

Disciplina:

Energia Elétrica

Notas de aula

Prof. Luís Fernando

A Dimensão Técnica e Ambiental da Produção de Energia

1. Introdução

Energia é a base da tecnologia e da civilização moderna. Desde a antiguidade, o homem tem por metodologia produzir energia a partir da queima de combustíveis (madeira, carvão, petróleo e gás).

Após os anos 70, a preocupação com a escassez das reservas naturais incentivou o surgimento de novas tecnologias e métodos de racionalização e efficientização do uso da energia, no entanto, ainda insuficientes para fornecer alternativas técnicas e econômicas equivalentes à queima de combustíveis vegetais e fósseis. Com o advento da crise do petróleo, originada pela criação da OPEP e das guerras que se sucederam no oriente médio, deu-se o fim da Era do petróleo abundante e barato.

Adicionalmente, a atual preocupação mundial com o meio ambiente e os problemas originados da queima exagerada de hidrocarbonetos (poluição, efeito estufa, chuva ácida entre outros), tem criado novas políticas de extração e uso destes combustíveis. Estes fatores ajudaram a reduzir comparativamente os custos de tecnologias alternativas e ecologicamente corretas. Infelizmente, ainda não se tornaram compensadoras.

Embora a crise energética seja mundial, vivenciamos um problema nacional particular. Não são os recursos naturais propriamente ditos, as raízes do problema brasileiro, e sim a falta de execução de políticas de desenvolvimento de nossa matriz energética.

A utilização do Gás natural como fonte de energia, é apresentada como a solução de nossos problemas energéticos. Embora sua queima produza um menor número de impurezas frente aos combustíveis líquidos e sólidos, a construção de termelétricas denigre a qualidade do meio ambiente.

Uma forma de minimizar os efeitos nocivos advindos da instalação de termelétricas é a utilização de sistemas industriais e comerciais de co-geração.

Adicionalmente, sistemas alternativos podem ser implantados com significativo retorno financeiro, graças ao gradativo avanço tecnológico que passamos.

Fornecendo informações sobre as diferentes metodologias de obtenção de energia, principalmente a eletricidade e o vapor d'água, este texto tem por objetivo ilustrar os impactos ambientais advindos da sua aplicação.

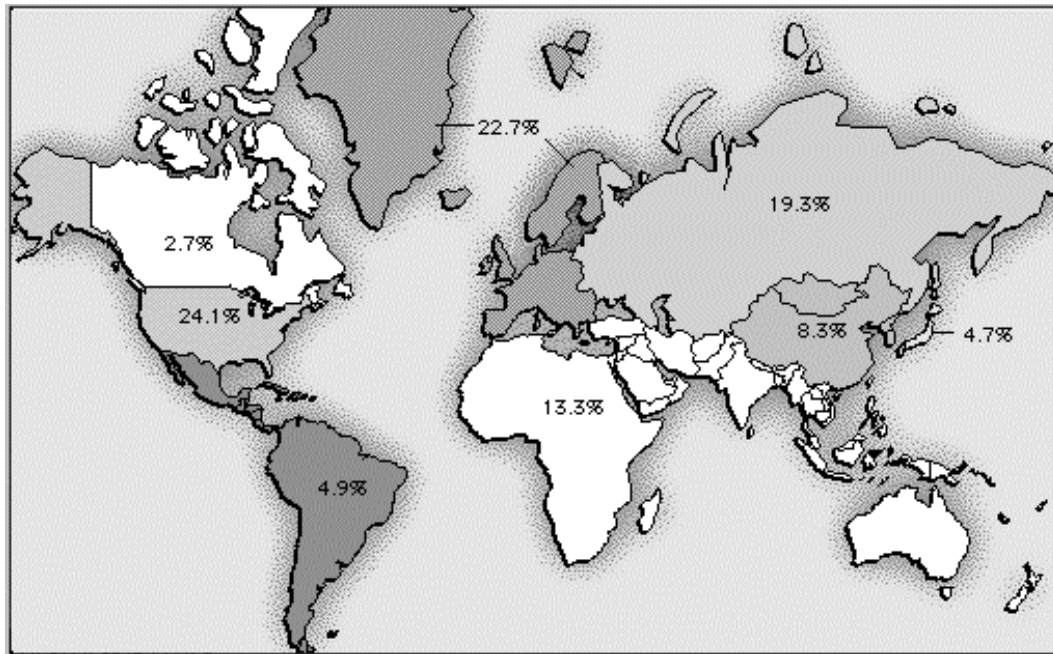
Na seqüência, a Tabela 1 apresenta algumas características gerais das principais fontes de energia, e os gráficos ilustram o perfil do consumo de energia mundial.

Tabela 1 - As várias fontes de produção de energia se diferenciam basicamente pela sua aplicação, impacto no meio ambiente e viabilidade econômica.

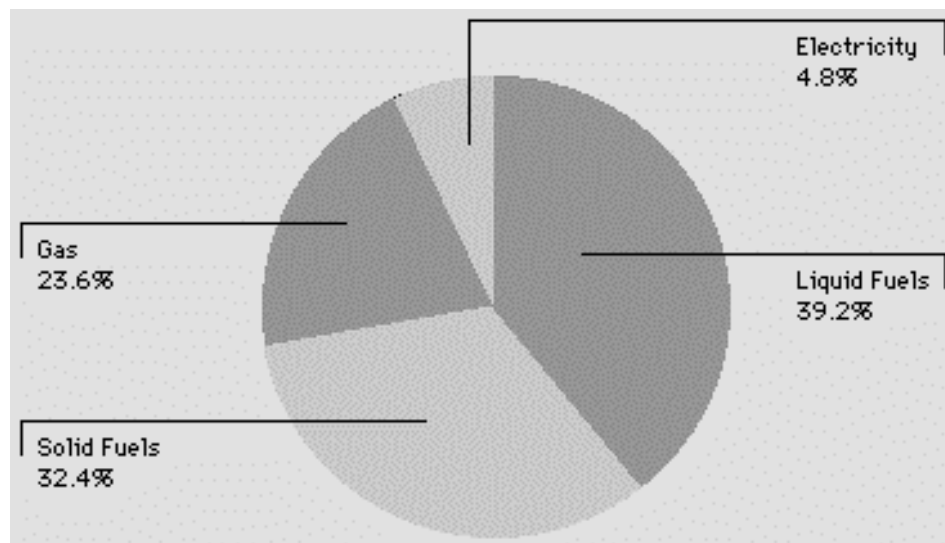
Fontes Geradoras de Energia Convencionais				
Fonte	Obtenção	Usos	Vantagens	Desvantagens
Petróleo	Matéria resultante de transformações químicas de fósseis animais e vegetais depositados, principalmente, em fundos de mares. Extraída em reservas marítimas ou continentais.	Produção de energia elétrica. Matéria-prima da gasolina e do diesel Matéria-prima de produtos como: plástico, borracha sintética, ceras, tintas, gás e asfalto.	Domínio da tecnologia para sua exploração e refino. Facilidade de transporte e distribuição.	É um recurso não-renovável. Libera dióxido de carbono na atmosfera, poluindo o ambiente e colaborando para o aumento da temperatura.
Nuclear	Reatores nucleares produzem energia térmica por fissão (quebra) de átomos de urânio. A energia produzida pode acionar geradores elétricos.	Produção de energia elétrica. Fabricação de bombas atômicas.	Usina pode ser instalada em locais próximos a centros de consumo. Não emite poluentes que influam no efeito estufa.	Não há tecnologia para tratar lixo nuclear. A construção de usinas é cara e demorada. Há riscos de contaminação nuclear.
Hidroeletricidade	A energia liberada pela queda de grande quantidade de água represada move uma turbina hidráulica que aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica.	Não emite poluente. Produção é controlada. Não influi no efeito estufa.	Inundação de grandes áreas, deslocamento de população residente. A construção das usinas é cara e demorada.
Carvão Mineral	Matéria que resulta das transformações químicas de grandes florestas soterradas principalmente na era paleozóica. Extraída em minas subterrâneas ou descobertas localizadas em bacias sedimentares.	Produção de energia elétrica. Aquecimento. Matéria-prima de fertilizantes.	Domínio de tecnologia para seu aproveitamento. Facilidade de transporte e distribuição.	Influi na chuva ácida devido à liberação de poluentes, como dióxidos de carbono (CO ₂) e enxofre (SO ₂), e de óxidos de nitrogênio durante sua queima.

Tabela 1 - As várias fontes de produção de energia se diferenciam basicamente pela sua aplicação, impacto no meio ambiente e viabilidade econômica (continuação).

Fontes Geradoras de Energia Alternativas				
Fonte	Obtenção	Usos	Vantagens	Desvantagens
Eólica	O movimento dos ventos é captado por pás de hélices gigantes ligadas a uma turbina que acionam um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Movimentação de moinhos.	Grande potencial para geração de energia elétrica. Não influi no efeito estufa. Não ocupa áreas de produção de alimentos.	Exige investimentos para transmissão da energia. Produz poluição sonora. Interfere em transmissões de rádio e TV.
Solar	Lâminas recobertas com material semicondutor, como o silício, são expostas ao Sol. A luz excita os elétrons do silício, que formam uma corrente elétrica.	Produção de energia elétrica a partir de placas fotovoltaicas. Aquecimento é obtido por coletores solares de calor.	Não é poluente. Não influi no efeito estufa. Produz eletricidade diretamente, ou pode empregar turbinas a vapor para a produção da energia elétrica.	Por enquanto, exige altos investimentos para o seu aproveitamento, devido ao baixo rendimento.
Biomassa	A matéria orgânica é decomposta em caldeiras ou por bactérias em biodigestores. O processo gera, respectivamente, gás e vapor, que aciona uma turbina e move um gerador elétrico.	Aquecimento. Produção de energia elétrica. Produção de biogás (metano).	É fonte renovável. Não influi no efeito estufa (o gás carbônico liberado durante a queima é absorvido depois no ciclo de produção).	Exige altos investimentos para o seu aproveitamento.



Distribuição Geográfica do Consumo Energético Mundial



Perfil do Consumo Energético Mundial em função das principais Fontes de Energia

2. As Tecnologias para a Conversão de Energia

Para entendermos os processos de produção de energia, devemos sempre ter em mente que:

“Energia não pode ser criada nem destruída. Energia só pode ser transformada”.

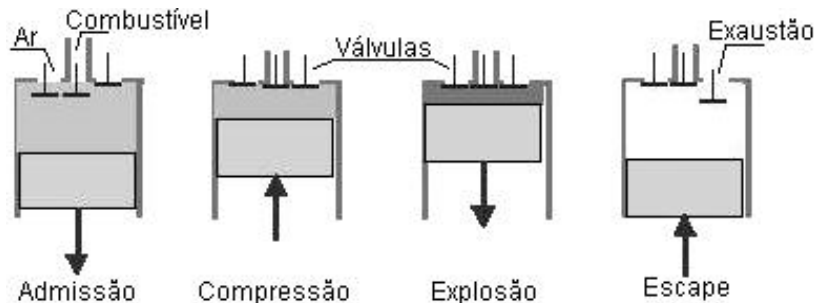
A ocorrência de qualquer fenômeno físico só é possível com a transferência de energia de um meio para outro. Sendo assim, as tecnologias para a produção de energia consistem em artefatos que transferem a energia armazenada de uma forma em outra.

A criatividade do ser humano possibilitou o advento de inúmeras invenções para proporcionar a conversão de energia. Com a crescente industrialização e difusão do comércio, foram adotadas as tecnologias que possibilitavam a produção de energia em larga escala, sem ser dada atenção especial à possibilidade de escassez dos recursos naturais e a degradação do meio ambiente.

Desse modo, desde a Revolução Industrial até os dias atuais, são empregadas praticamente as mesmas tecnologias, das quais podemos destacar os dispositivos que convertem energia em larga escala:

1. **Combustores ou Incineradores:** São queimadores de combustíveis. Convertem a energia armazenada nas ligações químicas em calor. Em alguns casos são empregados para a produção de luz. Utilizam variados tipos de combustíveis:
Sólidos: Madeira, Carvão, Matéria Orgânica, etc.;
Líquidos: Derivados de petróleo e álcoois;
Gasosos: Derivados de petróleo, Gás natural, Biogás, etc.;
Apresentam alto rendimento e excelente poder calorífico.
Como resultado da combustão são produzidos CO₂, e óxidos de nitrogênio e enxofre, responsáveis pelo incremento do efeito estufa e do aparecimento das chuvas ácidas. Em combustões incompletas podem ser produzidos CO e Carbono.
2. **Caldeiras:** Fornecem energia na forma de vapor de água em altas temperaturas e altas pressões. Necessitam de uma fonte de calor, por exemplo, combustores. De acordo com a origem da fonte de calor, podem ser batizadas de: Caldeira Elétrica, Caldeira à Gás, Caldeira a Óleo, etc;
Apresentam rendimento em torno de 60% a 70%.
3. **Motores a Combustão:** São máquinas pneumáticas. Extraem a energia armazenada em gases na forma de pressão, e convertem em energia mecânica,

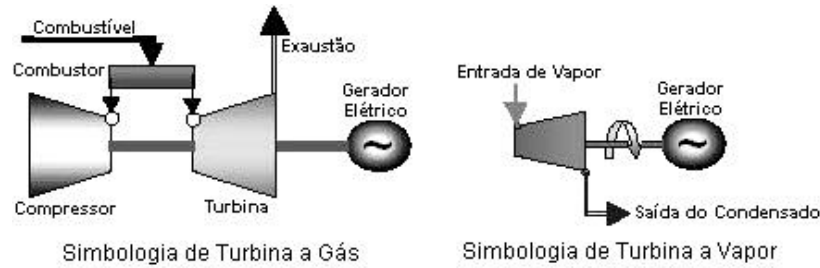
a partir de um eixo de rotação. Os gases pressurizados são obtidos através da queima de combustíveis líquidos ou gasosos. Também é batizado de acordo com o tipo de combustível utilizado: Motor a gasolina, a álcool, a Gás, etc. Por queimarem combustível também produzem CO_2 , CO , C e óxidos de nitrogênio e enxofre. Apresentam rendimento de 30% a 40%.



4. **Motores Hidráulicos:** A partir da energia cinética e/ou potencial armazenada em líquidos, produzem energia mecânica em um eixo de rotação. Por operarem em circuitos fechados, provocam pouca poluição, exceto em casos de vazamentos. Apresentam rendimento máximo de 40%.

5. **Motores Elétricos:** São dispositivos conversores de energia eletromecânica. Por intermédio de um eixo de rotação, podem fornecer energia mecânica a partir da eletricidade. Da mesma forma, podem produzir eletricidade em função do fornecimento de energia mecânica ao seu eixo (geradores elétricos). Produzem poluição sonora e vibração. Apresentam altos rendimentos: 80% a 85%.

6. **Turbinas a Vapor e a Gás:** Máquinas de altíssimas potências, em princípio, foram criadas para converter energia pneumática (vapor de água, ar comprimido ou gases sob altas pressões) em energia mecânica no seu eixo de rotação. Turbinas a vapor podem ser encontradas com potências de kW até pouco mais de 1MW. Já turbinas a gás têm potências de centenas de kW a até 300 MW. Apresentam baixo rendimento, em torno de 13%. Turbinas que utilizam a queima de combustíveis para a obtenção de gases sob pressão também produzem CO_2 , CO , C e óxidos de nitrogênio e enxofre.



7. **Turbinas Hidráulicas:** A partir do deslocamento de grandes volumes de líquidos em seu interior, obtém elevada quantidade de energia mecânica em seu eixo de rotação.
8. **Foguetes:** Muito utilizados nas áreas aeroespaciais, são as máquinas de maior relação potência / volume já criadas pelo Homem. Desenvolvidas para fornecer elevados empuxos, obtêm grande quantidade de energia mecânica, obtida da queima e expansão de gases a partir de enormes volumes de combustível.

3. Os Métodos para a Produção de Energia Elétrica

As máquinas e demais dispositivos discutidos anteriormente, geralmente convertem a energia da fonte primária em energia mecânica. Isto se deve, principalmente ao fato de terem sido idealizadas durante e após a revolução industrial. Neste período, a utilização da eletricidade ainda era insipiente como fonte de energia em larga escala.

Após a I Guerra Mundial a eletricidade tornou-se uma alternativa atraente para os processos industriais e para o comércio com o aparecimento dos primeiros eletrodomésticos. A partir deste período o crescimento econômico das nações passou a ser influenciado diretamente pela produção de energia elétrica.

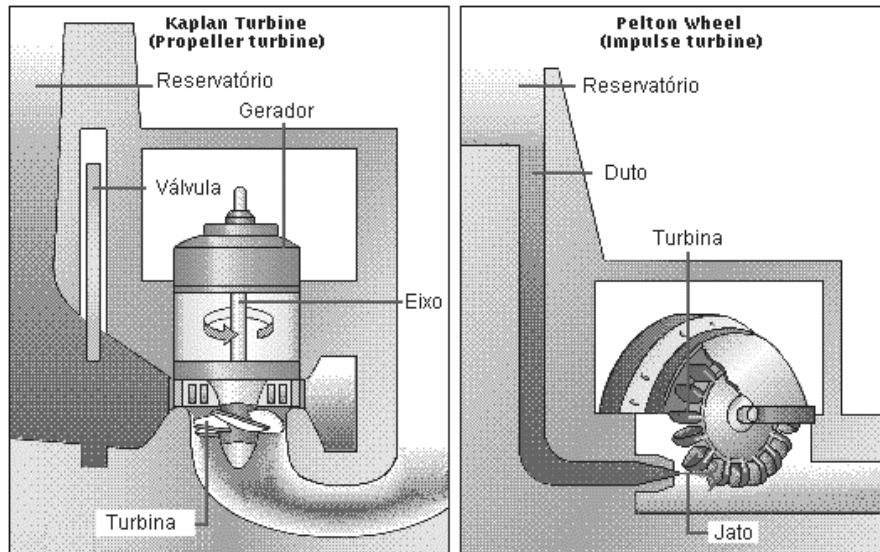
Assim, os métodos para a produção de energia elétrica foram idealizados, utilizando a tecnologia de conversão de energia que existia naquela época. Estas metodologias prevalecem até hoje, nos processos de produção de energia em larga escala.

Os métodos de produção de energia elétrica podem ser:

1. Hidroelétricas
2. Termoelétricas
3. Usinas Nucleares
4. Co-geração
5. Energias Alternativas

3.1 Hidroelétricas

As hidroelétricas utilizam como fonte primária, a energia cinética e/ou potencial armazenada em grandes volumes de água. Esta energia não é convertida diretamente em eletricidade. Inicialmente, a energia hidráulica é convertida em energia mecânica a partir de um eixo de rotação, por intermédio de uma turbina hidráulica. A turbina é acoplada a um gerador elétrico. Ao acionar mecanicamente o eixo do gerador, é produzida eletricidade.



Turbinas Hidráulicas acopladas a Geradores Elétricos – Vários tipos de turbinas hidráulicas podem ser empregadas de acordo com o volume e a pressão/velocidade do fluxo de água que as acionam.

Hidroelétricas apresentam o menor custo de produção de eletricidade dentre todos os métodos utilizados atualmente.

A Tabela ilustra o custo médio mensal em reais para manter uma lâmpada de 60 Watts ligada ininterruptamente, a partir de eletricidade obtida por diferentes métodos de produção de energia elétrica.

Fonte Primária de Energia	Custo em R\$ (Reais) para manter uma lâmpada de 60[Watts]
Solar	30,24
Nuclear	15,33
Eólica	5,83
Carvão Mineral	5,18
Biomassa	4,75
Gás Natural	4,31
Hidroelétrica	3,88

Embora o processo de produção de hidroeletricidade não elimine poluentes na atmosfera e no solo, grandes áreas são inundadas, reduzindo o espaço de vegetação nativa e para cultivo do solo.

Além disso, o baixo custo de produção da hidroeletricidade leva a uma falsa sensação de que é compensador utilizá-la para aquecer ou resfriar. O poder calorífico da energia elétrica é muito baixo, quando analisamos o volume de água armazenada necessária para produzi-la e o rendimento total entre a geração e o consumidor final. A partir da queda d'água, entre turbina hidráulica, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, o rendimento global é em torno de 32 a 40%. A tabela abaixo ilustra de forma simplificada, uma comparação entre a relação do poder energético de alguns combustíveis e a hidroeletricidade.

A Tabela ilustra a comparação do poder calorífico de combustíveis frente à eletricidade para a produção de calor.

Fonte de Energia	Energia produzida na queima	Quantidade de água necessária para gerar eletricidade	Relação entre custo do comb. / custo eletric.
Gasolina	16,63 kWh / litro	249.450 litros	R\$ 1,70 / R\$ 4,38
GLP (gás de cozinha)	12,80 kWh / kg	192.000 litros	R\$ 0,85 / R\$ 3,38
Gás natural	9,53 kWh / m ³	142.950 litros	-
Lenha	2,90 kWh / kg	43.500 litros	-

Nota: Custo da Energia Elétrica para o consumidor residencial e comercial: R\$ 0,2638 / kWh. Quantidade de água parada necessária para gerar eletricidade, considerando uma queda d'água de aproximadamente 60 metros de altura e um rendimento global de 40%.

3.2 Termoelétricas

As termoelétricas utilizam como fonte primária de energia o calor obtido da queima de combustíveis. Para a obtenção de eletricidade podem ser empregados dois processos distintos: produção de Vapor d'água e queima direta.

O processo de queima direta emprega uma turbina a gás, por exemplo, que a partir da queima de combustível em seu interior, obtém-se energia mecânica no seu eixo. Acoplado à turbina, um gerador elétrico produz eletricidade.

Tradicionalmente é utilizada uma turbina a vapor. O vapor d'água é produzido a partir de uma fonte primária de calor, podendo ser a queima de um combustível ou utilizada outra forma de fonte de calor. O Vapor produzido transporta a energia sob altas temperaturas e altas pressões. A passagem do vapor pela turbina converte energia mecânica em seu eixo. Acoplado à turbina, um gerador elétrico produz eletricidade. A exemplo, a figura abaixo ilustra o processo geotérmico de produção de eletricidade.

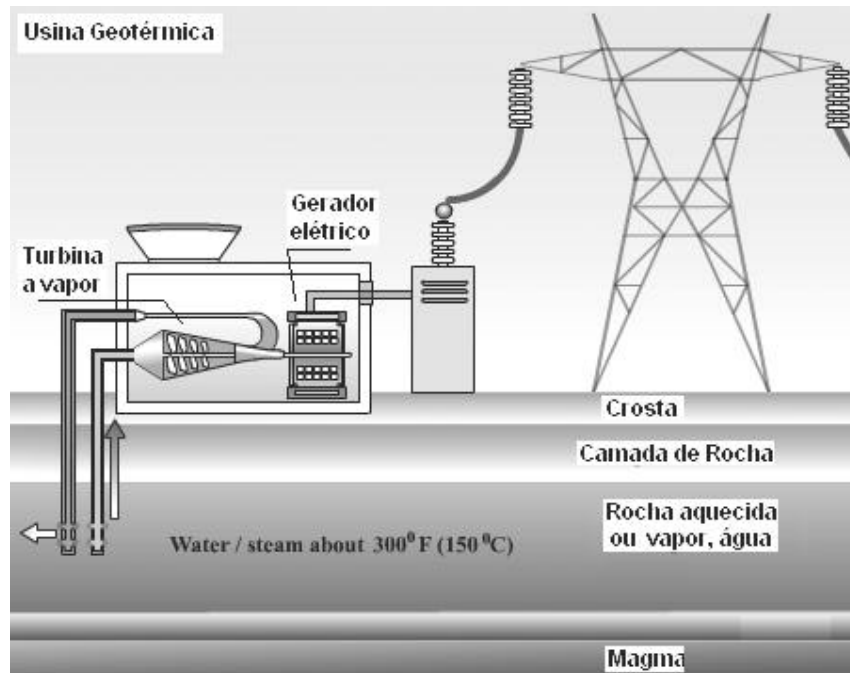


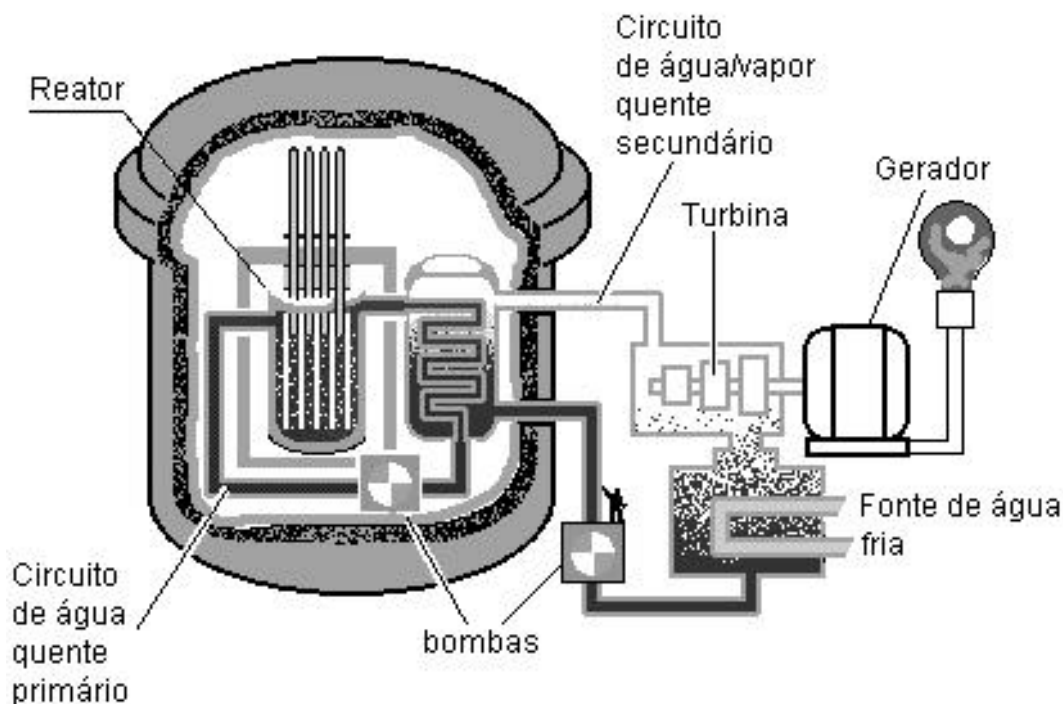
Diagrama ilustrativo das partes integrantes de uma Usina Geotérmica para a produção de Eletricidade

3.3 Usinas Nucleares (Termoelétricas)

As Usinas Nucleares são Termoelétricas. Infelizmente, ainda não possuímos conhecimento científico para extrair eletricidade diretamente dos processos de fissão nuclear. Porém destacamos em nosso texto este tipo de usina pela importância que apresenta frente às discussões de meio ambiente e geração de eletricidade.

As usinas nucleares utilizam como fonte primária de energia o calor produzido pela fissão dos átomos de Urânio dentro do Reator. No reator, “que não deixa de ser uma bomba atômica com explosão retardada”, a fissão nuclear é controlada pela imersão de barras de grafite.

O calor produzido na reação nuclear é utilizado para aquecer água sob alta pressão e temperatura sem gerar vapor. A água extremamente quente, troca calor com um segundo circuito de água, a qual é aquecida e é produzido vapor. O vapor é utilizado para acionar uma turbina e esta um gerador elétrico. A figura abaixo ilustra um diagrama construtivo das principais partes de uma usina nuclear.



Partes principais de uma Usina Nuclear

Usinas nucleares devem ser construídas próximas a grandes mananciais de água, pois, o vapor após passar pela turbina deve ser resfriado para condensar-se e ser bombeado novamente ao reator e dar continuidade ao processo cíclico. A fonte de água fria, responsável pela condensação do vapor apresenta um nível de radioatividade perigoso. Esta não pode ser armazenada, e, portanto, deve ser descartada em um local de grande volume de água para reduzir os níveis de radioatividade por dispersão.

Usinas nucleares são extremamente perigosas em função do risco ambiental que podem provocar.

3.4 Co-Geração de Energia Elétrica

Muitas atividades industriais e comerciais necessitam de grandes quantidades de energia térmica, podendo ser frio ou calor. A necessidade de calor geralmente é maior, sobretudo na agroindústria e na indústria de transformação, como açúcar e álcool, sucos de frutas, beneficiamento de arroz e de madeira, extração de óleo vegetal, papel e celulose, tinturaria, cervejaria, cimento, vidro, cerâmica, produtos químicos e alimentos em geral. Já o frio em larga escala é utilizado pelos segmentos de frigoríficos e sucos, climatização de ambiente, em fiação e tecelagem, hospitais, hotéis, shoppings, etc.

Uma vez que todas essas atividades já são usuárias de alguma forma de energia primária para atendimento de suas necessidades térmicas, como a queima

de: óleo, gás, bagaço de cana, cavaco de madeira, casca de arroz, pneu velho picado, etc, a co-geração aproveita-se deste fato para produzir, a um custo muito baixo, também energia mecânica, que pode servir tanto para acionar um compressor ou bomba, como um gerador de energia elétrica.

Do ponto de vista empresarial, pode-se dizer que a cogeração é sinônimo de diminuição de custos, com diminuição de dependência energética e melhora da relação “eliminação de poluentes” / “energia aproveitada”.

“COGERAÇÃO DE ENERGIA *é a geração simultânea de energia mecânica e térmica, a partir de uma fonte primária de energia. A menor parcela (térmica ou mecânica), deve ser no mínimo 10% do total”*.

Os sistemas de cogeração são basicamente separados em dois grandes grupos, em função da seqüência de utilização da energia, podendo ser de “topping cycle” e “bottoming cycle”.

Nos sistemas tipo “topping cycle” o energético (gás natural, por exemplo) é usado primeiramente na produção de energia elétrica (ou mecânica) em turbinas ou motores a gás e o calor rejeitado é recuperado para o sistema térmico conforme ilustra a figura abaixo.

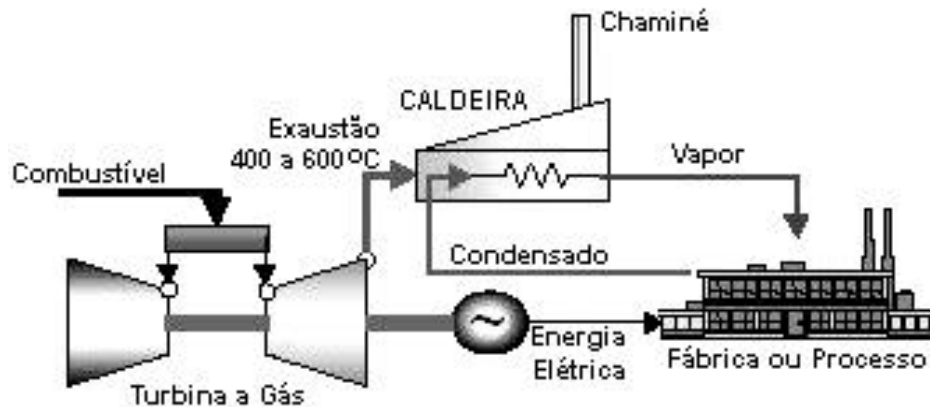


Diagrama esquemático de uma instalação de cogeração em “topping cycle”

Para os sistemas que operam em “bottoming cycle”, o energético produz primeiramente vapor, que é utilizado para produção de energia mecânica (e/ou elétrica) em turbinas a vapor, e depois o vapor é repassado ao processo para atender as necessidades térmicas, conforme ilustra a figura abaixo.

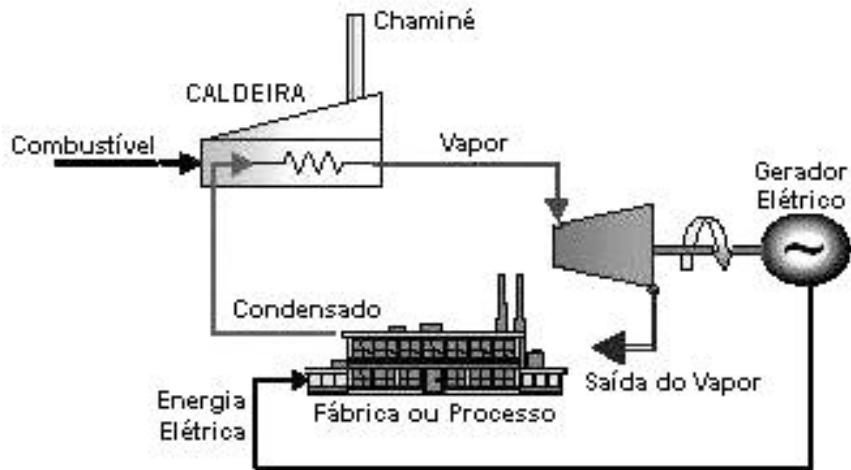


Diagrama esquemático de uma instalação de cogeração em “bottoming cycle”

Em Usinas Termoeletricas utilizam-se sistemas de Ciclo Combinado, onde se produz exclusivamente energia elétrica, todo o vapor produzido por recuperação é empregado na turbina a vapor (de condensação). Os sistemas de Ciclo Combinado, ilustrados na figura abaixo, são em geral aplicados em geração de energia elétrica para as redes de distribuição, em maiores potências (em geral acima de 25 MW).

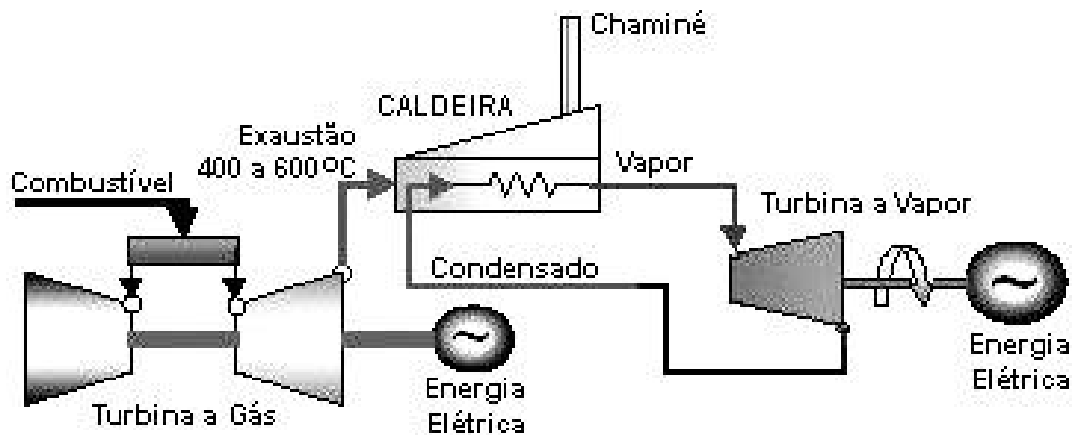


Diagrama esquemático de uma instalação de Geração de Energia Elétrica em Ciclo Combinado

Enquanto os Sistemas de Cogeração podem alcançar eficiência acima de 75%, os de Ciclo Combinado tem seu limite de eficiência em 55%.

3.5 Energias Alternativas

As fontes alternativas constituem-se na forma inteligente de conversão de energia. Infelizmente, a tecnologia atual não possibilita a sua conversão em elevadas potências, ou ainda, se possível, ocorrem com um custo muito elevado.

Somente com políticas proibitivas ou punitivas a respeito da emissão de poluentes ou da queima de combustíveis fósseis, será possível incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias para as energias alternativas. A exemplo, só nos EUA, $\frac{1}{4}$ da poluição atmosférica provocada pela queima de combustíveis fósseis provém de termoelétricas.

As fontes tradicionais de energias alternativas são: Solar, Eólica, Biomassa, Geotérmica, entre outras.

3.5.1 Energia Solar

A energia solar pode ser convertida em calor ou eletricidade. As tecnologias envolvidas neste processo são bastante distintas.

Para a produção de calor são utilizados os Coletores Solares, estes dispositivos expostos à luz solar, aquecem a água que circula por uma serpentina.

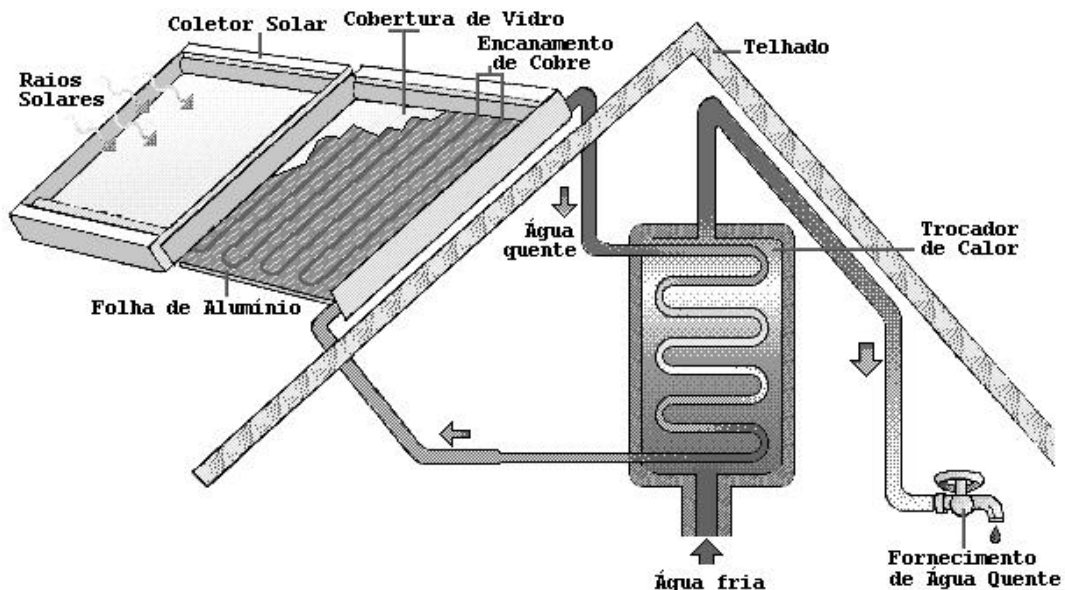


Ilustração de um Sistema de Aquecimento de Água através de Energia Solar

Estes dispositivos podem oferecer além de água quente (geralmente entre 50°C e 80°C), vapor de água de acordo com o projeto da instalação. Desse modo, as reduções de potência elétrica e do consumo de eletricidade e gás são bastante significativas e economicamente compensadoras em hotéis, restaurantes e residências.

Adicionalmente a obtenção de calor, a luz solar pode ser convertida em eletricidade através de painéis fotovoltaicos. Estes painéis são compostos de materiais semicondutores como Arsenieto de Gálio e compostos de germânio e Silício, onde a radiação solar é convertida diretamente em eletricidade. A eficiência desta conversão é de no máximo 30% e depende também do horário do dia e das condições climáticas.

Para a obtenção de energia solar fotovoltaica são necessários 04 itens principais:

- Dias ensolarados;
- Célula fotovoltaica;
- Regulador de Carga e/ou inversor, responsável por controlar os ciclos de carga e descarga das baterias;
- Banco de Baterias: indispensável na maioria dos casos para o armazenamento da energia absorvida durante o dia.

Infelizmente, esta tecnologia tem um custo relativamente alto, conforme pode ser visualizado na tabela abaixo.

Custo estimado de um conjunto fotovoltaico completo para a geração de energia elétrica em residências.

Potência em [Watt]do Conjunto Fotovoltaico CC/CA	Preço estimado em US\$ nos EUA
600/500	5.050,00
1200/1000	8.175,00
1300/1080	8.700,00
1800/1500	13.200,00
2400/2000	16.325,00
2600/2160	17.350,00

Além do inconveniente alto custo, os sistemas fotovoltaicos são dependentes de baterias, geralmente do tipo chumbo-ácidas, as quais têm vida útil aproximada de 02 (dois) anos e não podem ser descartadas no lixo doméstico.

Por outro lado, mensalmente, para cada 01 (um) [kW] de potência elétrica produzida por painéis fotovoltaicos ou outra forma de energia alternativa, pode-se deixar de (comparativamente aos EUA):

- Explorar 68 Kg de carvão mineral,
- Lançar 130 kg de CO₂ na atmosfera,
- Liberar 400 litros de água para consumo.
- Produzir NO_x e SO_x da queima de combustíveis fósseis.

E ao longo de 25 anos, aproximadamente a vida útil de um painel fotovoltaico, pode-se deixar de:

- Lançar 22,5 toneladas de CO₂ na atmosfera,
- Lançar 56 kg de NO_x,
- Lançar 181kg de SO_x

3.5.2 Energia Eólica

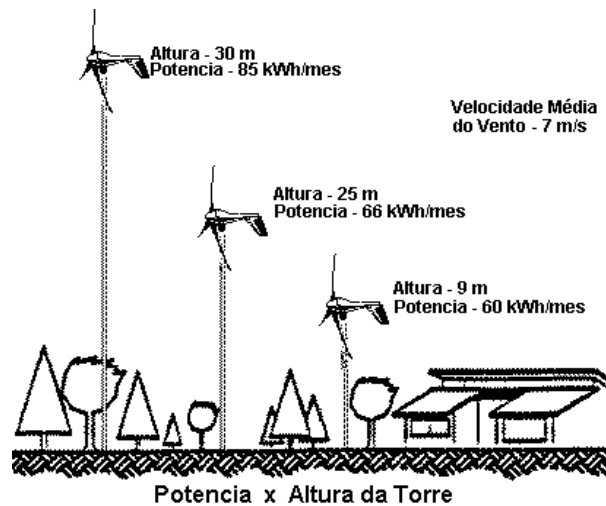
Tradicional fonte de energia, os ventos trouxeram os navegantes às terras do novo mundo. Infelizmente, esta enorme e inesgotável reserva energética ainda é muito pouco explorada atualmente.

Tecnologicamente, também é uma alternativa de alto custo, embora tenha muito mais versatilidade que o sistema fotovoltaico, uma vez que os ventos não cessam durante a noite.

Custo estimado de um conjunto Eólico completo para a geração de energia elétrica em residências.

Potência em [Watt]do Conjunto Eólico CC/CA	Preço estimado em US\$
400/300	5.000,00

A instalação das turbinas eólicas requer cuidados especiais com a altura da torre. Ao nível do solo, a velocidade do vento é reduzida pelos obstáculos. Além disso, turbinas eólicas produzem poluição sonora e interferências em equipamentos de rádio, devendo ficar afastadas de centros urbanos.



Relação entre a Potência fornecida por uma turbina eólica e sua altura em relação ao solo, para uma velocidade do vento média de 7 m/s a 10 metros de altura.

A potência das turbinas eólicas é diretamente proporcional à sua área útil e a velocidade do vento, conforme ilustra a figura abaixo.

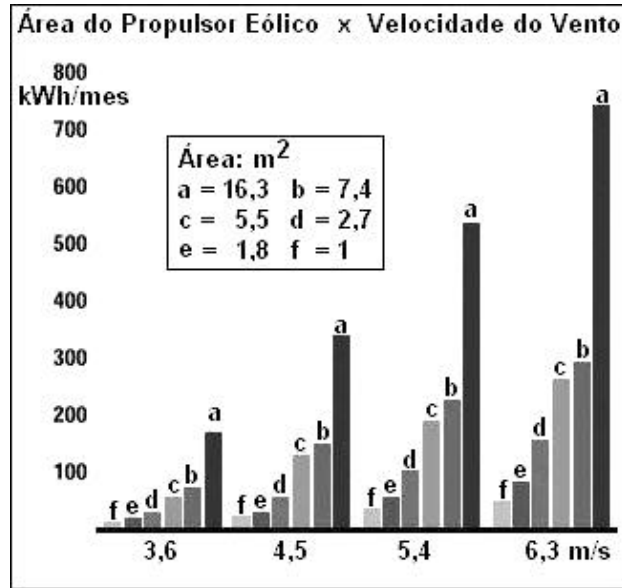
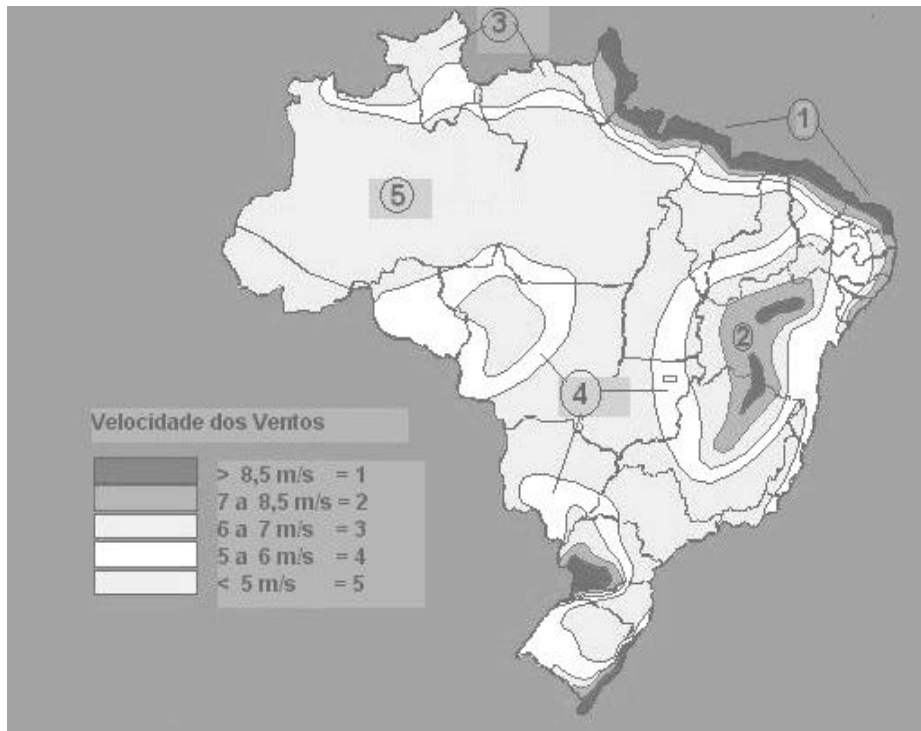


Gráfico comparativo da eficiência energética de Turbogeneradores Eólicos em função da velocidade dos ventos e da área formada pela circunferência das hélices

No Brasil há a viabilidade técnica de implantação de usinas eólicas no litoral do Nordeste, a exemplo Fortaleza/CE, conforme pode ser ilustrado no gráfico abaixo.



CONCLUSÃO

A cada dia, a crise energética mundial agrava-se por dois motivos principais. Primeiramente, o método de obtenção/conversão de energia em larga escala baseia-se na queima de combustíveis e reservas minerais não renováveis. Em segundo, talvez o pior, é que não temos praticado políticas de racionalização do uso de energias. É muito comum deixarmos luzes acesas em casa e no trabalho, aparelhos elétricos ligados sem necessidade e até desperdiçamos água potável em grande quantidade.

A obtenção de Energia Elétrica ou Calorífica é muito difícil e prejudicial ao meio ambiente, como pudemos observar neste texto. Isto ocorre principalmente em função dos baixos rendimentos dos antigos processos tecnológicos utilizados.

Outros métodos de obtenção de energias alternativas podem ser empregados, todavia, todos têm aplicações econômicas x tecnológicas ainda inviáveis.

Com o agravamento da crise energética mundial, as tarifas de eletricidade sempre tenderão a elevar-se, adicionalmente, as políticas de redução da emissão de agentes poluidores estão sendo aplicadas gradativamente. Senso assim é provável que o empecilho econômico diminua e simultaneamente haverá maior interesse na pesquisa de novas tecnologias alternativas ou de maior rendimento e eficiência global.

Com este quadro, talvez a utilização de formas alternativas de energia seja mais compensadora e obrigatória.

Finalmente, é fundamental que todos nós iniciemos campanhas de uso racional de energia.

APÊNDICE

• ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

tEP:	tonelada Equivalente de Petróleo, correspondente a um petróleo padrão de poder calorífico superior (P.C.S) = 10.800 kcal e massa específica = 864 kg/m ³
bbbl:	barril
boe:	barril de óleo equivalente
bpdoe:	barris por dia de óleo equivalente
cal:	caloria
J:	Joule
Btu:	British Thermal Unit
Wh:	Watt-hora
USgal:	galão norte-americano
k:	quilo = um mil (10 ³)
M:	mega = um milhão (10 ⁶)
G:	giga = um bilhão (10 ⁹)

• FATORES DE CONVERSÃO

COMPRIMENTO	ÁREA	VOLUME	MASSA	ENERGIA
1 ft = 0,3048 m	1 ft ² = 0,092903 m ²	1 ft ³ = 0,0283 m ³	1 lb = 0,45359 kg	1 J = 0,23884 cal
1 m = 3,281 ft	1m ² = 10,76 ft ²	1m ³ = 35,3147 ft ³	1 kg = 2,2046 lb	1 cal = 4,1868 J
1 ft = 12 in		1 bbl = 0,1589 m ³	1 t = 1.000 kg	1 J = 947,8 x 10 ⁻⁶ Btu
1 in = 2,54 cm		1 m ³ = 6,2898 bbl		1 Btu = 252 cal
1 milha = 1,609 km		1 bbl = 158,94 l		1 J = 277,7 x 10 ⁻⁹ kWh
1 milha náutica = 1,852 km		1 m ³ = 1.000 l		1 kWh = 3,6 MJ
		1 bbl = 42,00 USgal		1 kWh = 860 kcal
		1 USgal = 3,785 l		1 kcal = 1,163 x 10 ⁻³ kWh

• **Fatores de conversão aproximados**

Multiplique pelo fator da tabela para converter de um energético para outro:

De	Para	1 barril óleo equivalente	1 m ³ óleo equivalente	1 tEP	1.000 m ³ gás natural	10 ⁶ kcal	10 ⁶ Btu	1 MWh	1.000 ft ³ gás natural
1 barril óleo equivalente		1	0,159	0,137	0,151	1,484	5,888	1,725	5,317
1 m ³ óleo equivalente		6,290	1	0,864	0,947	9,332	37,03	10,85	33,45
1 tEP		7,279	1,157	1	1,097	10,80	42,86	12,56	38,73
1.000 m ³ gás natural		6,641	1,056	0,912	1	9,849	39,08	11,45	35,31
10 ⁶ kcal		0,674	0,107	0,093	0,102	1	3,968	1,163	3,586
10 ⁶ Btu		0,170	0,027	0,023	0,026	0,252	1	0,293	0,904
1 MWh		0,580	0,092	0,080	0,087	0,860	3,412	1	3,083
1.000 ft ³ gás natural		0,188	0,030	0,026	0,028	0,279	1,107	0,324	1

PODER CALORÍFICO SUPERIOR DOS COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS	Fator de Conversão (m ³ para tep)	Massa Específica (kg/m ³)	Poder Calorífico (kcal/kg)	Poder Calorífico (kcal/l)	Poder Calorífico (kJ/l)
Petróleo	0,868	868	10.800	9.374	39,25 x 10 ³
Óleo Diesel	0,848	852	10.750	9.159	38,35 x 10 ³
Óleo Combustível	0,946	1013	10.090	10.217	42,78 x 10 ³
Gasolina Automotiva (pura)	0,771	742	11.220	8.325	34,86 x 10 ³
Gasolina Automotiva (com 20% de álcool)	0,721	750	10.394	7.795	32,64 x 10 ³
Gasolina Automotiva (com 25% de álcool)	0,711	754	10.187	7.681	32,16 x 10 ³
Gasolina de Aviação	0,759	726	11.290	8.197	34,32 x 10 ³
Gás Liquefeito de Petróleo	0,601	552	11.750	6.486	27,16 x 10 ³
Nafta Petroquímica	0,736	702	11.320	7.947	33,27 x 10 ³
Querosene Iluminante e de Aviação	0,811	790	11.090	8.761	36,68 x 10 ³
Álcool Etílico Anidro	0,520	791	7.090	5.608	23,48 x 10 ³
Álcool Etílico Hidratado	0,496	809	6.650	5.380	22,52 x 10 ³
Gás de Refinaria	0,636	780	8.800	6.864	28,74 x 10 ³
Coque de Petróleo	0,819	1040	8.500	8.840	37,01 x 10 ³
Asfaltos	0,954	1025	10.050	10.301	43,13 x 10 ³
Lubrificantes	0,873	875	10.770	9.424	39,46 x 10 ³
Solventes	0,771	741	11.240	8.329	34,87 x 10 ³

PODER CALORÍFICO SUPERIOR DOS COMBUSTÍVEIS GASOSOS	Fator de Conversão (10³ m³ para tep)	Poder Calorífico (kcal/m³)	Poder Calorífico (kJ/m³)
Gás Natural Úmido	0,968	10.454	43,77 x 10 ³
Gás Natural Seco	0,857	9.256	38,75 x 10 ³
Gás de Coqueira	0,417	4.500	18,84 x 10 ³
Gás Canalizado RJ	0,361	3.900	16,33 x 10 ³
Gás Canalizado SP	0,435	4.700	19,68 x 10 ³

PODER CALORÍFICO SUPERIOR DOS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS	Fator de Conversão (t para tep)	Poder Calorífico (kcal/kg)	Poder Calorífico (kJ/kg)
Carvão Vapor sem especificação	0,278	3.000	12,56 x 10 ³
Carvão Vapor 3100 kcal/kg	0,287	3.100	12,98 x 10 ³
Carvão Vapor 4500 kcal/kg	0,417	4.500	18,84 x 10 ³
Carvão Vapor 6000 kcal/kg	0,556	6.000	25,12 x 10 ³
Carvão Metalúrgico Nacional	0,630	6.800	28,47 x 10 ³
Carvão Metalúrgico Importado	0,733	7.300	30,56 x 10 ³
Carvão Vegetal	0,630	6.800	28,47 x 10 ³
Coque de Carvão Mineral	0,676	7.300	30,56 x 10 ³
Alcatrão	0,833	9.000	37,68 x 10 ³
Lenha	0,306	3.300	13,82 x 10 ³
Caldo de Cana	0,057	620	2,60 x 10 ³
Melaço	0,179	1.930	8,08 x 10 ³
Bagaço de Cana (com 50% de umidade)	0,209	2.257	9,45 x 10 ³
Lixívia	0,281	3.030	12,69 x 10 ³

BIBLIOGRAFIA

- Gussow, Milton - *Eletricidade Básica* - Makron Books, SP, 1995.
- Arnold - *Fundamentos de Eletrotécnica* - EPUSP.
- Valkenburgh/Neville -. *Eletricidade Básica* - LTC.
- Kosow, Irving L.; *Máquinas Elétricas e Transformadores* – 8ª. edição, Edit. Globo, São Paulo, 1989
- Fitzgerald, A. E., e outros; *Máquinas Elétricas* – 5ª. edição, Edit. McGraw Hill, São Paulo, 1988
- Slemon, G. R.; *Electric Machines* – Edit. Alisson-wesley.
- Slemon, G. R.; *Equipamentos Magnéticos* – Edit. LTC.
- McPherson, G.; *An Introduction to Electrical Machines and transformers* – Edit. John Wiley & Sons
- Boffi, L.V., Sobral JR, M. & Dangelo, L.C.; *Conversão Eletromecânica de Energia* - Editora Edgard Blucher Ltda.
- Bento, Celso Roberto; *Sistemas de Controle – Teoria e Projetos* – 10ª.ed, Edit. Érica, São Paulo, 1993.
- Petrecca, Giovanni; *Industrial Energy Management: Principles and Applications* – Kluwer Academic Publishers, Norwel/Massachussets/EUA, 1993.
- The Cogeneration Journal, Vol. 6 No. 4, How Reliable are IPP/Cogen Projects?
- Profile of the Independent Power Market: 1997 Status and Trends, 5th edition, RCG/Hagler, Bailly, Inc., Washington D.C., February 1991.
- State Directory of New Electric Power Plants, Utility Data Institute, Inc. Washington D.C., 1991.
- All Fired about Cogeneration, Chemical Engineering, January 1992.
- Challenges and Opportunities for Gas Turbines in Europe, G. Roukens, Netherlands Ministry for Environment, Solar Turbomachinery Technology Seminar, San Diego, CA, 1992.
- Cogeneration installation protection and control of the electric utility, J. A. Meuleman, ASRHAE Winter Meeting, San Francisco, January, 1986.
- Analysis of prime movers for internal combustion Cogeneration plants, J.C. Solt, ASRHAE Winter Neeting. San Francisco, January, 1986.

INTERNET

- Agência Nacional de Energia Elétrica : www.aneel.gov.br
- Associação Brasileira dos Grandes Consumidores de Energia: www.abrace.org.br
- Brasil Energia On-line: www.brasilenergia.com.br
- Eletrobrás: www.eletrobras.gov.br
- Governo do Estado de São Paulo: www.energia.sp.gov.br
- Operador Nacional do Sistema Elétrico: www.ons.org.br
- Instituto Nacional de Eficiência Energética: www.inee.org.br
- Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Elétrico: www.ilumina.org.br
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica: www.eletrobras.gov.br/procel/
- Energy Info Source: www.energyinfosource.com