMAS DE ENERGIA UTILIZADAS PELO HOMEM

As necessidades energéticas do homem estão em constante evolução. Para satisfazer suas primeiras necessidades, que eram basicamente a alimentação, uma fonte de iluminação noturna e aquecimento, o homem apropriou-se do uso do fogo e desenvolveu a agricultura e a pecuária, armazenando energia excedente nos animais e alimentos. Os animais passaram a ser fonte de energia mecânica. Com sua domesticação começou a ser utilizado no objetivo de ajudar nos trabalhos mais pesados, como arar a terra, transportar carga e tração de veículos. (FONSECA, 1972).

O aparecimento de grandes civilizações no mundo antigo (cerca de 4000 A.C.) representou um grande marco no aproveitamento energético. Esses povos apropriaram-se de solos férteis e utilizaram a energia dos conversores vegetais, ao desenvolver a técnica da cultura irrigada de cereais, sendo capazes de armazenar quantias, cada vez maiores, de energia na forma de alimentos. Destaca-se, também, o uso de um grande número de escravos como força motriz nas sociedades egípcia e romana.

Outro avanço do uso da energia, na antiguidade, foi utilizar o vento como conversor energético, através da navegação com barcos à vela no antigo império. a chamada energia eólica já era aproveitada a pelo menos 2000 A.C. (HÉMERY; BEBIER; DELÉAGE, 1993).

Grandes transformações no uso da energia aconteceram com as primeiras descobertas de cientistas a partir da Idade Média. O desenvolvimento de áreas como a matemática, a geometria e a engenharia catalisaram o domínio e a transformação das formas de energia disponíveis na natureza. A obra de Arquimedes (287-212 A.C.) sintetiza os avanços desse período: o cientista criou alavancas e mecanismos para movimentar objetos muito pesados. O uso desses artefatos mecânicos tornaria possível a multiplicação da força extraída de todas as formas de energia conhecidas pelo homem. (PIERRE, 2011).

A biomassa foi outra fonte de energia que o ser humano começou a utilizar desde o começo de sua existência. Trata-se da energia derivada de matéria viva, como plantas e animais.

A água também surgiu como uma nova alternativa de fonte energética, utilizando-se de um engenho chamado roda d'água.

A multiplicação da força disponível ao homem para a realização de trabalho aumentaria drasticamente com o aproveitamento do vapor, porém esse objetivo requeria a construção de máquinas mecânicas de grande complexidade na idade média e foi possível somente com a colaboração de muitos cientistas ao longo do século XIII.

### **3 FONTES GERADORAS DE ENERGIA**

A energia está implícita no ambiente de que dependemos para sobreviver, podendo ser classificada em duas categorias: primária e secundária.

#### **3.1 Energia primária**

Os recursos dessa energia provêm de forma direta da natureza, podendo ser dividida em duas classes:

- Renovável – “São aquelas cuja reposição pela natureza é bem mais rápida do que sua utilização energética, ou cujo manejo pelo homem pode ser efetuado de forma compatível com as necessidades de sua utilização”. (Reis. 2011, p.3).

Tais fontes podem ser usadas para produzir eletricidade, como é o caso das hidrelétricas (água), dos sistemas eólicos (ventos) e dos sistemas solares (fotovoltaica). Todas apresentam pouco ou nenhum gás de efeito estufa e contam com fontes naturais virtualmente inesgotáveis.

- Não Renovável – “São aquelas passíveis de se esgotar por serem utilizadas com velocidade bem maior do que os milhares de anos necessários para a sua formação”. (Reis. 2011, p.3).

Em resumo, é uma energia limitada cujos recursos depois de serem explorados e utilizados irão pouco a pouco desaparecer, como exemplo: a energia geotérmica, o gás natural, os combustíveis radioativos, o carvão e o petróleo. Aliás, esses dois últimos são os principais recursos geradores de energias atualmente.

#### **3.2 Energia secundária**

É resultante da transformação das fontes primárias, ou seja, quando se faz necessário o uso de algum tipo de tecnologia para obter outro tipo específico de energia; o material transformado se torna uma fonte secundária. Como exemplo tem-se o carvão vegetal, obtido da queima da madeira e a gasolina, obtida da transformação do petróleo. (Reis, 2011).

## 4 FONTES FÓSSEIS

Existem três grandes tipos de combustíveis fósseis: carvão, petróleo e o gás natural. O nome fóssil surge pelo tempo que demora à sua formação, milhares de anos, pelo processo da fossilização de animais e plantas. Estes, no período pré-histórico, transformaram-se em carvão mineral, petróleo e gás natural, por meio de sua decomposição por fungos e bactérias onde são levados pela chuva, rios e mares para as camadas mais profundas da crosta terrestre, onde esse material se organiza química e fisicamente na forma dos combustíveis que conhecemos. (Dionísio & Borsato, 2009).

Amaral (2010) destaca que, com o início da Revolução Industrial, iniciou-se a era dos combustíveis de origem fóssil. O carvão mineral foi o primeiro desses combustíveis utilizado em grande escala, ao substituir a lenha e ser usado na combustão direta para a produção de vapor nas máquinas. O ano de 1859 é considerado o marco zero da industrialização do petróleo, quando Edwin Drake descobriu petróleo a uma profundidade de 21 metros em Tutsville, nos EUA. Até então, o petróleo aproveitado era o que aflorava na superfície.

Porém, aquilo que a natureza levou milhões de anos para gerar, o homem vem consumindo rapidamente e, ainda que não sejam renováveis ao longo da escala de tempo humana, ao longo de uma escala de tempo geológica, esses combustíveis continuam a ser formados pela natureza. Sendo assim, uma vez esgotados só existirão novamente há outros tantos milhares de anos.

O uso destes recursos trouxe, sem dúvida, grandes impactos na evolução do Homem a nível social, tecnológico e económico, mas, por outro lado, graves consequências ambientais, pois sua utilização através da queima desenfreada implica em danos atmosféricos catastróficos, contribuindo também para o efeito estufa.

### 4.1 O carvão

O carvão mineral é uma rocha sedimentar de origem fóssil, formado a partir da sedimentação de resíduos orgânicos, em condições específicas. Ele é encontrado em jazidas localizadas no subsolo terrestre e extraído pelo sistema de mineração. Quando queimado, libera altas quantidades de energia. É composto por: carbono (grande parte), oxigênio, hidrogênio, enxofre e cinzas. (Dionísio & Borsato, 2009).

O carvão pode ser classificado de acordo com sua concentração de carbono. Quanto mais carbono maior seu nível de pureza e potencial energético. Os tipos de carvão

são: Turfa (cerca de 50% de carbono), Linhito (cerca de 70% de carbono), Hulha (cerca de 85% de carbono) e Antracito (cerca de 90% de carbono).

A partir do século XVIII, o carvão mineral passa a ser usado como fonte energética e alcança seu apogeu na invenção da máquina a vapor, durante a revolução industrial, sendo a principal fonte primária de energia até os anos 60. Fonte energética responsável pela alimentação de toda a primeira fase da revolução industrial, tornando-se força motriz de sistemas de transporte e dos processos de mecanização.

Foi o primeiro desses combustíveis utilizado em larga escala, ao substituir a lenha e ser usado na combustão direta para a produção de vapor principalmente nas máquinas como a locomotiva e o tear mecânico. Mas para obter os benefícios de tal recurso, florestas inteiras foram devastadas, começando, assim, um desequilíbrio ecológico, o que mais tarde viria a causar os atuais problemas ambientais. (Dionísio & Borsato, 2009).

Além de ser usado diretamente como fonte combustível, pode também gerar gás, querosene e coque, que são indispensáveis na siderurgia.

O carvão mineral é muito poluidor, pois apresenta substâncias chamadas de sulfetos, que podem reagir quimicamente com o ar ou a água, e forma substâncias com ácido sulfúrico e sulfato ferroso que vão para o subsolo e para os lençóis freáticos, contaminando o solo, lagos e rios. Sua queima também libera substâncias que causam poluição atmosférica, contribuindo para o efeito estufa.

## **4.2 O petróleo**

É um composto orgânico formado de carbono e hidrogênio; um hidrocarboneto, que, em seu estado natural, encontra-se na forma oleosa, por isso é conhecido como óleo cru, de textura escura e grande viscosidade e, quando queimado, tem poder de gerar muito calor e atingir um alto grau de eficiência.

Em fins do sec.XIX, com a segunda fase da revolução industrial gerando novas tecnologias para o uso da energia, o carvão deixa de ser o principal meio gerador de energia, cedendo lugar ao petróleo que passou a ser uma das fontes mais explorada e consumida pelo homem.

O ponto de partida na busca do petróleo é a sua exploração ou prospecção. São realizados estudos preliminares para a localização de uma jazida. Para identificar o petróleo nos poros das rochas e decidir a melhor forma de extraí-lo das grandes profundidades na terra e no mar, o homem utiliza os conhecimentos de duas ciências: a Geologia e a Geofísica. Enquanto Geologia realiza estudos na superfície que permitem um exame

detalhado das camadas de rochas onde possa haver acumulação de petróleo. A Geofísica, mediante o emprego de certos princípios da física, faz uma verdadeira radiografia do subsolo. (Dionísio & Borsato, 2009)

Uma vez descobertas às jazidas de petróleo, realiza-se a perfuração do solo de um primeiro poço. Se realmente existir o petróleo, outros poços são perfurados e analisa-se se a extração é viável economicamente. Essa perfuração, que pode atingir profundidades de 800 a 6.000 metros, é feita em terra por meio de sondas de perfuração e no mar com plataformas marítimas.

Em seguida acontece a extração do petróleo. Na terra, o petróleo é encontrado acima de água salgada e embaixo de uma camada gasosa em alta pressão. Assim, quando o poço é perfurado, o petróleo pode jorrar espontaneamente até a superfície em razão da pressão do gás. Quando essa pressão diminui é necessário o uso de equipamentos que bombardeiam o petróleo para a superfície. No mar, essa extração é mais difícil, sendo feita com a utilização de equipamentos especiais de perfuração e extração por meio de bombas em plataformas e navios-sonda.

Após a extração do petróleo, o transporte se dá por oleodutos até os portos de embarque. Grandes petroleiros dão sequência ao transporte até os terminais marítimos a que se destinam, onde, novamente, através de oleodutos, o petróleo é bombeado até as refinarias.

Após a passagem por esses processos, o petróleo é decompostos em diferentes tipos de combustíveis, tais como: gasolina, querosene, lubrificante e o gasóleo, todos necessários à vida cotidiana.

### **4.3 O gás natural**

Ha quatro mil anos, os persas descreveram o gás natural emanado da terra como uma substância em estado gasoso e qualificaram-no como “uma tocha inapagável”.

Com grande dificuldade para o seu transporte e armazenamento, o gás natural, descoberto antes do carvão e do petróleo, não foi explorado com tanta intensidade. A partir de 1890, com o avanço de tecnologias que minimizavam o vazamento de oleodutos, o transporte e uso desse combustível se tornou realidade.

O gás natural é composto por uma mistura de hidrocarbonetos leves (metano, etano, propano, butano e outros gases em menores proporções) que submetido à temperatura ambiente e pressão atmosférica permanece no estado gasoso. É uma fonte energética encontrada na natureza em duas formas distintas. Ele pode ser obtido em jazidas e através da queima de biomassa (bagaço de cana-de-açúcar).

Quando encontrado em jazidas, normalmente está associado ao petróleo. Constitui reservas finitas, e, conforme pesquisas realizadas pela Agência Internacional de Energia, caso se mantenha o ritmo de consumo médio da última década, as jazidas de gás natural irão se esgotar em 100 anos. Essa fonte energética agride menos o meio ambiente que o petróleo e o carvão mineral. No entanto, por serem de origem fóssil, sua combustão contribui para o efeito estufa. (NETO, 2012).

Já o biogás, obtido através da biomassa, é um combustível renovável, sua utilização é menos impactante e os custos econômicos são menores.

O gás natural pode ser usado diretamente. O calor produzido é 5 vezes maior ao do gerado pelo carvão e seu custo de exploração é 5 vezes menor que o do petróleo, e ao mesmo tempo produz menos poluição.

Como energia não renovável, esse combustível pode desaparecer do mercado muito em breve e o seu provável substituto pode ser uma substância encontrada no fundo do mar em forma de gelo, o hidrato de metano.

## **5 MEIO AMBIENTE X COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS**

Pode-se dizer que a relação homem/natureza é historicamente uma relação de conflitos na medida em que o homem tem contribuído significativamente na modificação do ecossistema original. No entanto, o divisor de águas nessa relação foi a Revolução Industrial, uma vez que o equilíbrio ecológico, mesmo frágil, vinha sido mantido até então.

De fato essa revolução, baseada no uso intensivo de combustíveis fósseis, propiciou uma intervenção nunca vista antes do homem na natureza. Desse período em diante, a velocidade e a amplitude impressa às atividades econômicas demonstrariam a chegada a um nível tão crescente de consumo dos recursos naturais que, pela primeira vez na história, o equilíbrio ecológico essencial para a vida humana poderia ser seriamente comprometido.

“Aproximadamente 90% do abastecimento de energia em nível mundial é proveniente de combustíveis fósseis, com emissões de gases do efeito estufa associadas, que causam problemas ambientais globais” (NETO. 2012, p.99).

Essa grande dependência vem causando grandes impactos ambientais e gerando o aquecimento global. Por esses motivos, a questão energética tomou posição central nas principais convenções do clima. De modo geral, pode-se dizer que a importância da busca de maior eficiência energética e de transição para o uso de recursos primários renováveis tem sido ressaltada em qualquer avaliação sobre desenvolvimento sustentável.

### **5.1 Mudanças climáticas**

Como já é sabido, o planeta vem sofrendo graves consequências devido o aquecimento global causado pela concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Algumas dessa mudanças:

- Aumento do nível do mar e dos rios e a provável submersão de cidades ou países.



**Figura 1 – Enchente provocada pelo aumento do nível de um rio**

Fonte: globo.com

- A desertificação ou aparecimento de novos desertos, com o desequilíbrio de ecossistemas devido ao aumento da temperatura.



**Figura 2 – Desertificação devido o aquecimento global**

Fonte: globo.com

- Maior ocorrência de tufões e ciclones devido a uma maior evaporação da água dos oceanos pelo aumento da temperatura.



**Figura 3 – Ciclone**

Fonte: globo.com

- Aumento em mais de sete metros o nível do mar causado pelo derretimento de geleiras.



Figura 4 – Derretimento de uma geleira na Antártida

Fonte: Greenpeace.org

- Ameaça à sobrevivência de sistemas naturais como geleiras, recife de corais, manguezais, ecossistemas alpinos, florestas boreais e tropicais, pradarias, pântanos e campos nativos.

## 5.2 Problemas ambientais

A Revolução Industrial marca, de forma muito clara, o início de um processo de transformações progressivas que vêm ocorrendo em diversas áreas da humanidade, sobretudo na economia, na sociedade, na tecnologia e no meio ambiente. As causas e consequências da mudança global do clima estão fortemente ligadas a estes quatro aspectos.

O advento do tear a vapor representa o início do aumento acelerado do consumo de combustíveis fósseis. O carvão mineral tornava-se então o principal combustível das novas máquinas a vapor, cuja utilização cresceria de forma vertiginosa ao longo do século XIX. Posteriormente, a utilização de derivados de petróleo como fonte para iluminação, seguindo-se a isto uma ampliação de seu uso em motores de combustão, cujas finalidades foram se diversificando, à medida que o processo de industrialização seguia seu curso.

Esse processo de industrialização junto com o progressivo consumo dos combustíveis fósseis está diretamente ligado a graves problemas climáticos e, embora avanços possam ser notados no sentido de minimizar esses problemas, a verdade é que eles têm se mostrados insuficientes para resolver a questão do aquecimento global.

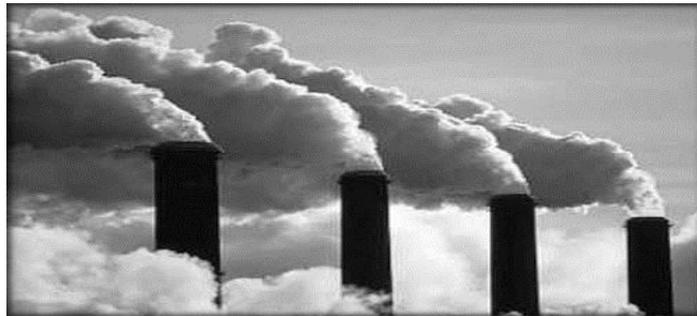
### 5.2.1 Questões ambientais a serem resolvidas:

A emissão de gases poluentes na atmosfera, decorrente da utilização dos combustíveis fósseis, acarretam em problemas graves ao meio ambiente, cujas principais questões a serem resolvidas são:

- Poluição e contaminação do ar e da água

O transporte rodoviário, uma das maiores fontes de poluentes, joga mais de 900 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano na atmosfera. Os efeitos nocivos do crescimento automotivo têm aparecido continuamente em levantamentos de saúde.

O uso incessante de combustíveis fósseis como geradores de energia nas indústrias é um dos problemas atuais mais visíveis nas grandes cidades.



**Figura 5 – Lançamento de poluentes no ar por indústrias**

Fonte: Greenpeace.org

Navios petroleiros também contribuem para grandes de desastres ambientais, pois quando há vazamentos, toda a área ao seu redor fica contaminada.



**Figura 6 – Vazamento de petróleo no Golfo do México**

Fonte: Greenpeace.org

- Chuva ácida

É um fenômeno causado pela precipitação de chuva carregada com grande quantidade de ácidos, resultante pelo lançamento de poluentes na atmosfera. Para ser considerada ácida, a chuva deve possuir um pH abaixo de 4,5.

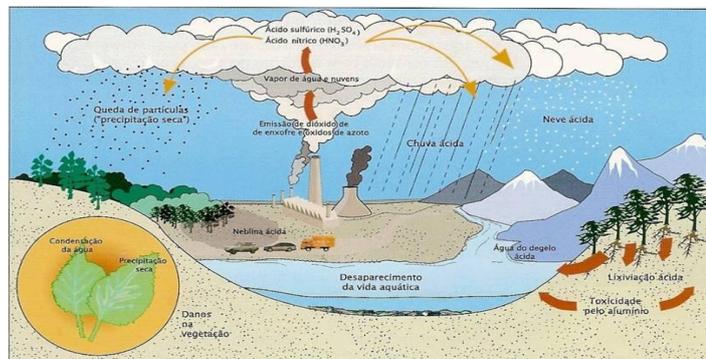


Figura 7 – Esquema de formação da chuva ácida

Fonte: [educação.globo.com](http://educação.globo.com)

Os principais responsáveis pela precipitação da chuva com elevado nível de acidez na atmosfera são: o trióxido de enxofre (resultante da combinação do dióxido de enxofre com o oxigênio), e o dióxido de nitrogênio. Ao se combinarem com água em suspensão, se transformam em ácido sulfúrico, ácido nítrico e nítrico respectivamente. Esses ácidos têm elevada capacidade de corrosão.

A concentração de trióxido de enxofre em grande quantidade na atmosfera é resultado da ampliação do uso de combustíveis fósseis nos transportes, nas termelétricas e

nas indústrias. Cerca de 90% desse gás é emitido pela queima do carvão mineral e do petróleo. Já o dióxido de nitrogênio é emitido em grande parte pelos veículos automotores.

Na natureza a chuva ácida provoca grande impacto a centenas de quilômetros das fontes poluidoras. Além da destruição da fauna e da flora o solo fica exposto à erosão. A chuva ácida altera também o equilíbrio ecológico dos rios e lagos que se tornam acidificados, com pH menor que 2,3, matando espécies e desequilibrando completamente o ecossistema aquático.



**Figura 8 – Morte de peixes por acidez do rio**  
Fonte: globo.com

- Efeito estufa

Fenômeno natural que possibilita a manutenção da temperatura na Terra. Seu processo natural consiste na retenção de calor irradiado pela superfície terrestre pelas partículas de gases e de água em suspensão na atmosfera, garantindo assim o equilíbrio térmico do planeta.

O aumento do efeito estufa é gerado pela derrubada de florestas e pela queimada das mesmas, pois são elas que regulam a temperatura, os ventos e o nível de chuvas em diversas regiões. Como as florestas estão diminuindo no mundo, a temperatura terrestre tem aumentado na mesma proporção. Outro fator que contribui para o efeito estufa é o lançamento de gases poluentes na atmosfera, principalmente os que resultam da queima de combustíveis fósseis.

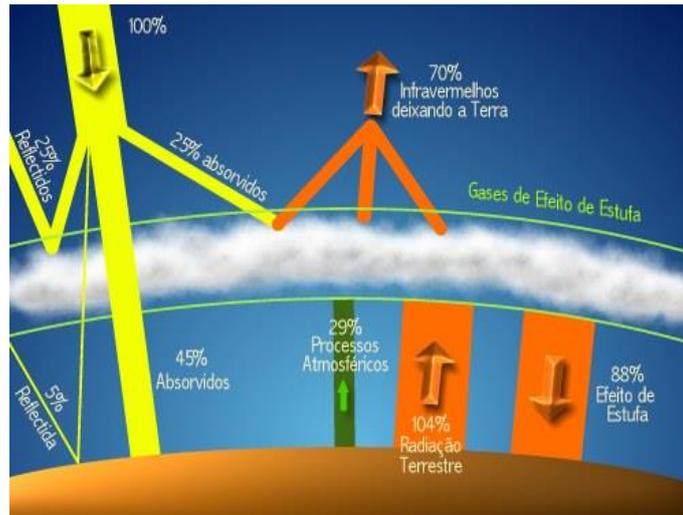
O efeito de estufa assume uma importância extraordinária para a vida na Terra. Na verdade, se o calor libertado pela superfície terrestre não encontrasse qualquer obstáculo à

sua propagação, o mesmo escapar-se-ia para as altas camadas da atmosfera ou mesmo para o espaço extra-atmosférico, o que teria como consequência um arrefecimento de tal modo intenso que tornaria o nosso planeta inabitável. Esta é, portanto, a face positiva.

Mas, o aumento da quantidade de gases e outras substâncias poluentes, com destaque para o dióxido de carbono, lançados na atmosfera pelas diversas atividades humanas, tem vindo a acentuar o efeito de estufa com o consequente e indesejável aumento da temperatura na troposfera, sendo assim, a face negativa.

Há quatro principais gases estufa, além de duas famílias de gases, regulados pelo Protocolo de Kyoto:

- O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), é o mais abundante desses gases e é utilizado como referência para classificar o poder de aquecimento global dos demais gases de efeito estufa;
- O gás metano ( $\text{CH}_4$ ), é produzido pela decomposição da matéria orgânica, tendo poder de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono;
- O óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), cujas emissões resultam, entre outros, do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de alguns processos industriais, possui um poder de aquecimento global 310 vezes maior que o  $\text{CO}_2$ ;
- O hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), é utilizado principalmente como isolante térmico e condutor de calor; gás com o maior poder de aquecimento, 23.900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o  $\text{CO}_2$ ;
- O hidrofluorcarbonos (HFCs), utilizados como substitutos dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores; não agredem a camada de ozônio, mas têm, em geral, alto potencial de aquecimento global, entre 140 e 11.700;
- Os perfluorcarbonos (PFCs), são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis e têm potencial de aquecimento global variando de 6.500 a 9.200.



**Figura 9 - Esquema do efeito estufa na atmosfera terrestre**

Fonte: infoescola.com

O efeito estufa ocorre da seguinte forma:

1. O sol emite a radiação
2. A radiação passa através da atmosfera limpa
3. Parte da radiação solar é refletida pela atmosfera e pela superfície da Terra
4. A energia solar é absorvida pela superfície da Terra e a aquece
5. A superfície ganha mais calor
6. A radiação infravermelha é emitida novamente e é convertida em calor causando a emissão de radiação de ondas infravermelhas de volta à atmosfera
7. Parte da radiação infravermelha passa através da atmosfera e é perdida no espaço
8. Outra parte é absorvida e reemitida pelas moléculas de gás de efeito estufa

9. O efeito direto é o aquecimento da superfície da Terra e troposfera.

## **6 CONFERÊNCIAS EM DEFESA DO MEIO AMBIENTE**

Após a Segunda Guerra Mundial, deu-se um grande crescimento econômico em quase todo o mundo. Um dos agentes desse crescimento foi a expansão da atividade industrial, impulsionada pelo crescimento populacional, a ampliação do número de consumidores de produtos industrializados e a incessante busca de por lucros pelos empresários. Os custos econômicos e ambientais desse crescimento industrial surgiram quando o meio ambiente não conseguiu mais absorver a poluição gerada e os gastos para corrigir os danos provocados tornaram-se inevitáveis, pois a saúde humana, e os ecossistemas estavam ameaçados.

Segundo REIS (2011), alguns planos no combate ao aquecimento global, vêm sendo implantados desde 1972, onde o mais conhecido deles, o Protocolo de Kyoto, assinado por inúmeras nações desde 1997, visava o compromisso dos países para a redução de emissões de gases e a cooperação entre as nações para essa diminuição. Mas outras podem ser destacadas também como:

- Conferência de Estocolmo (Suécia, 1972)

Com o objetivo de criar um documento que norteasse a conduta dos países com relação às emissões de gases do efeito estufa e também sobre um novo comportamento sustentável.

- Conferência de Toronto (Canadá, 1988)

Foi criado, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que seria um medidor das mudanças climáticas ocasionadas pelas atividades humanas.

- Conferência de Genebra (Suíça, 1990)

Foi discutido um tratado internacional do clima, que seria criado em 1992. Nesse ano, o IPCC mostra sinais de um aumento da temperatura do planeta terra.

- Conferência no Brasil (Rio de Janeiro, 1992)

Uma das maiores conferências para a discussão de questões ambientais, conhecida também como Rio-92 ou Eco-92. Nessa reunião o objetivo era estabilizar a concentração de gases estufa na atmosfera. O principal documento criado nessa conferência foi a agenda 21 e um acordo chamado Convenção da Biodiversidade.

- Conferência de Berlim (Alemanha, 1995)

Foram feitas negociações e definidas metas para a redução dos gases de efeito estufa que posteriormente estariam no futuro Protocolo de Kyoto. Nesse ano foi apresentado um novo relatório do IPCC.

- Conferência de Genebra (Suíça, 1996)

Ficou decidido que os relatórios do IPCC iriam direcionar às futuras decisões sobre o clima e meio ambiente. Além disso, ficou acordado que os países em desenvolvimento receberiam apoio financeiro da Conferência das Partes para desenvolver programas de redução de gases.

- Conferência de Kyoto (Japão, 1997)

Nessa conferência foi criado o Protocolo de Kyoto, um documento legalizado que sugere a redução em 5,2% de gases do efeito estufa, mas, os países desenvolvidos deveriam aceitar o acordo, para que fosse aprovado, pois correspondiam à maior parte dos emissores de gases poluentes da atmosfera. Assim, com a criação do protocolo surge o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os certificados de carbono.

- Conferência em Buenos Aires (Argentina, 1998)

Reunião que iria decidir como seria implementada as medidas tomadas no Protocolo de Kyoto. Foi conhecido como Plano de Ação de Buenos Aires.

- Conferência de Bonn (Alemanha, 1999)

Deu-se a implementação do Plano de Ação de Buenos Aires, dando início às reuniões sobre a Mudança de Uso da Terra e Florestas, entre outras ações.

- Conferência de Haia (Holanda, 2000)

Conflitos entre Estados Unidos e União Europeia aumentam durante as negociações. Em 2001, os EUA (um dos maiores emissores de gases estufa) afirma que o país não ratificará o protocolo e não participará do acordo alegando que haveria custos muito altos para a redução desses gases.

- Conferência em Bonn (Alemanha, 2001) e Marrakesh (Marrocos, 2001)

Nesse ano, o IPCC convoca para uma reunião extraordinária afim de divulgar os dados do terceiro relatório, que mostrava que as consequências do efeito estufa aumentavam.

- Conferência de Nova Délhi (Índia, 2002)

Há a necessidade de ações mais concretas e objetivas para a redução dos gases e os países concordam com as regras do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Nessa reunião é a primeira vez que o foco se mantém em desenvolvimento sustentável com a definição da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), cujo tema influenciou um debate sobre fontes renováveis. Além disso, as Ongs e empresas privadas também aderiram ao protocolo e mostraram projetos sobre a criação dos créditos de carbono.

- Conferência de Milão (Itália, 2003)

Houve a regulamentação de sumidouros de carbono, projetos de reflorestamento para obter créditos de carbono.

- Conferência de Buenos Aires (Argentina, 2004)

Há discussões sobre as novas metas do Protocolo de Kyoto após 2012, ano de vencimento do documento e a necessidade da criação de metas mais rígidas.

- Conferência de Montreal (Canadá, 2005)

Nessa conferência foi constatado que os países em desenvolvimento (Brasil, China e Índia) tornaram-se grandes emissores de gases estufa. Instituições europeias defendem a redução de 20% a 30% de gases até 2030 e de 60 a 80% até 2050.

- Conferência de Nairóbi (África, 2006)

Houve uma ampla divulgação do Relatório Stern (Inglaterra) sobre um estudo detalhado dos efeitos do aquecimento global e também o Protocolo de Kyoto é revisado. O

Brasil sugere a implantação de um sistema de incentivo financeiro para preservação das florestas chamado Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação.

- Conferência de Bali (Indonésia, 2007)

Nessa conferência houve a elaboração do Mapa do Caminho de Bali, um documento que possui cinco pilares para simplificar as assinaturas de um novo compromisso internacional em Copenhague, antes do vencimento do Protocolo de Kyoto. Ficou definido que haveria a criação de um fundo de recursos para países em desenvolvimento (Fundo de Adaptação) e Ações de Mitigação Nacionalmente Adequadas, uma proposta de modelo para os países em desenvolvimento na diminuição das emissões.

- Conferência de Poznan (Polônia, 2008)

O Brasil criou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) com metas de redução do desmatamento e também expõe o Fundo Amazônia (fundo de captação de recursos para projetos que reduzem os desmatamentos e a divulgação da conservação e desenvolvimento sustentável na região). Os países em desenvolvimento (Brasil, China, Índia, México e África do Sul) assumiram um compromisso não obrigatório sobre a redução dos gases.

- Conferência de Copenhague (Dinamarca, 2009)

Houve a elaboração do Acordo de Copenhague após as discussões entre Brasil, África do Sul, China, Índia, Estados Unidos e União Europeia (os países líderes). Apesar de acordo ter sido aceito pela ONU, houve países que se opuseram. O documento estimava que os países desenvolvidos devessem cortar 80% das emissões até 2050 e 20% até 2020, mas esse último corte não está de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, além de contribuir com a doação de US\$ 30 bilhões anuais até 2012 para o fundo de luta contra o aquecimento global.

- Conferência em Cancún (México, 2010)

Houve a criação de um Fundo Verde do Clima, um fundo que administraria todo o dinheiro que os países desenvolvidos estão aplicando para auxiliar nas mudanças climáticas. Outro ponto discutido foi realizar a manutenção da meta de reduzir no máximo de 2° C a temperatura média com relação aos níveis pré-industriais. Os líderes e participantes deixaram para decidir o futuro do Protocolo de Kyoto em Durban (África do Sul, 2011).

- Conferência em Durban (África do Sul, 2011)

Havia vários desafios em pauta, entre eles, definir quais medidas seriam tomadas em relação às mudanças climáticas e também qual seria o próximo passo após a expiração do Protocolo de Kyoto. Alguns países aceitaram a criação de um novo acordo ou protocolo com força legal para diminuir as mudanças climáticas e também para que futuramente todos os países participassem da diminuição dos gases.

- Conferência no Brasil (Rio de Janeiro, 2012)

Mais conhecida como Rio +20, teve o objetivo de garantir e renovar o compromisso entre os políticos para o desenvolvimento sustentável.

Uma das grandes discussões da conferência será sobre o papel de uma instância global que seja capaz de unir as metas de preservação do meio ambiente com as necessidades contínuas de progresso econômico, isto é, progredir sem agredir o meio ambiente.

## **7 REVOLUÇÃO ENERGÉTICA**

REIS (2011) alega que a questão energética tem um significado bastante relevante no contexto ambiental e na busca pelo desenvolvimento sustentável. Ela tem influenciado as mudanças que estão ocorrendo na humanidade, principalmente por dois motivos. Primeiro, porque o suprimento eficiente e confiável de energia é considerado condição básica para o desenvolvimento econômico. Segundo, porque vários dos problemas e desastres ecológicos tem relação íntima com o suprimento de energia, oferecendo motivação e argumentos em favor do desenvolvimento sustentável.

A iminência das mudanças climáticas exige nada menos do que uma Revolução Energética, cujos cinco princípios-chave são:

- Programar sistemas de energia renovável.

Sistemas sustentáveis de energia produzem menos emissões de carbono, são mais baratos e menos dependentes da importação de combustíveis.

- Respeitar os limites naturais do meio ambiente.

A cada ano é emitido o equivalente a cerca de 23 bilhões de toneladas de Carbono. As reservas geológicas de carvão poderia fornecer combustível por mais centenas de anos, mas queimá-lo seria ultrapassar os limites de segurança.

- Promover igualdade na utilização dos recursos.

Deve-se buscar uma distribuição justa dos benefícios e dos custos entre as sociedades. Um terço da população mundial não tem acesso à eletricidade.

- Desvincular o crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis.

É necessário usar a energia produzida de modo muito mais eficiente; é necessário fazer uma transição ágil para as energias renováveis de modo a proporcionar um crescimento limpo e sustentável.

- Eliminar fontes de energia sujas e não sustentáveis.

As usinas de carvão e nucleares devem ser gradualmente eliminadas e substituídas. Não se pode continuar a construir usinas a carvão em um momento em que as emissões oferecem um perigo real a vida do planeta.

Segundo o Greenpeace (organização global cuja missão é proteger o meio ambiente e a promover a paz), para se tornar a Revolução Energética uma realidade e evitar os perigos das mudanças climáticas, o setor energético deve:

- I. Elimine gradualmente todos os subsídios para combustíveis fósseis e energia nuclear e a internalização dos custos externos;

- II. A definição de metas legais obrigatórias para energias renováveis;
- III. Retorno estável e definido para os investidores no setor;
- IV. A garantia de acesso prioritário dos geradores renováveis à rede de eletricidade;
- V. Padrões de eficiência energéticos rigorosos para todas as aplicações, construções e veículos consumidores de energia.

O Greenpeace atua sobre os problemas ambientais que desafiam o mundo atual e que envolvem: mudanças climáticas, proteção às florestas, oceanos, agricultura sustentável, poluição e energia nuclear.

Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente realizada em Estocolmo em 1972, o debate sobre o ecodesenvolvimento, hoje chamado de desenvolvimento sustentável, privilegiou um tratamento simétrico das dimensões social e ambiental. Não resta dúvida de que as bioenergias têm, sobretudo no Brasil, um brilhante futuro à frente, em termos econômicos, e um papel importante a desempenhar na tentativa de conter os impactos negativos da mudança climática.

Obviamente, as soluções serão diferentes de país para país e a matriz energética futura continuará a ser múltipla, com proporções variáveis das diversas fontes de energia.

## **8 AS ENERGIAS ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS**

Segundo NETO (2012), a maioria das projeções em nível energético mostra que os padrões de demanda de energia global, atuais e esperados no futuro, não são sustentáveis. Projeções em longo prazo indicam que a demanda de energia pode aumentar drasticamente e as fontes renováveis podem ter um papel importante na realização de substituição de grande parte dos combustíveis fósseis.

Entre os sistemas de geração de energias alternativas mais aproveitadas estão: o eólico, o hídrico e o solar, mas há outros que estão em estado inicial de exploração, como é o caso do sistema geotérmico, da energia dos oceanos e os biocombustíveis. Porém, quase todos esses sistemas dependem de duas “máquinas”: a turbina e o gerador, na qual se processa a transformação de uma forma de energia (mecânica) em outra (elétrica).

### **8.1 Energia eólica**

É a energia extraída dos ventos. Ela é vista hoje como umas das fontes alternativas de geração de eletricidade com perspectivas de gerar quantidades substanciais de energia sem os impactos ambientais provocados por grande parte das fontes convencionais.

Segundo REIS (2011, pag.242) “consiste na energia cinética contida nos movimentos das massas de ar na atmosfera, os ventos, produzidos através do aquecimento diferenciado das camadas de ar pelo sol e através do movimento de rotação da Terra”.

O vento é principalmente gerado pelo maior aquecimento da superfície da Terra perto do Equador do que nos polos. Isso faz com que ventos das superfícies frias circulem dos polos ao Equador para substituir o ar quente que sobe nos trópicos e se move pela atmosfera superior até os polos, fechando o ciclo. Em outras palavras, o vento é gerado pela

diferença de temperatura da terra e das águas, das planícies e das montanhas, das regiões equatoriais e dos pólos do planeta Terra.

Ainda, de acordo com REIS (2011, p.242):

“A quantidade de energia disponível nos ventos varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A topografia e a rugosidade do terreno também tem grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Outro aspecto relevante é que a potência do vento depende da área de captação. Dados mal coletados resultam em um dimensionamento inadequado do sistema eólico, em erros de estimativa e de produção de energia e, como consequência, prejuízos financeiro.”

O conhecimento da velocidade média do vento é fundamental à estimativa da energia gerada. Primeiro porque os aerogeradores começam a gerar numa determinada velocidade de vento de partida e param de gerar quando a velocidade ultrapassa um determinado valor estabelecido por questões de segurança, sendo, portanto importante registrar a frequência de duração das calmarias e dos ventos fortes. Isso também se faz necessário para o dimensionamento correto do sistema de armazenamento.

### **8.1.1 Turbinas eólicas - os aerogeradores**

Os sistemas eólicos de conversão de energia são classificados em dois tipos, os que usam força de arrasto e os que usam força de sustentação. Esse por sua vez, divide-se de acordo com a orientação do seu eixo de giro em verticais ou horizontais (SANTOS 2013).

- Eixo vertical

Nesse tipo de rotor, o gerador não gira seguindo a direção do vento. Quando muda a direção do vento não se faz necessário nenhum ajuste pois as turbinas estão alinhadas com o vento.

Algumas desvantagens das turbinas verticais são: elevados níveis de flutuação no torque em cada giro; precisa de um impulso no seu sistema elétrico para dar a partida;

capacidade limitada de regulação em altas velocidades e menor capacidade de produção de energia.



**Figura 10 –Aerogerador vertical**

Fonte: [ecoplanetenergy.com](http://ecoplanetenergy.com)

- Eixo horizontal

Com uma eficiência muito maior que a turbina de rotor vertical, são os mais usados para geração de energia elétrica em larga escala. São instalados no alto de uma torre e se alinham ao vento por meio de um mecanismo de ajuste, onde os motores elétricos e as caixas de engrenagens deslocam o rotor para a direita ou para esquerda. O controlador eletrônico da turbina lê a posição do cata-vento e ajusta a posição do rotor para apreender o máximo de energia eólica.

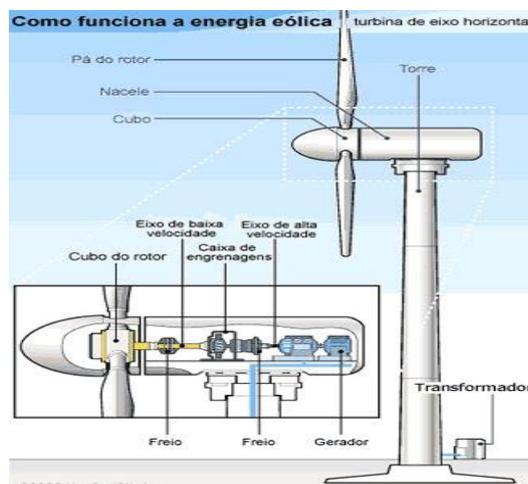


**Figura 11 – Aerogerador horizontal**

Fonte: [ecoplanetenergy.com](http://ecoplanetenergy.com)

Principais componentes de um aerogerador horizontal, segundo SALLES (2014):

- Torre – de estrutura tubular, sustenta a nacela e o rotor acima do solo para capturar melhor a energia contida nos ventos.
- Nacela – contém os principais componentes da turbina, caixa de engrenagem, controlador de freio e o gerador elétrico.
- Pás do rotor – captam o vento e convertem sua potência ao centro do rotor.
- Rotor – sistema de captação de energia cinética dos ventos a qual converte em energia mecânica no seu eixo.
- Transmissão – transmite a energia mecânica do eixo do rotor para o gerador.
- Caixa multiplicadora – é colocada uma caixa de transmissão entre o rotor e o gerador, de forma a adaptar a baixa velocidade do rotor à velocidade mais elevada do gerador.
- Gerador – converte a energia mecânica em energia elétrica.
- Mecanismos de controle – sensores para o bom funcionamento e segurança do sistema.
- Controle de potência – visa evitar o sobrecarregamento elétrico.
- Anemômetro – medir a intensidade e a velocidade dos ventos



**Figura 12 – Componentes de um aerogerador horizontal**  
 Fonte: [aero-mini.blogspot.com.br](http://aero-mini.blogspot.com.br)

A quantidade de eletricidade que pode ser gerada pelo vento depende de quatro fatores: da quantidade de vento que passa pela hélice, do diâmetro da hélice, da dimensão do gerador e do rendimento de todo o sistema.

### 8.1.2 Aplicações dos sistemas eólicos

Segundo TOLMASQUIM (2003), podem ser aplicados de três formas: isolados, híbridos e interligados à rede. Ambos necessitam de uma unidade de controle de potência e, em determinados casos, de uma unidade de armazenamento.

#### a. Sistemas Isolados

Normalmente de pequeno porte e geralmente utilizam alguma forma de armazenamento de energia. Esses sistemas por sua vez necessitam de alguns dispositivos: uma bateria (dispositivo de armazenamento de energia), um controlador de carga (dispositivo que controla a carga e descarga da bateria) e um inversor (que converte a corrente contínua gerada em corrente alternada).

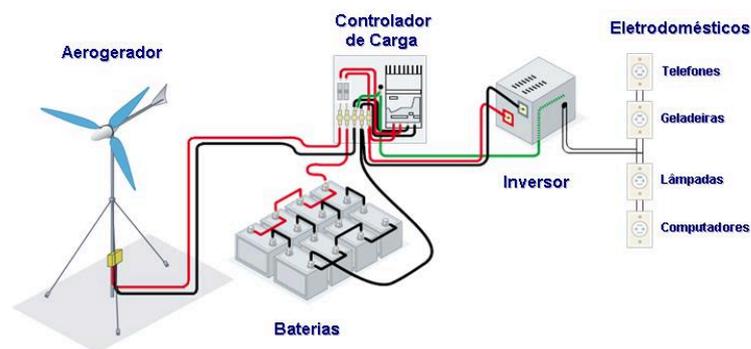


Figura 13 - Sistema eólico isolado

Fonte: energia.com

#### b. Sistemas Híbridos

Tipo de sistema em que, desconectado da rede elétrica convencional, apresenta outras unidades geradoras operando em paralelo como, por exemplo: um gerador diesel e um módulo fotovoltaico. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica aumenta a complexidade do sistema e exige uma otimização no uso de cada uma das fontes. Nesses casos, é necessário realizar um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência da energia.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados em sistemas de médio porte, destinados a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas em corrente alternada, o sistema híbrido também necessita de um inversor.

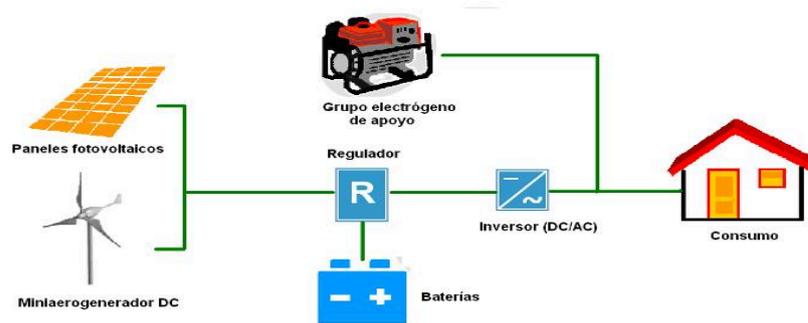


Figura 14 - Sistema eólico híbrido

Fonte: Energia.com

### c. Sistemas Interligados à Rede

Utilizam um grande número de aerogeradores e não necessitam de sistemas de armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica.

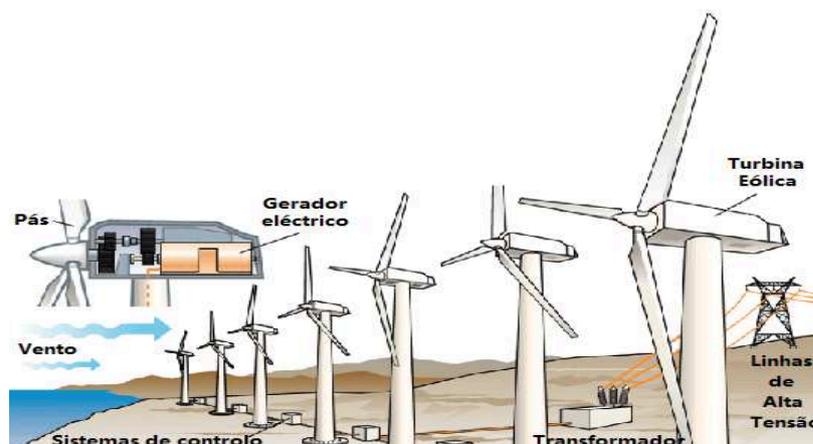


Figura 15 - Sistema eólico interligado à rede elétrica

Fonte: Energia.com

### 8.1.3 Geração eólica x meio ambiente

Segundo SANTOS (2013, p.137) “as usinas eólicas estão cada vez mais sendo incluídas nas políticas de planejamento energético em todo o mundo e diversas vantagens podem ser apontadas em seu favor”.

- a. O vento é combustível gratuito e inesgotável

- b. A geração de energia eólica não emite gases poluentes
- c. Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilização do terreno
- d. As turbinas eólicas possuem curto prazo de implantação e necessitam de pouca manutenção.

Contudo, ainda apresentam certas desvantagens:

- a. Intermitência do vento
- b. Altos custos de implantação
- c. Impactos como ruídos, poluição visual e interferências eletromagnéticas.

## 8.2 Energia hídrica

Têm-se tirado proveito da energia da água em movimento há séculos. Data-se que em 2.000 a.C, no Egito, foi utilizado um invento chamado de roda d'água, para bombeamento. Os Gregos e Romanos da antiguidade usavam esse invento, que operava sob o mesmo princípio de uma turbina, para girar maquinários (SANTOS, 2013).



Figura 16 – Roda d'água  
Fonte: [cepa.if.usp.br/energia](http://cepa.if.usp.br/energia)

Seu funcionamento se dava pelo desvio do fluxo de água e sua devida canalização, sendo elevada a certa altura do topo da roda para que a água ao cair sobre as pás possibilite seu giro. Mesmo sua velocidade de rotação sendo muito baixa, ela foi bastante usada para movimentar moinhos, serrarias, gerar eletricidade e bombear água a um reservatório.

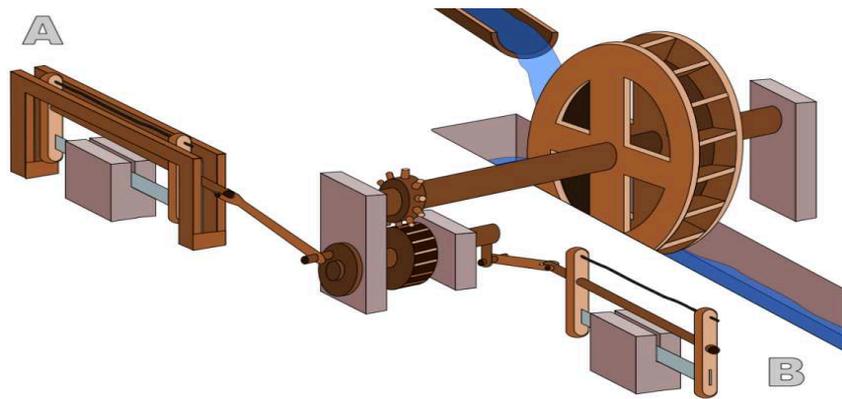


Figura 17 - Estrutura de uma serralheria romana movida a água  
 Fonte: sophiaofnature.wordpress.com

As rodas d'água são ancestrais das atuais hidrelétricas, que utilizam modernas turbinas para converter a energia potencial gravitacional em energia cinética, a fim de gerar eletricidade. (SANTOS, 2013)

### 8.2.1 Usina hidrelétrica

Energia hidráulica é a energia cinética do movimento das massas de água e da energia potencial da água em queda. Uma usina hidrelétrica utiliza esse conceito na geração de energia elétrica. Contudo, uma região para poder gerar energia por meio de uma hidrelétrica precisa de montanhas, rios, córregos de escoamento rápido ou de precipitações pesadas (REIS, 2011).

Para usar a energia natural encontrada em um rio que flui de uma elevação alta para uma superfície mais baixa, seu fluxo deve ser controlado. Isso é feito por meio da construção de uma represa, que detém o fluxo natural desse rio, criando assim um reservatório.

Em uma central hidrelétrica, a água aciona uma turbina hidráulica (que efetua a transformação da energia hidráulica em mecânica), que movimenta o rotor de um gerador elétrico para produzir energia elétrica (REIS, 2011).

A turbina hidráulica consiste em uma série de pás anguladas e montadas em um eixo central que gira continuamente à medida que um fluxo de água passa empurrando essas pás. O movimento da turbina impulsiona o gerador, que então produz eletricidade.

O gerador funciona com base nas leis da indução eletromagnética. Em sua forma mais simples, consiste numa espira em forma de retângulo. Ela fica imersa num campo magnético e gira em torno de um eixo perpendicular às linhas desse campo. Quando a

espira girar com movimento regular, o fluxo magnético que atravessa sua superfície varia continuamente. Surge assim, na espira, uma corrente induzida periódica. A cada meia volta da espira o sentido da corrente se inverte, por isso ela recebe o nome de corrente alternada.

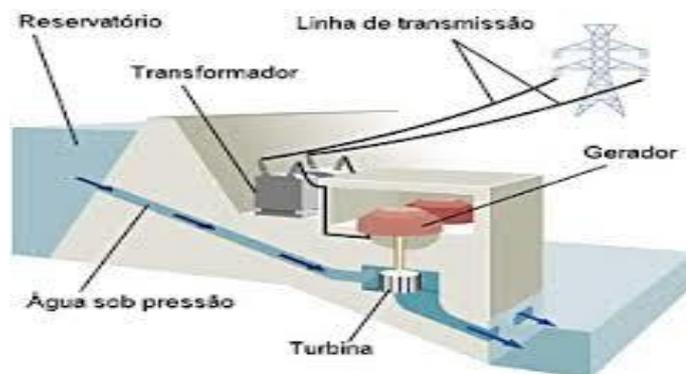


Figura 18 – Esquema de uma hidrelétrica

Fonte: engfest.com.br

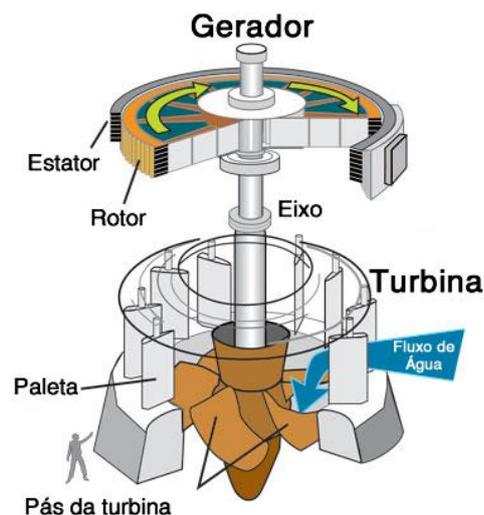


Figura 19 - Esquema de uma turbina ligada a um gerador

Fonte: infoescola.com

### 8.2.3 Tipos de turbinas

Segundo REIS (2011) a escolha e o projeto de uma turbina hidráulica são pontos muito importantes do desenvolvimento de uma central hidrelétrica, envolvendo análise e estudo de fenômenos complexos, como desempenho dinâmico da água, turbilhonamento e cavitação.

De modo geral, há um tipo apropriado de turbina a ser utilizada, em função da variável básica do aproveitamento hidrelétrico, da altura da queda d'água e da vazão.

São quatro os principais tipos de turbinas hidráulicas: Pelton (de jato livre), Francis, Kaplan (axial) e de Bulbo.

A turbina do tipo Pelton é uma turbina de ação, mais adequada para trabalhar com grandes diferenças de quedas, entre 10 m até 350 m, e funciona adequadamente com velocidades de rotação maiores. Basicamente trabalham com o impulso gerado pelo choque de uma quantidade de água com as conchas das turbinas, gerando o torque necessário à movimentação das conchas. São turbinas de alto desempenho (NETO, 2012).

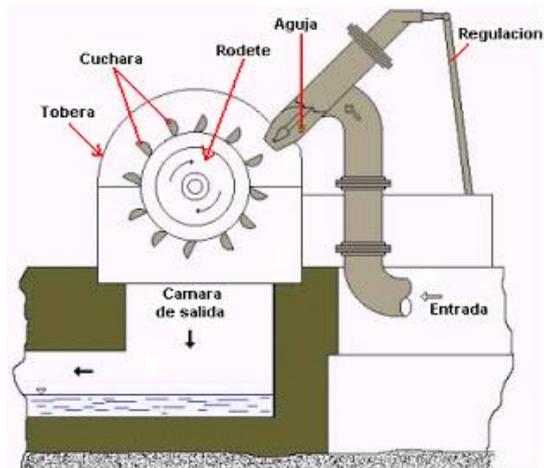


Figura 20: Turbina Pelton

Fonte: [laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br](http://laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br)

A turbina Francis é um modelo de reação. Basicamente trabalha com diferencial de pressão entre os lados do rotor. Funciona com uma caixa em espiral e um conjunto de pás chamadas distribuidores, que direcionam o fluxo de água de tal forma que o ângulo de ataque sobre as pás seja otimizado para determinada vazão. O fluxo d'água provém da parte externa da turbina, passa pelas pás e sai na vertical, no eixo axial da turbina. Opera em quedas entre 40m até 400m (NETO, 2012).

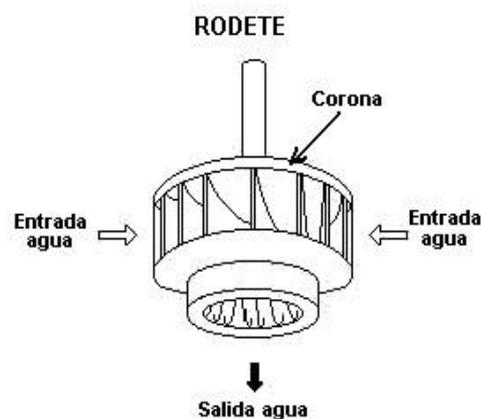


Figura 21: turbina Francis

Fonte: [laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br](http://laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br)

A única diferença entre as turbinas Kaplan e a Francis é o rotor. Na Kaplan, este se assemelha a um propulsor de navio com duas a seis as pás móveis. Um sistema de embolo e manivelas montado dentro do cubo do rotor, é responsável pela variação do ângulo de inclinação das pás. O óleo é injetado por um sistema de bombeamento localizado fora da turbina, e conduzido até o rotor por um conjunto de tubulações rotativas que passam por dentro do eixo. Seu rotor, que deve operar em projetos de alta vazão, em baixas quedas, entre 40m e 60m (NETO, 2012).

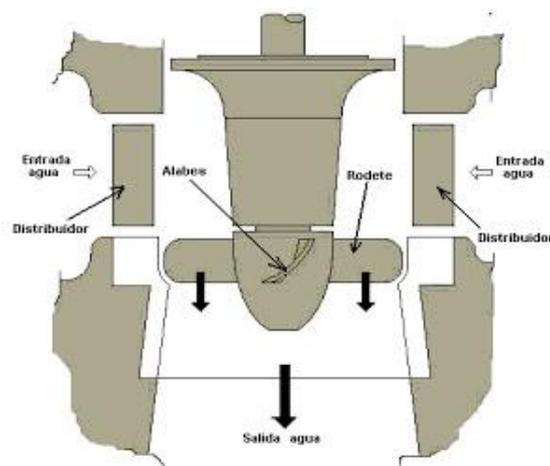


Figura 22 – Turbina Kaplan

Fonte: [laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br](http://laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br)

A turbina tipo Bulbo é uma adaptação da do tipo Kaplan com um gerador elétrico na mesma capsula, que fica submersa em água. O modelo do rotor também é bem similar a ao de um rotor Kaplan, porém adaptado para alturas até 20m, além de ser bem compactada (NETO, 2012).

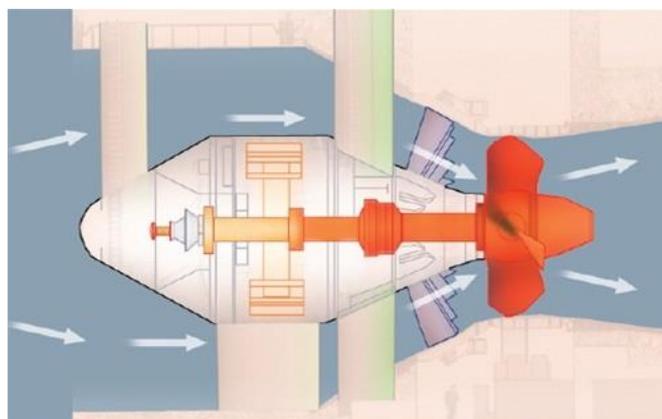


Figura 23 – Turbina tipo Bulbo

Fonte: [laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br](http://laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br)

### **8.2.4 Vantagens e Impactos das usinas hidrelétricas**

A energia hidrelétrica está há tempos estabelecida como um método limpo e seguro na geração de eletricidade (CARVALHO, 2012).

Suas principais vantagens são:

- a. Ela não adiciona dióxido de carbono ao meio ambiente
- b. Represas hidrelétricas construídas em rios propensos a enchentes ajudam a controlá-las.
- c. Os reservatórios criados atrás das represas podem ser usados para recreação, criação de peixes, e para o consumo de animais e plantações.
- d. Custo de combustíveis nulo e custo de operação reduzido.
- e. Permite regulação da rede quanto a flutuação da frequência.

Contudo, é possível relacionar alguns impactos negativos causados pela formação dos lagos das represas:

- I. Ao inundar grandes áreas, coloca-se em indisponibilidade todo o potencial do terreno para exploração de minérios e para a agropecuária.
- II. Em diversos casos, cidades inteiras necessitam de realocação, o que leva a impactos sociais e culturais.
- III. O microclima da região próximas à represa sofre modificações, uma vez que se aumenta a evaporação.
- IV. A construção de grandes barragens altera o fluxo natural do rio, que passa a ser perenizado.
- V. Fragmentação de ecossistemas.

### **8.3 A energia solar (fotovoltaica)**

O sol, efetivamente, é a grande fonte primária de energia do planeta. Sob sua influência se dá a evaporação e o ciclo das águas, que possibilita o represamento e a consequente geração de eletricidade. A radiação solar também induz a circulação atmosférica em larga escala, causando os ventos. O Petróleo, carvão e o gás natural foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que, originalmente, obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento, da radiação solar (CARVALHO, 2012).

A energia captada do sol, devidamente acondicionada para sua utilização, é uma das tecnologias mais importantes para o desenvolvimento sustentável. Sua utilização é de altíssimo interesse para aqueles que vislumbram um mundo equilibrado, ecologicamente correto, sem agressão à natureza. O aproveitamento da energia gerada pelo Sol,

inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras no combate ao aquecimento global.

A transmissão da energia do sol para a Terra se dá pela radiação eletromagnética de ondas curtas. O sol envia energia em forma de raios de luz, a que se chama radiação. A atmosfera filtra grande parte dessa radiação deixando-se atravessar pela porção restante. Uma parte dessa radiação chega ao solo diretamente: é a radiação direta. Outra parte embate nas gotas de vapor de água e poeira existentes na atmosfera sendo refletida em todas as direções, chegando também ao solo, mas sem direção determinada: é a radiação difusa. (REIS, 2011).

A radiação solar nunca vai ser captada de forma constante e homogênea, principalmente devido ao movimento de rotação da Terra, que proporciona a alternância entre dias e noites. Além disso, as variações climáticas oriundas da passagem das estações do ano, os períodos de maior nebulosidade ou dias chuvosos contribuem para a grande variação na intensidade da captação e isso sempre leva às dificuldades relativas ao dimensionamento do sistema mais apropriado de estocagem da energia resultante do processo de conversão.

De acordo com Mendes (1998, p.82) “a conversão direta da energia solar em energia elétrica pode ocorrer através de dois processos: conversão termoelétrica (termossolares) e conversão fotoelétrica (fotovoltaica)”.

Os métodos de conversão térmica da energia solar se fundamentam na absorção da energia por uma superfície negra. Pode ser um método complexo, pois envolve difusão, absorção de fótons, aceleração de elétrons, múltiplas colisões, mas o efeito final é energia radiante se transformando em calor. (SZOKOLAY, 1991).

Se uma lâmina de vidro for aplicada sobre a superfície da placa absorvedora, reduz-se muito a perda de calor, devido a transmitância seletiva do vidro, que é muito transparente para radiações solares de alta temperatura e onda curta, mas virtualmente opaco para radiações infravermelhas de amplitudes de onda maiores. (SZOKOLAY, 1991).

### **8.3.1 Sistemas fotovoltaicos**

A energia solar fotovoltaico é convertida diretamente em eletricidade utilizando-se de células fotovoltaicas, que são dispositivos semicondutores que produzem uma corrente elétrica quando expostas à luz. (NETO, 2012).

Esse sistema gera energia na presença da luz, mas não necessariamente precisa da incidência direta da luz solar. Isto significa que há geração mesmo em dias nublados, variando apenas o rendimento da geração conforme há maior ou menor intensidade de luz.

Segundo Rodrigues (2007):

“O efeito fotovoltaico é conhecido desde 1839 quando *Edmond Becquerel* o descreveu como o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. Porém, só começou a ser pesquisado em larga escala a partir de 1954 por cientistas como *Pearson, Fuller e Chapin* da área espacial que buscavam uma forma eficiente de fornecer energia aos equipamentos dos satélites de comunicação colocados em órbita. E em 1958 começou a ser utilizado nos programas espaciais. Desde então a energia solar fotovoltaica tem se desenvolvido de forma crescente começando a se fazer cada vez mais presente em regiões não abastecidas pela rede pública”. (Rodrigues, 2007, p.25).

### 8.3.2 Composição de um sistema fotovoltaico autônomo

- Módulo ou painel fotovoltaico

Nada mais são que pastilhas semicondutoras constituídas de cristais de silício. Cada célula produz uma corrente aproximada de 0,5 volts. Para obter voltagens mais elevadas deve-se ligá-las em série; e em paralelo caso queira se obter um maior valor de corrente. Quanto maior a célula maior a corrente.



Figura 24 – Painel Solar  
Fonte: energia solar.com

A energia proveniente do painel é em corrente contínua e pode alimentar diretamente equipamentos que utilizam esta propriedade e carregar baterias.

Seu funcionamento se dá pela coleta de fótons da luz solar, que nada mais são que pequenos pacotes de energia da radiação eletromagnética, que são convertidos em corrente elétrica. Quando a luz brilha sobre a célula solar uma parte dessa energia é absorvida pelo material semicondutor. Essa energia arranca os elétrons fracamente permitindo que eles possam fluir livremente. As células fotovoltaicas também possuem um ou mais campos elétricos que forçam os elétrons liberados pela absorção da luz para fluir na direção correta. Esse fluxo é a corrente elétrica.

- Controladores de Carga

Os controladores são utilizados para evitar a sobrecarga das baterias e sua descarga. Controladores "inteligentes", que utilizam programas e microprocessadores efetuam várias operações ao mesmo tempo e possuem a característica de aperfeiçoar as funções de acordo com as condições do ambiente de uso, compensando temperatura, cargas e descargas, controlando a demanda e monitorando o sistema, propiciando, por conseguinte a melhor segurança aos equipamentos e maior vida útil às baterias.

- Baterias

Em geral a energia gerada durante o dia é armazenada em baterias. Para se obter o melhor retorno de um sistema solar é recomendável a utilização de baterias fabricadas com características que permitem a descarga profunda.

- Inversores

Utilizado na conversão da corrente contínua do sistema solar para corrente alternada permitindo a conexão de equipamentos convencionais.

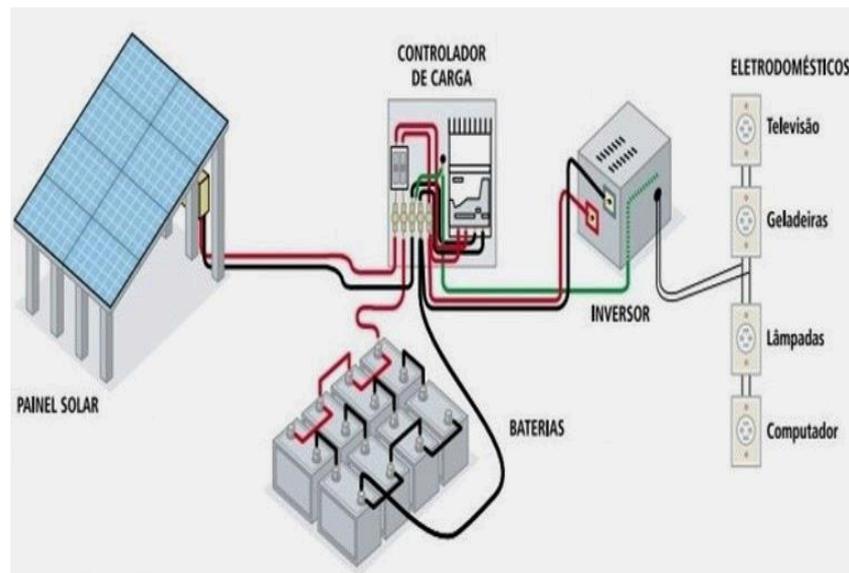


Figura 25 - Esquema de um sistema fotovoltaico

Fonte: energiasolar.com

### 8.3.3 Aplicações de sistemas fotovoltaicos

- Sistemas autônomos isolados

Consiste no sistema puramente fotovoltaico, ou seja, não conectado à rede elétrica de distribuição e necessita de alguma forma de armazenamento de energia, no caso, bateria.

- Sistemas autônomos híbridos

São sistemas que não se restringem apenas à geração fotovoltaica, quer dizer, que mesmo estando isolados da rede elétrica, possuem mais de uma forma de geração de energia, por exemplo, gerador diesel, turbinas eólicas, e módulos fotovoltaicos. Necessitam de um controle capaz de integrar os geradores entre si.



Figura 26 - Esquema de um sistema autônomo híbrido

Fonte: energiasolar.com

- Sistemas conectados à rede

São aqueles em que o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado. Não utilizam armazenamento de energia, pois toda potência gerada é entregue à rede instantaneamente.

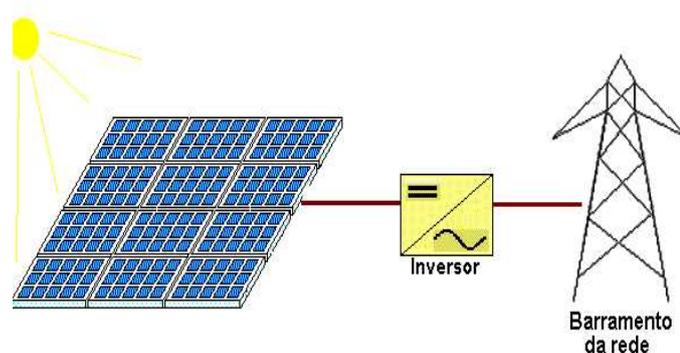


Figura 27 - Painel solar ligado diretamente a rede elétrica  
Fonte: energiasolar.com

### 8.3.4 Problemas ambientais

Não há razão para acreditar que o uso de sistemas fotovoltaicos em larga escala implique em grandes danos ao meio ambiente. Na verdade, os maiores problemas se encontram na produção das células. Alguns métodos de fabricação dessas células utilizam materiais perigosos, como seleneto de hidrogênio e solventes. Os riscos podem ser reduzidos a níveis baixos se técnicas modernas e reciclagem de sobras forem empregadas durante a fabricação.

## 8.4 Energia dos oceanos

Os oceanos estendem-se por 71% da superfície do globo terrestre, ocupando uma área de 361 milhões de km<sup>2</sup>.

Segundo REIS (2011), considerando-se que a média de energia solar incidente sobre a superfície dos oceanos é de 176 W/m<sup>2</sup>, poder-se-ia efetuar uma estimativa do potencial dessa fonte renovável, sob a ordem de 40 bilhões de Megawatts.

No entanto, apenas uma pequena fração desse potencial é passível de ser explorado. Primeiro porque a energia oceânica é de baixa densidade, requerendo uma planta de grande porte para sua captação; e segundo, essa energia frequentemente está disponível em áreas distantes dos grandes centros de consumo.

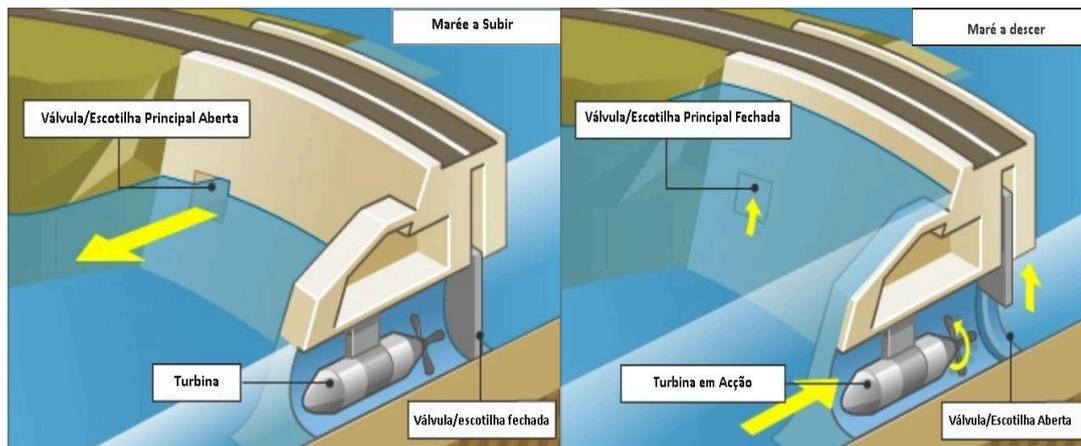
Os oceanos manifestam diferentes formas de fluxos energéticos, o que leva a um desenvolvimento de várias tecnologias de aproveitamento dessa fonte alternativa; e entre essas tecnologias vale destacar a energia das ondas e a energia das marés.

### 8.4.1 Energia das marés ou maremotriz

As marés são criadas pela atração gravitacional que a lua exerce sobre a Terra. A energia das marés resulta da rotação da Terra no seio dos campos gravitacionais da lua e do sol, isto é, baseia-se na recuperação da energia cinética da Terra. Na prática, a energia das marés é proveniente do enchimento e esvaziamento alternado das baías e dos estuários em certas condições, que fazem com que o nível das águas suba consideravelmente na maré cheia. (SANTOS, 2013).

- Energia Potencial (barragem)

Obtêm-se através da construção de uma barragem ou dique. De uma maneira muito simples, quando a maré sobe, a água enche um reservatório passando por uma turbina axial (tipo bulbo) produzindo energia elétrica. Quando a maré desce, o reservatório é esvaziado, a água sai do reservatório sendo forçada sua passagem novamente pela turbina (em sentido contrário), produzindo novamente energia elétrica. (REIS, 2011).



**Figura 28 – Barragem**

Fonte: portalenergia.com

Algumas características para a construção de barragens são: necessita de uma costa apropriada para a construção do reservatório; para que este sistema funcione bem são necessárias marés e correntes fortes; deve haver um aumento do nível da água pelo menos 5,5 metros da maré baixa para a maré alta.

- Energia Cinética (turbinas subaquáticas)

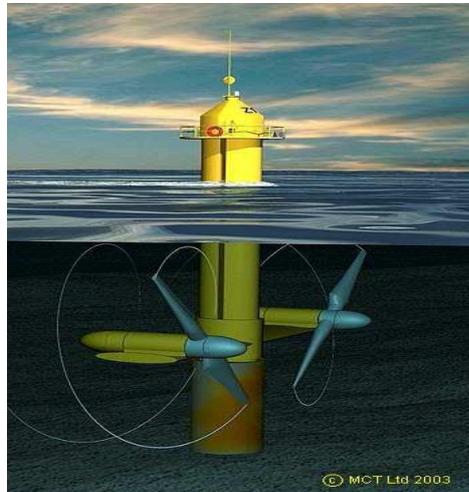
Este tipo de aproveitamento corresponde essencialmente à exploração da energia cinética associada às massas de água movidas pelas correntes marítimas.

As tecnologias utilizadas no aproveitamento das correntes oceânicas e de marés têm similaridades, com exceção do sentido do fluxo, que no caso das correntes oceânicas, é unidirecional, em oposição às correntes de marés, que invertem o fluxo de acordo com a maré alta e baixa. (SANTOS, 2013).

Algumas características na implantação das turbinas são: necessita de uma velocidade mínima da corrente, cerca de 1 m/s; restringida a sítios com correntes fortes, normalmente em profundidades baixas, ou seja, na maioria dos casos na proximidade das costas; estrutura robusta, relativamente pequena e que necessita de pouca manutenção.

O aproveitamento dessa energia é ainda uma tecnologia em estado embrionário e baseiam-se em turbinas de eixo horizontal ou vertical. As turbinas submersas têm sido desenvolvidas para a conversão em eletricidade, buscando-se a otimização no

desempenho, principalmente no caso das correntes de marés, que exigem reversibilidade para o aproveitamento do fluxo em sentidos alternados. (SANTOS, 2013).



**Figura 29 – Turbina horizontal submersa**

Fonte: portalenergia.com

No Brasil, o litoral do Maranhão apresenta condições propícias para a utilização na energia maremotriz, em razão da amplitude dos níveis de suas marés, que chegam a 8 metros. Os estados do Pará e Amapá também apresentam condições favoráveis.

#### **8.4.2 Energia das ondas**

A energia das ondas tem origem direta no efeito dos ventos, os quais são gerados pela radiação solar incidente. A conversão de energia a partir das ondas apresenta alguma proximidade com a tecnologia da energia eólica. Dado que as ondas são produzidas pela ação do vento, os dois recursos apresentam idêntica irregularidade e variação sazonal. Em ambos os casos extrai-se energia dum meio fluido em movimento e de extensão praticamente ilimitada. Contudo, a natureza ondulatória do mar está na origem da maior complexidade de concepção de sistemas de conversão para aproveitamento da energia oceânica. (REIS, 2011).

A conversão da energia das ondas em eletricidade não é simples devido à baixa frequência das ondas (ao redor de 0,1 hertz), devendo ser aumentada para a velocidade de rotação das máquinas elétricas e mecânicas convencionais, em torno de 1500 e 1800 rpm.

Alguns equipamentos e tecnologias são usados na geração de ondas, tais como:

- Pelamis

Conversor de Energia das Ondas. É uma tecnologia que utiliza o movimento das ondas oceânicas para criar eletricidade. A máquina é uma série de segmentos cilíndricos ligados por articulações. Seguindo o movimento das ondas ao longo do comprimento do dispositivo as articulações são acionadas assim os cilindros hidráulicos incorporados nas articulações bombeiam óleo para acionar um motor hidráulico através de uma energia de suavização do sistema. A eletricidade gerada em cada articulação é transmitida para a costa por um cabo submarino comum.



Figura 30 – Pelamis

Fonte: [energiasalternativas.webnode.com](http://energiasalternativas.webnode.com)

- Archimedes Wave Swing

Dispositivo cilíndrico, de absorção pontual, é implantado em profundidade, afastado da costa, sendo constituído por um flutuador submerso que oscila verticalmente sobre uma base fixa. Ambos os elementos são ocos, sendo preenchidos por ar cuja pressão equilibra o flutuador relativamente ao seu peso e à pressão hidrostática nele exercido. Aproveitando as diferenças de pressão causadas pelas passagens das ondas, o flutuador move-se, funcionando o conjunto como uma espécie êmbolo ou mola pneumática. Através da pressão do ar o movimento oscilatório vertical pode ser ajustado (dentro de limites) para manter-se em ressonância com o período dominante das ondas incidentes. O movimento entre o flutuador e a base é aproveitado para acionar um gerador linear síncrono, de magnetos permanentes. A energia mecânica é, portanto, convertida diretamente para elétrica, sendo enviada por um cabo para a costa.



**Figura 31 - Archimedes Wave Swing**  
 Fonte: energiasalternativas.webnode.com

- Ponto Absorvedor

É uma bóia flutuante que sobe e desce com cada onda que passa, convertendo a energia mecânica em elétrica. O fluido pressurizado faz girar um gerador dentro do dispositivo, gerando eletricidade, que é transferida para a praia através de linhas de transmissão submarinas.



**Figura 32 - Ponto Absorvedor**  
 Fonte: energiasalternativas.webnode.com (acesso 27.06.15)

- Conversor oscilante de onda

Em vez de balançar para cima e para baixo, os conversores oscilantes de onda movimentam-se para frente e para trás com cada onda que passa. Os dispositivos consistem de enormes abas com dobradiças, presas ao fundo do mar em águas rasas. Conforme as ondas passam, o dispositivo fecha a aba.



**Figura 33 - Conversor oscilante de onda**  
 Fonte: energiasalternativas.webnode.com

- Braços mecânicos

Um conjunto formado por flutuador e braço mecânico é movimentado pelas ondas e aciona uma bomba que pressuriza a água e a armazena num acumulador conectado à uma câmara hiperbárica, onde a pressão equivale à de uma coluna d'água de 400 metros de altura, semelhante às encontradas nas quedas d'água das usinas hidrelétricas. A água altamente pressurizada forma um jato que movimenta uma turbina, a qual por sua vez aciona o gerador que produz a energia elétrica.



**Figura 34 - Braços mecânicos**  
 Fonte: energiasalternativas.webnode.com

#### 8.4.3 Vantagens e desvantagens da energia gerada pelos oceanos:

- Vantagens:

- Constância e previsibilidade de ocorrências das ondas;
- Não ocupam áreas residenciais;
- Reduzido impacto visual e acústico, em relação a outras energias renováveis;

- A água tem uma densidade cerca de 800 vezes superior do que o ar, grandes quantidades de energia podem ser obtidas de áreas de absorção relativamente pequenas;
- Desvantagens:
  - Custos de instalação são altos;
  - Só é produzido energia enquanto existir um desnível entre os níveis da água que se encontram nas partes superiores e inferiores do muro de barragem;
  - Frequência das ondas é baixa para conseguir acionar uma turbina de maneira rápida e efetiva;
  - Instalações de potência reduzida;
  - Requer uma geometria da costa especial e com ondas de grande amplitude;
  - Impossibilita a navegação, na maior parte dos casos;
  - Deterioração dos materiais pela exposição à água salgada do mar;

## **8.5 ENERGIA GEOTÉRMICA**

A energia geotérmica baseia-se em um dos princípios de funcionamento interno do planeta, o aquecimento dos lençóis freáticos a partir da radiação liberada pelo magma. O calor retido debaixo da crosta terrestre é trazido à superfície como vapor ou água quente, criada quando a água flui pelos lençóis subterrâneos próximos as rochas aquecidas.

Terra se apresenta dividida em três camadas principais: o núcleo, o manto e a crosta. O calor do núcleo atravessa o manto e a crosta e é dissipado através da atmosfera. Nas áreas onde ocorre esse fluxo de calor, a energia geotérmica pode ferver a água subterrânea, surgindo na forma de fontes termais e gêiseres. (NETO, 2012)

A geração geotérmica consiste na produção de eletricidade por meio de turbinas a vapor acionadas com o aproveitamento do calor oriundo do centro da Terra.

Segundo Neto (2012), a primeira tentativa de gerar eletricidade de fontes geotérmicas se deu em 1904 em Larderello na região da Toscana, na Itália. Contudo, esforços para produzir uma máquina para aproveitar tais fontes foram mal sucedidos pois as máquinas utilizadas sofreram destruição devido a presença de substâncias químicas contidas no vapor.

Apesar de representar um vasto e quase um inesgotável potencial, a energia geotérmica fornece menos de 0,02% da demanda anual de energia mundial. Ainda carece de muita pesquisa para seu melhor aproveitamento, pois seu rendimento é ainda muito baixo. E o alto custo envolvido ainda inviabiliza a maioria dos projetos.

### **8.5.1 Condições para o aproveitamento geotérmico**

O aproveitamento de uma fonte geotérmica está condicionado à verificação da coexistência das seguintes condições, que caracterizam um reservatório geotérmico:

- ✓ Existência de uma fonte de calor que poderá ser um corpo magmático ou rochas quentes;
- ✓ Um fluido transportador de calor, como a água, dispondo de adequada recarga face à extração;
- ✓ Uma sequência de rochas permeáveis, que constitui o reservatório;
- ✓ Uma formação geológica impermeável e isolante de cobertura, resultante da atividade hidrotermal do geofluido, que concentra e retém toda a energia contida no reservatório.

### **8.5.2 Funcionamento de uma central geotérmica**

Uma usina geotérmica funciona através da drenagem da água quente existente no subsolo, geralmente aproveitada em forma de vapor. A emergência desse vapor ocorre em uma pressão tão elevada que ele emerge na superfície em alta velocidade e com grande força, o suficiente para fazer girar a turbina onde se liga o gerador responsável por transformar o giro da turbina em eletricidade que é conduzida para o transformador de forma a aumentar a tensão elétrica, e é distribuída por linhas de alta tensão.

Após passar pela turbina, o vapor é conduzido para um tanque onde se condensa (transforma-se novamente em água) devido ao processo de arrefecimento. A água é canalizada de novo para o reservatório subterrâneo, onde será novamente aquecida pelas rochas quentes com que entra em contato e, passado algum tempo, será de novo conduzida por tubos até à central.

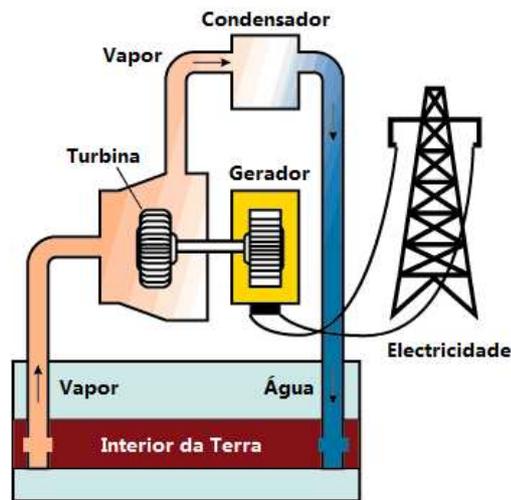


Figura 35 - Central geotérmica ligada a rede elétrica.

Fonte: rd9centralelectrica.webnode.pt

### 8.5.3 Desvantagens

A energia geotérmica é restrita, o que dificulta a implantação de projetos em determinadas localidades. Por causa dos altos índices de desperdícios que ocorrem quando o fluido geotérmico é transmitido a longas distâncias através de dutos, a energia deve ser posta em uso no campo geotérmico ou próximo deste. Dessa maneira o impacto ambiental é sentido somente nos arredores da fonte de energia.

Geralmente, os fluxos geotérmicos contêm gases dissolvidos, que são liberados para a atmosfera, junto com o vapor d'água. Na maioria são gases sulfurosos, com odor desagradável, corrosivos e com propriedades nocivas à saúde humana.

Os testes de perfuração das fontes são operações barulhentas, por isso, geralmente as áreas geotérmicas são distante das áreas urbanas. O calor perdido das usinas geotérmicas é maior que de outras usinas, o que leva a um aumento da temperatura do ambiente próximo à usina.

### 8.6 Energia da biomassa

Foi uma das primeiras fontes de energia utilizada pelo homem. É toda matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia, sendo uma forma indireta de energia solar, uma vez que resulta da conversão da energia solar em energia química, por meio da fotossíntese. Com o início da exploração do petróleo, seu uso foi sendo reduzido gradativamente, sobre tudo nos países industrializados. (NETO, 2012).

A biomassa é, assim, uma fonte de energia derivada dos produtos e dos subprodutos da floresta, dos resíduos da indústria da madeira, dos resíduos de culturas agrícolas, dos efluentes domésticos, de instalações agropecuárias e de indústrias agroalimentares, das culturas energéticas e dos resíduos sólidos urbanos.

### **8.6.1 Processo de transformação de biomassa em energia**

Segundo Santos (2013), os processos de transformação e uso energético da biomassa florestal são denominados processos térmicos, (ou processos termoquímicos), dividindo-se basicamente em:

a. Combustão – é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essencialmente em fogões, fornos e caldeiras.

b. Pirólise – o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão). O processo consiste em aquecer o material original, na “quase ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O produto final tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem, e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso.

c. Gaseificação – processo de conversão de combustíveis sólidos ou líquidos em gasosos por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). De forma geral, o gás produzido a partir da gaseificação da biomassa tem muitas aplicações práticas, como a queima em motores de combustão interna e turbina a gás para a geração de energia mecânica e elétrica.

A transformação da biomassa origina diferentes tipos de energia. Desta forma, pode ser produzida:

a. Energia térmica – é a aplicação mais usual da biomassa. Os sistemas de combustão direta podem-se utilizar na confecção de alimentos, no aquecimento e nas secagens. É, ainda, possível aproveitar o vapor para produção de eletricidade;

b. Energia elétrica – obtém-se a partir da transformação da biomassa proveniente de culturas energéticas e de resíduos industriais;

c. Energia mecânica – resulta da utilização dos biocombustíveis, que permitem substituir, total ou parcialmente, os combustíveis fósseis.

Em síntese, a transformação de biomassa em energia depende, fundamentalmente, do tipo de biomassa e do uso que se pretende dar à energia produzida a partir dela.

### 8.6.2 Biocombustíveis

Por biocombustível entende-se o combustível líquido ou gasoso, para transporte, produzido a partir de biomassa. (NETO, 2012).

Os mais conhecidos são:

- Bioetanol – produzido a partir da fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose).
- Biodiesel – produzido a partir de óleos vegetais ou animais, que apresenta qualidades de combustível para motores diesel.
- Biometanol – o metanol produzido a partir de biomassa, através de um processo de gaseificação.
- Biogás – o gás combustível produzido a partir de biomassa e que pode ser purificado até atingir a qualidade de gás natural.

De todos esses, os principais biocombustíveis utilizados e produzidos a nível mundial são o bioetanol e o biodiesel. O biodiesel e o etanol (álcool etílico) têm aparecido com frequência na mídia como alternativas para contenção do aquecimento global. Isso acontece porque os biocombustíveis permitem uma ciclagem do gás carbônico, apontado como um dos vilões do aquecimento global.

## 9. BARREIRAS ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

A implantação de novas fontes geradoras de energias, sustentáveis, é um ato de urgência, no que se refere ao aquecimento global e demais mudanças climáticas, porém alguns obstáculos são encontrados:

a. Financeira – as tecnologias renováveis sofrem competição distorcida das tecnologias convencionais em termos de preços dos usos finais. A aversão dos financiadores ao risco é grande, pois as energias renováveis apresentam alto custo de produção. O mercado ainda não está bem consolidado, a tecnologia muitas vezes não está difundida e a escala de produção é reduzida.

b. Tecnológica – os obstáculos nas etapas de pesquisa e desenvolvimento são numerosos. Para se chegar à fase de plena comercialização, é necessário que o aparato industrial esteja preparado para dar suporte.

- c. Informativa – falta de conhecimento e confiança no potencial e nas possibilidades de desenvolvimento da energia renováveis.
- d. Política – falta de motivação para apoiar novas ideias no campo energético.

## **10. CONCLUSÃO**

A energia não é inesgotável e sua utilização é limitada. As reservas de combustíveis fósseis poderão ser totalmente consumidas nos próximos 100 anos, pois a quantidade de energia procurada pelo homem está a aumentar incessantemente. Por isso, faz-se necessário, desde já, políticas de incentivo à introdução de tecnologias, no que se refere a energias alternativas sustentáveis. No entanto, mesmo as renováveis não podem ser consideradas absolutamente ilimitadas e, por esse razão, a valorização, a utilização racional e a conservação da energia serão eternas preocupações da humanidade.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, Juliana T. **Geotérmica: energia sob nossos pés.**

AMARAL, Danilo. **História da Mecânica – O motor a vapor.** UFPB, 2010

AMARAL, ELINE A. FARIA – **Energia Eólica – Série Sustentabilidade.**

BORSATO, Dionísio & FERNANDES, Olívio **Combustíveis Fósseis - Carvão e Petróleo.** Eduel, 2009.

CRUZ, D. **Meio Ambiente e Energia Solar.** São Paulo: Ática,2001.

FONSECA, Rômulo Soares. **Iluminação Elétrica**. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. 1972.

FRAIDENRAICH, NAUM; LYRA, FRANCISCO- **Energia Solar - Fundamentos e Tecnologias de Conversão Heliotérmica e Fotovoltaica**.

HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1993.

HINDRICH, ROGER A.; KLEINBACH, MERLIN – **Energia e Meio Ambiente**. Tradução da 5ª ed norte-americana.

<http://www.exame.com.br> - acesso em 17.05.15.

<http://www.canalenergia.com.br> - acesso em 20.05.15.

<http://www.energiasalternativas.webnode.com.pt> - acesso em 22.05.15.

<http://www.greenpeace.org> - acesso em 22.05.15.

<http://www.educacao.globo.com> - acesso em 02.06.15

<http://www.ecoplanetenergy.com> - acesso em 02.06.15.

<http://www.globo.com> - acesso em 02.06.15.

<http://www.portalenergia.com> – acesso em 13.04.15

<http://www.ecoplanetenergy.com> – acesso em 17.04.15

<http://www.laenergiaapartirdelagua.blogspot.com.br> – acesso em 17.04.15

MENDES, J.E. **Energia Solar**. São Paulo: Cortez, 1998

NETO, MANUEL RANGEL; CARVALHO, PAULO – **Geração de Energia - Fundamentos**. São Paulo: ed Érica 2012.

PIERRE, Tatiana Dillenburg Saint'. **Arquimedes**. Disponível em: <<http://web.ccead.pucrio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/Arquimedes>>.

REIS, LINEL BELICO DOS. **Geração de Energia Elétrica**. 2ª ed rev, SP 2011

SILVA, N.F. - **Fontes de Energia Renovável Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica**. Rio de Janeiro. abril 2006.

SZOKOLAY, S.V. **Energia Solar e Edificações**. São Paulo: Cortez, 1991.

TOLMASQUIM, M.T (Org.) - **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência/CENERGIA, 2003.

WOLFGANG, P. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Pioneira, 1994.