



Universidade federal de Campina Grande - UFCG  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica - UAEE

# **Energia Elétrica e Sustentabilidade Ambiental: da Geração aos Usos Finais**

Everton Pereira Arruda Ramalho  
Matricula: 29821165

Orientador:

Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano

Campina Grande, agosto de 2006



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

Universidade federal de Campina Grande - UFCG  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática – CEEI  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica – UAEE

Energia Elétrica e Sustentabilidade Ambiental:  
da Geração aos Usos Finais

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE  
DO CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CAMPINA GRANDE COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.**

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Moema Soares de Castro Barbosa  
Avaliadora

Campina Grande – PB, Brasil.  
Agosto de 2006

## **AGRADECIMENTOS**

*Gratidão é a parte integrante da vida de pessoas que tem a consciência que jamais conseguiram atingir seus objetivos sozinhas.*

*Agradeço a Deus por ter renovado as minhas forças, me protegido e ter colocado ao meu lado pessoas que me apoiaram sempre.*

*Agradeço aos meus pais, em especial a minha mãe Gracié, por sempre me apoiar e ser a grande incentivadora da minha jornada acadêmica, desde a mais tenra idade até o presente, sendo exemplo de conduta para a vida. Ao meu irmão Emerson, pela ajuda e companhia, assim como toda a minha família.*

*Ao Professor Doutor Benedito Antonio Luciano, não apenas pelas sábias, competentes e precisas ponderações para o desenvolvimento deste trabalho, mas também pela retidão pessoal, sendo uma referência para a vida.*

*Aos meus amigos que sempre foram meus grandes incentivadores e junto com a minha família, meu maior patrimônio. A alegria dos meus amigos é também a minha alegria.*

# Índice

Apresentação

1 – Introdução	01
1.1 – O que é Energia	01
1.2 – Tipos de Energia	01
2 – Energia e Sociedade	02
3 – O que é o EIA/RIMA	05
4 – Planejamento Integrado de Recursos (PIR) e Impactos Ambientais	09
5 – Principais Fontes de Energia	11
6 – Obtenção de Energia e os Impactos Ambientais	13
6.1 – A Energia Hidráulica	13
6.2 – Energia Solar	17
6.3 – O Carvão	20
6.4 – O Petróleo	22
6.5 – O Gás Natural	23
»»Termoelétricas.	23
6.6 – Energia Nuclear.	25

6.7 – Energia Eólica.	28
6.8 – Energias Biológicas.	32
6.8.1 – A Biomassa.	32
6.8.2 – O Biogás.	32
6.9 – O Hidrogênio.	33
6.10 – As Marés.	33
6.11 – A Energia Geotérmica.	34
7 – Energia Elétrica: Transmissão e Impactos Ambientais	35
7.1 – Identificação de Impactos e Medidas Recomendadas	36
8 - Principais Impactos Ambientais na Distribuição de Energia Elétrica.	41
8.1 – Poda das Árvores.	41
8.2 – Corte de Árvores.	41
8.3 – Veículos.	42
8.4 – Resíduos.	42
8.5 – Consumo de Recursos Naturais.	42
9 – Energia Elétrica: Usos Finais e Impactos Ambientais.	43
10 – Conclusões.	45
11 – Bibliografia.	47

## Índice de Figuras

Fig. 01: Ciclo energético e formas de conversões;	02
Fig. 02: Potencial hidroelétrico brasileiro por região;	13
Fig. 03: Usina hidrelétrica de Itaipu;	15
Fig. 04: Geração de energia hidroelétrica no mundo;	15
Fig. 05: Estação repetidora Embratel;	19
Fig. 06: Telefonia Pública móvel: jangada com orelhão em Maceió;	19
Fig. 07: Esquema de conversão de energia elétrica em solar e sua utilização;	19
Fig. 08: Mina de Carvão Mineral;	21
Fig. 09: O carvão mineral;	21
Fig. 10: Mineração de carvão;	21
Fig. 11: Termoelétrica;	24
Fig. 12: Termoelétrica Jorge Lacerda;	24
Fig. 13: Usina Nuclear;	27
Fig. 14: “Fazenda de Ventos” – Aerogeradores usina eólica;	30
Fig. 15: Aproveitamento da energia das marés para a produção de eletricidade;	33
Fig. 16: Esquema de usina geotérmica para a produção de eletricidade;	34
Fig. 17: Vistoria técnica do consultor para assuntos paleontológicos em uma das estruturas de escavações;	37
Fig. 18: Sinalizadores instalados na rede de transmissão de energia;	37
Fig. 19: Abertura de acessos utilizados na construção de torres;	38
Fig. 20: Vista da saída de linha da subestação, apresentando parte da vegetação foi suprimida em função da proximidade com dos cabos;	38
Fig. 21: Torres construídas com elevada altura sem necessidade de corte das árvores sob a linha de transmissão;	38
Fig. 22: Sistema de distribuição nas vias urbanas de Manaus;	41
Fig. 23: O lixo e o meio ambiente;	44

## Índice de Tabelas

Tabela 01: Sociedade e Consumo energético	03
Tabela 02: Dados comparativos entre fontes energéticas	04
Tabela 03: Dados comparativos entre as fontes energéticas atuais e utilizações	11
Tabela 04: Principais hidrelétricas brasileiras	15
Tabela 05: Produção de energia elétrica com base em eólica no mundo	32
Tabela 06: Usinas eólicas no Brasil	35

## **Apresentação:**

O presente estudo consiste no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), requisito para a conclusão do curso de Engenharia Elétrica e conseguinte obtenção do grau de Engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

A consciência da necessidade da preservação ambiental, adquirida na última década, leva a que seja dada ênfase ao estabelecimento do processo de desenvolvimento, com base sustentável, dos aproveitamentos dos recursos naturais.

Serão observadas as mudanças ocorridas em relação à atenção dispensada pelos projetistas para com os impactos ambientais adversos, na área de influência direta, indireta e quais são os posicionamentos assumidos com relação à recuperação ou recomposição ambiental dos recursos naturais atingidos pela obra.

Inicialmente são abordados alguns aspectos sobre o desenvolvimento sustentável, a evolução do consumo de energia e o consumo relacionado com o grau de desenvolvimento de cada sociedade. Serão estudados, também, as várias formas de energia primaria, com ênfase nas formas passíveis de conversão para energia elétrica e como cada uma destas formas impacta o meio ambiente. Analizar-se-á também o impacto na transmissão desta energia e os custos ao meio ambiente do seu uso. Adicionalmente, são apresentadas algumas medidas compensatórias ou mitigadoras para cada situação.

## **1 – Introdução:**

### **1.1. O que é energia**

Qualquer atividade que resulte numa mudança de um estado inicial de um objeto requer energia. Esse estado inicial pode ser a localização do objeto no espaço ou até a própria forma íntegra do objeto. Quando há essa mudança de estado inicial, realiza-se Trabalho. Portanto, classicamente, energia é definida como a capacidade de realização de trabalho. Realiza-se trabalho toda vez que uma força gera movimento. A energia está envolvida em todos os processos de mudança de estado de um corpo, tomando, por exemplos, desde as folhas de uma árvore, que são arrancadas pelo vento, até a subida de um foguete ao espaço.

### **1.2. Tipos de energia.**

Os tipos de energia podem ser muito variados e muitos destes diferentes tipos podem ser transformados: por exemplo, a combustão da gasolina é um processo químico que produz uma quantidade de energia. Esta energia pode ser transformada em movimento, como é o caso dos automóveis. Ou seja, através de um processo químico, pode-se obter uma energia de caráter mecânico, através da utilização de máquinas. Qualquer tipo de energia pode ser transformado em uma terceira forma energética: a energia elétrica, fornecida por uma corrente elétrica, produzida pelo deslocamento de elétrons de um átomo para outro, pode ser empregada para o funcionamento de qualquer aparelho que se alimente de eletricidade, como eletrodomésticos, brinquedos e alguns tipos de motores; a energia química é contida num átomo ou em uma molécula, sendo esta energia produzida por reações químicas e armazenada em combustíveis e alimentos; a energia radioativa consiste em raios, ondas e partículas, especialmente a radiação eletromagnética, em que se inclui a radiação infravermelha, a radiação ultravioleta, os raios-X, os raios gama e os raios cósmicos; a energia nuclear utiliza a energia armazenada no núcleo atômico; a energia mecânica é a energia responsável pela geração de movimento dos objetos, sendo incluídas nesta modalidade as chamadas de energia cinética e energia potencial; a energia térmica é gerada pelo movimento dos átomos nas substâncias.



## 2 – Energia e Sociedade

Por milhares de anos a humanidade sobreviveu com base no trabalho braçal e animal. As primeiras formas de aproveitamento de energia a partir de equipamentos inanimados, como rodas hidráulicas e moinhos de vento, significaram um importante incremento quantitativo do regime de trabalho – ou potência, mas o salto qualitativo só se produziu a partir dos séculos XVII e XVIII. Para termos uma idéia do crescimento do consumo energético deste período, o número de rodas-d'água saltou de cerca de 300.000 do final do séc. XVI para cerca de 750.000 no início do séc.XIX, um crescimento de 250%, contra um crescimento populacional de cerca de 100%. Uma idéia do crescimento da matriz energética da época pode ser estipulada pelos valores da Tabela 02.

Podemos acompanhar o desenvolvimento da sociedade humana e seu grau de consumo energético a partir da Tabela 01:

Tabela 01: Sociedade e Consumo de Energia

PERÍODO		CONSUMO ENERGÉTICO (kCal/homem/dia)	PRINCIPAIS FONTES ENERGÉTICAS	BASE TECNOLÓGICA
<b>Comuna Primitiva:</b>	Homem coletor (1.000.000AC)	2.000 a 2.500	Alimento	Nenhuma
	Homem Caçador (100.000AC)	5.000	Alimento e Lenha	Fogueira, Fogão de três pedras
Escravidão (5.000 AC)		12.000	Lenha, Energia Humana (na forma de escravos), Eólica (navegações), Tração Animal, Carvão Vegetal	Fogueira, Fogão e Forno
Feudalismo (1.200 DC)		26.000	Lenha, Tração Animal, Carvão Vegetal, Eólica, Hidráulica	Moinhos, Queda d'água, Forno para obtenção de carvão vegetal.
Revolução Industrial – Capitalismo (séc.XIX)		77.000	Lenha, Carvão Mineral, Eólica, Carvão Vegetal, Tração Animal, Gás para iluminação.	Tear a tração animal, Motor a Combustão, Motor Elétrico
Homem Tecnológico (séc XX)		230.000	Petróleo	

(Tabela elaborada com base nas notas de aula do Prof. Leimar Oliveira na disciplina de Geração de Energia – UFCG)

Observe a magnitude de algumas "fontes energéticas" (realizadores de trabalho) bastante comuns:

Tabela 02: Dados comparativos entre fontes energéticas.

	POTÊNCIA	OBSERVAÇÕES
Homem	80 W	Até 300 W durante períodos.
Burro	180 W	
Mula	370 W	
Boi	500 W	
Cavalo	750 W	
Moinho de água	1,5 – 1,8 kW	Roda com diâmetro superior a 5m.
Moinho de vento	1,5 – 6,0 kW	Moinho de vento típico.
Máquina a vapor	5,2 – 7,5 kW	Tipo estacionário antigo.
Automóvel de 1000cc	45 – 60 kW	
Turbina a vapor	Até 100 MW	

O impacto ambiental gerado durante a obtenção de energia vem sendo discutido mundialmente, mediante a conscientização da gravidade da questão.

A busca da sustentabilidade requer planejamento e inserção de novas fontes de energia, que sejam renováveis e impactem o mínimo possível no meio ambiente.

Segundo Sérgio Bajay em entrevista a revista T&C Amazônia “Através de um Planejamento Integrado de Recursos (PIR) é possível buscar boas soluções de compromisso entre os atributos econômicos, ambientais e sociais dos projetos, incluindo fontes renováveis de energia, conforme bem evidenciam as experiências americana e canadense na segunda metade dos anos 80 e primeira metade dos anos 90. (...) O maior empecilho à geração de energia elétrica através de fontes renováveis alternativas, em qualquer parte do mundo, é o seu elevado custo unitário de geração, vis-a-vis as opções tradicionais. Logo, o desafio do planejamento energético é encontrar os “nichos” de mercado em que cada tipo de tecnologia é mais competitiva”. Desta forma a sustentabilidade abrange várias dimensões: política, social, técnico-econômica e ambiental.

“Os níveis de suprimento energético e a sua infra-estrutura interagem biunivocamente com o desenvolvimento sócio-econômico, e conseqüentemente impactam o meio ambiente e portanto a sua sustentabilidade” (Ianote & Udaeta apud Udaeta, 1997). A possibilidade de desenvolvimento sustentável no setor energético é, portanto, dinâmica (por ser afetada por questões sócio-econômicas, recursos e fontes, e meio ambiente), e implica em respostas das dimensões social, econômica, política e ambiental.

Ainda segundo Udaeta em Ianote & Udaeta, os seguintes aspectos poderiam ser identificados numa política energética baseada no desenvolvimento sustentável:

- Garantia de suprimento, através da diversificação das fontes, novas tecnologias e descentralização da produção de energia;
- Uso, adaptação e desenvolvimento racional de recursos;
- Custo mínimo da energia;
- Valor agregado a partir dos usos, gerados pela e na otimização dos recursos;

Custos reais na energia, contemplando impactos ambientais e sociais, devido a represamento, extração, produção, transmissão e distribuição, armazenamento, e uso das energias negociadas no mercado, inclusive definindo métodos específicos de internalização (das externalidades).

Os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia interferem enormemente no desenvolvimento sustentável, e o entendimento deles se faz primordial para a análise de implementação de projetos e planejamentos energéticos.

O Planejamento de Recursos Integrados (PIR) se insere nesse contexto como sendo uma ferramenta poderosa para a mitigação de impactos ambientais. Entretanto, antes de discutir o papel

do Planejamento de Recursos Integrados no setor energético em relação aos impactos ambientais, faz-se necessário apresentar algumas formas de obtenção de energia renováveis e não renováveis, focando em seus impactos ambientais.

Várias são as fontes para obtenção de energia elétrica, entre elas as hidrelétricas, carvão, petróleo, fissão, biomassa, solar, eólica, geotérmica, fusão, hidrogênio, ondas, térmica das marés, marés, óleos vegetais, álcool, gás natural.

### 3 – O impacto ambiental e a sociedade

“O desenvolvimento sócio-econômico é desejável pela sociedade e a produção de energia elétrica é um requisito crucial para esse desenvolvimento”<sup>(1)</sup>. Uma visão de proteção ambiental como necessidade de incorporação ao processo de desenvolvimento econômico do uso racional da natureza, em benefício do bem-estar e do desenvolvimento da própria continuidade, é relativamente nova no Brasil. O caráter novo e essencialmente interdisciplinar dessa questão requer um tratamento que incorpore à abordagem ecológica as abordagens econômicas, tecnológicas, culturais e outras. Há de se contemplar, enfim, todos os aspectos da atividade humana em seu relacionamento com a base natural que a sustenta.

O processo de utilização da natureza foi iniciado com os ciclos econômicos que ocorreram e continuam ocorrendo nas diversas regiões do País. Notadamente os ciclos extrativistas – madeiras, minerais, etc., - agrediram sobremaneira a natureza. Os períodos posteriores de industrialização e grandes projetos como os hidrelétricos, por exemplo, já apresentam outras formas de poluição e agressão ao meio ambiente.

Uma das formas de modificação do ambiente, através da construção de usinas hidrelétricas, implica na destruição, parcial ou total, de um habitat originando um novo ambiente, causando alterações nas condições da água, solo e paisagem, como conseqüências para flora e a fauna.

Qualquer tipo de alteração humana provocada no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade é considerado impacto ambiental. Estudar os impactos ambientais implica em avaliar as conseqüências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade do ambiente onde as mesmas serão executadas. O estudo para avaliação do impacto ambiental permite compreender as formas de proteção e preservação do meio ambiente e o crescimento e desenvolvimento econômico.

A preocupação com o desenvolvimento sustentável introduziu uma nova tônica aos projetos salientando o cumprimento da legislação em vigor a partir de 23 de janeiro de 1986 com a resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que inclui em seu artigo segundo, inciso VII, a submissão à aprovação do RIMA (Relatório de Impactos Ambientais) por órgão estadual competente, estruturas como obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como barragens para as mais diversas finalidades.

Segundo o inciso III do artigo primeiro da Resolução CONAMA nº237/97, “*Estudos Ambientais: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentando como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco*”.

No Brasil, a avaliação de impacto ambiental (AIA) foi regulamentada através da Resolução CONAMA nº001/86, estabelecendo obrigatoriedade da elaboração e apresentação de EIA/RIMA para licenciamento de empreendimentos que possam modificar o meio ambiente.

---

<sup>1</sup> - ALHO, C. J. R. *et al. Fauna Silvestre da região do rio Manso, MT*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Edições IBAMA; Centrais Elétricas do Norte do Brasil, 2000.

---

O EIA/RIMA denominados respectivamente, Estudo de Impactos Ambientais e Relatório de Impacto Ambiental, são aplicados aos empreendimentos e atividades impactantes citadas no segundo artigo da Resolução CONAMA n°001/86, como por exemplo, usinas de geração de eletricidade com fonte de energia primária acima de 10 MW.

O EIA refere-se ao estudo detalhado dos impactos ambientais associados a um determinado empreendimento. Propõe-se a desenvolver uma compreensão daquilo que está sendo proposto, o que será feito e o tipo de material a ser utilizado; a desenvolver uma compreensão total do ambiente afetado; prever possíveis impactos ao ambiente e quantificar as mudanças; e divulgar os resultados do estudo para que possam ser utilizados no processo de tomada de decisão. O EIA também deve atender à legislação expressa na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, que são:

- a) Observar as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, levando em conta a hipótese de não execução do mesmo;
- b) Identificar e avaliar os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação das atividades;
- c) Definir os limites da área geográfica direta ou indiretamente afetada pelos impactos (área de influência), considerando principalmente a “bacia hidrográfica” na qual se localiza;
- d) Considerar planos e programa do Governo com jurisdição sobre a área onde será implementada a atividade.

O RIMA é o relatório que reflete todas as conclusões apresentadas no EIA. Sua elaboração deve ser objetiva e de fácil compreensão, incluindo recursos de comunicação visual referentes ao projeto (mapas, quadros, planilhas, gráficos, etc.). Toda e qualquer atividade que, de alguma forma, possa afetar negativamente o equilíbrio ambiental, terá que ser prévia e cuidadosamente analisada, através do procedimento denominado Licenciamento Ambiental. Este tem o objetivo de constatar e dimensionar todos os impactos, além de estudar as formas de redução, eliminação ou compensação.

O Licenciamento Ambiental é um procedimento complexo, dotado de várias etapas. Inicia-se com o requerimento de licença perante o órgão ambiental competente, passando posteriormente, pela fase de elaboração de estudos ambientais e de outorga das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO).

A Licença Prévia constitui a primeira fase do licenciamento ambiental, devendo ser requerida na etapa preliminar de planejamento do empreendimento. A Licenças Prévia é concedida mediante a análise da localização e concepção do empreendimento; a apreciação dos requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases da implantação do projeto; e a observação dos planos municipais, estaduais ou federais para a área de abrangência do empreendimento.

A Licença de Instalação é concedida mediante a análise e aprovação dos projetos executivos e de controle de poluição. Esta licença permite a instalação e/ou ampliação do empreendimento.

A Licença de Operação autoriza a operação do empreendimento e/ou realização da atividade impactante. É concedida após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores.

As atividades técnicas relacionadas aos estudos de impactos ambientais abrangem vários campos do conhecimento humano. Para ser devidamente realizada, a avaliação ambiental requer a utilização de uma equipe multi e interdisciplinar. Esta equipe deve ser constituída por profissionais devidamente habilitados, vinculados a empresa de consultoria responsável pela realização dos estudos. Esta equipe será responsável tecnicamente pelas informações apresentadas. Cada analista tende a focar o quadro típico de sua especialidade, oferecendo ao grupo os fatores e relações condicionantes de transformação ambiental a ser avaliada segundo a ótica específica. Quando o processo de licenciamento encontrar-se em curso, poderão ser realizadas audiências públicas, com a finalidade de expor e dirimir dúvidas relacionadas ao processo em análise. Estas poderão ser solicitadas pelo órgão licenciador, por entidade civil, pelo Ministério Público ou por cinquenta ou mais cidadãos.

A consequência mais preocupante do impacto ambiental é a perda da biodiversidade nos níveis de espécies, ambientes e genéticos e cujo alcance extrapola os limites do reservatório. Essa consequência pode ser mitigada e deve ser prioritária na atuação do setor elétrico.

#### **4 – Planejamento Integrado de Recursos (PIR) e Impactos Ambientais**

O Planejamento Integrado de Recursos (PIR) pode ser entendido como o processo que efetua o exame de todas as opções possíveis para solucionar o problema energético (incluindo a utilização de novos recursos), selecionando as melhores alternativas para garantir a sustentabilidade sócio-econômica, com a diminuição de custos, de impactos ambientais e sociais. É um planejamento baseado em elementos analíticos, considerando as dimensões social, política, técnico-econômica e ambiental. Passando a ser parte do desenvolvimento em todos os seus aspectos. Isso identifica o PIR como mais um instrumento no estabelecimento do desenvolvimento sustentável.

O PIR inclui análises das características da região, identificando quais os recursos energéticos disponíveis, levantamento de dados de oferta e demanda, levantamento das características e interesses de envolvidos e interessados (En-In), análise de custo completo (ACC) considerando inclusive os custos relacionados a impactos ambientais, econômicos e sociais, analisa possíveis estratégias de Gerenciamento do Lado Demanda para uma utilização otimizada da energia, trabalha o tratamento de incertezas através de simulações de cenários e iterações temporais, atribuindo pesos aos componentes do planejamento para a criação de um plano preferencial. (*Udaeta & Inatomi*)

Segundo o relatório “Sustentabilidade da UGE Carioba II à Luz do PIR” preparado pela USP em 2001 são informações integradas no PIR:

- Recursos de *Oferta e Demanda*;
- Aspectos *Sociais, Ambientais e Econômicos* na avaliação de tais recursos;
- A relação destes aspectos com a *geografia* e com o *tempo*: as características regionais influenciam a maneira como os aspectos sociais, ambientais e econômicos se relacionam e a questão temporal define como essas relações evoluem no período de planejamento;
- Todos os En-In: moradores, ONGs, empreendedor, investidor, indústria, comércio, consumidores etc.

Ainda segundo o relatório citado anteriormente no contexto da Integração de Recursos são considerados:

- A elaboração das carteiras de recursos para cada opção de oferta e demanda através da ACC (Análise de Custo Completo), contempla todos os recursos de que se dispõe para atendimento das necessidades da região de estudo;
- A Integração dos recursos de oferta e demanda, onde recursos de suprimento e demanda são avaliados em condição de igualdade;
- A ordenação destes recursos;
- A elaboração de um plano preferencial, indicando os recursos elencados e classificados na etapa anterior são alocados ao longo do tempo.

As carteiras de recursos referem-se à avaliação de todos os recursos de Oferta e Demanda, compondo um mix de recursos que satisfaça as funções objetivo dos Interessados-Envolvidos.

O PIR incorpora não só os custos financeiros, mas também os custos ambientais de implantação de um projeto, incluindo Gerenciamento do Lado do Meio Ambiente (GLM) e Avaliação de Custos Completos (ACC). O GLM identificaria os impactos ambientais referentes a cada plano preferencial, identificando as condições de implementação e seus resultados em todas as dimensões.

Segundo o relatório “Sustentabilidade da UGE Carioba II à Luz do PIR” preparado pela USP em 2001 são definidos os custos de controle e de degradação que servem como referência para os custos sócio-ambientais da seguinte forma:

- **Custos de Controle:** São custos incorridos para evitar a ocorrência (total ou parcial) dos impactos sócioambientais de um empreendimento;
- **Custos de Degradação:** São os custos externos provocados pelos impactos sócio-ambientais de um empreendimento quando não há controle, ou pelos impactos ambientais residuais quando da existência de controle, de mitigação e de compensação. O custo de degradação é provavelmente aquele que melhor representa o custo real dos danos ambientais enfrentados pela sociedade e deve, portanto, ser internalizado nos projetos. Esse é, no entanto, o grande desafio, visto que se tem muitas dificuldades em estimar esses custos que são referentes, muitas vezes, a impactos não quantificáveis e que, portanto, não possuem preço de mercado.

Ainda segundo este relatório em certos casos é possível a mitigação ou a compensação dos impactos, resultando também em custos, os quais são definidos a seguir:

- **Custos de Mitigação:** São os custos incorridos nas ações para redução das conseqüências dos impactos sócio-ambientais provocados por um empreendimento.
- **Custos de Compensação:** São os custos incorridos nas ações que compensam os impactos sócio-ambientais provocados por um empreendimento nas situações em que a reparação é impossível.
- **Custos de Monitoramento:** São os custos incorridos nas ações de acompanhamento e avaliação dos impactos e programas sócio-ambientais.

## **5 – Principais fontes de energia**

Na utilização de uma determinada fonte de energia, é necessário analisar sua viabilidade para tanto, existem dois aspectos que devem ser considerados: A Viabilidade Técnica e a Viabilidade Econômica. A viabilidade técnica vai estudar a forma de se conseguir fazer a transformação, isto é, se é possível ou não a obtenção de energia a partir daquela fonte. A viabilidade econômica vai tentar produzir a energia nos patamares de preços em que são comercializadas as energias de fontes habituais.

**Tabela 03: Dados comparativos das principais Fontes Energéticas Atuais.  
(Baseado na tabela elaborada por Roberto Massaru)**

	TIPO DE USO	TIPO DE ENERGIA	COMO É OBTIDA	DESVANTAGENS	VANTAGENS
1	Fornos, Caldeiras e Água Quente	Energia Térmica	Queima de derivados de Petróleo	Polui o ar com fuligem preta e CO <sub>2</sub>	
			Queima de Carvão Mineral	Polui o ar com CO <sub>2</sub> e produz muita fuligem preta e deixa muitas cinzas que vão poluir os rios.	
			Queima de Carvão Vegetal	Acaba com as florestas, polui o ar com CO <sub>2</sub> e produz muita fuligem preta	
			Queima de Lenha	Acaba com as florestas, polui o ar com fuligem preta e CO <sub>2</sub>	É barato
			Queima de Gás (GLP)	Polui o ar com CO <sub>2</sub> provoca efeito estufa.	
			Queima de Gás Natural	Polui o ar com CO <sub>2</sub> provoca efeito estufa	
			Resistência Elétrica e Bobinas de Indução	Poluição e altos gastos de energia durante o processo de fabricação.	Não polui o meio ambiente
			Queima do Bagaço de Cana	Polui o ar com CO <sub>2</sub> provoca efeito estufa.	
			Aquecimento Solar (serpentinhas)	Não polui o meio ambiente	Caro, rendimento baixo e só funciona de dia e sem nuvens.

2	Residências, Comércio, Indústrias, Iluminação Pública, Trens de Carga, Trens de Metrô	Energia Elétrica	Usina Térmica	Polui muito o ar com CO <sub>2</sub> . Contribui com o efeito estufa	Constrói-se em pouco tempo
			Usina Nuclear	Custo elevado, polui o solo e apresenta risco de contaminação ambiental por radiação nuclear.	
			Usina Hidráulica	Durante sua vida útil não polui o meio ambiente com CO <sub>2</sub> e baixíssimo custo de produção	Demora a ser construída e impactos ambientais durante a instalação.
			Energia Solar (células fotoelétricas)	Custo elevado, só funciona durante o dia, poluição durante o processo fabril.	Não polui o meio ambiente
			Energia dos Ventos (eólica)	Custo elevado, só funciona quando tem vento	Não polui o meio ambiente
			Energia das Marés (Usina Maremotriz)	Baixa capacidade e só funciona onde há maré forte	Não polui o meio ambiente
			Queima do Bagaço de Cana e outras biomassas	Polui muito o ar com CO <sub>2</sub> . Contribui com o efeito estufa e não se sabe o que fazer com tanta cinza.	
			Lixo (gás metano)	Baixo poder Calorífico, polui o meio ambiente, e aumenta o efeito estufa.	
3	Automóveis, Veículos Rodoviários e Motores Estacionários de Combustão Interna (Geradores).	Energia Química	Gasolina	Fonte Esgotável, polui o ar com CO <sub>2</sub> .	
			Óleo Diesel	Fonte Esgotável, polui o ar com CO <sub>2</sub> .	
			Álcool de Cana	Ocupação de grandes áreas e desgaste do solo com monocultura, uso de defensivos agrícolas.	Fonte Renovável, polui pouco o ar
			Álcool de Madeira		Fonte Renovável, polui pouco o ar
			Gás GLP	Fonte esgotável. Ainda polui o meio ambiente	
			Gás Natural	Poucos locais para abastecimento e processo muito lento de carga	Temos em abundância no Brasil
		Energia Elétrica	Através de células fotoelétricas ou fotovoltaicas	Caro e de autonomia limitada	Nenhum tipo de poluição, inclusive sonora

## 6 – OBTENÇÃO DE ENERGIA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

### 6.1 – A Energia Hidráulica:

A energia hidráulica foi uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico. Entre as características energéticas mais importantes estão as disponibilidade dos recursos, a facilidade do aproveitamento e seu caráter renovável.

As usinas hidrelétricas suprem cerca de 5% da energia e 10% do consumo total de eletricidade do globo. Essa forma de energia passou a ser utilizada na Europa a partir de 1960. Mas foi após a segunda guerra mundial que a energia hidrelétrica ganhou real importância, com a construção de um número cada vez maior de usinas que produzem eletricidade pela utilização das águas correntes.

A obtenção de energia hidrelétrica depende da existência de rios caudalosos e de planalto, que são os que possuem maior quantidade de quedas-d'água. Por esse motivo, são poucos os países que possuem grande potencial hidrelétrico. Esses países apresentam enormes territórios e grande quantidade de rios, são a Rússia, o Canadá, os EUA e o Brasil.

No Brasil cerca de 33% da energia total e de mais de 90% da energia elétrica consumida no país são gerados em hidroelétricas. Mas o Brasil é um caso a parte neste aspecto, pois possui um território com riquíssimo potencial hidráulico.

O custo de produção do quilowatt é o menor do que todas as outras formas de produção de energia elétrica. A razão é muito simples: a matéria prima é a água que cai de graça do céu.

A energia hidrelétrica, porém, não tem um grande futuro, uma vez que necessita de rios caudalosos e com quedas d'água, o que poucos países tem em boas quantidades. Ela deveria continuar a ser uma das fontes de energia do séc. XXI, especialmente nestes poucos países mencionados, mas sem se comparar com os investimentos e as prováveis evoluções que deveriam ocorrer em outras fontes mais "limpas" principalmente as biológicas.

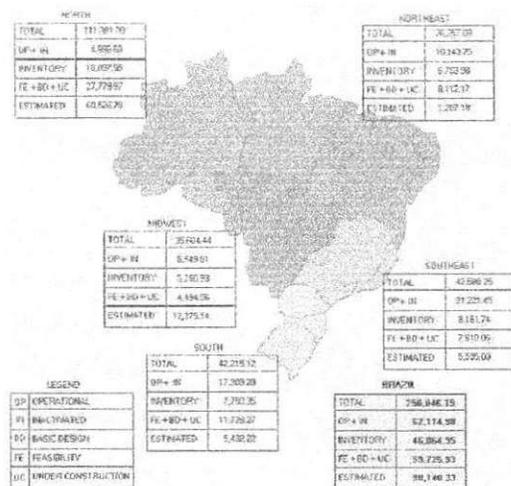


Fig. 0 2 Potencial Hidroelétrico Brasileiro por Região (foto ELETROBRAS - 1999)

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG  
TCC – Everton Pereira Arruda Ramalho  
Orientador Dr. Professor Benedito Antonio Luciano

**Tabela 04: Principais hidrelétricas brasileiras (Fonte: Atlas digital da energia brasileira)**

Nome	Capacidade (MW)	Operadora	Localização	Nome	Capacidade (MW)	Operadora	Localização
Açu	1.370	Saneamento Centrais Hidrelétricas S/A	Carajás - PA	Alto	1.000	Alto Investimentos S/A	Paraná
Alto Rio Negro	1.400	Alto Investimentos S/A	Paraná	Alto Rio Negro	1.400	Alto Investimentos S/A	Paraná
Alto Rio Negro	800	Centrais Elétricas Paragominas S/A	Alto Rio Negro - MT e s. Rio do Aguiar - GO	Alto Rio Negro	800	Centrais Elétricas Paragominas S/A	Alto Rio Negro
Alto Rio Negro	2.344	Coop. de Energia Elétrica S. Maria de Responsabilidades Ltda.	Berário Novo - SC	Alto Rio Negro	2.344	Coop. de Energia Elétrica S. Maria de Responsabilidades Ltda.	Berário Novo
Alto Rio Negro	3.999	Companhia de Eletricidade do Estado de Bahia	São Desidério - BA	Alto Rio Negro	3.999	Companhia de Eletricidade do Estado de Bahia	São Desidério
Alto Rio Negro	5.000	Companhia Energética de Roraima	São João da Boa Vista - RR	Alto Rio Negro	5.000	Companhia Energética de Roraima	São João da Boa Vista
Alto II	744	Hidrelétrica Alto II Ltda.	Carajás - PA	Alto Rio Negro	744	Hidrelétrica Alto II Ltda.	Carajás
Alto II	1.103	Hidrelétrica Alto II Ltda.	Carajás - PA	Alto Rio Negro	1.103	Hidrelétrica Alto II Ltda.	São João I
Amenim	1.800	Companhia Siderúrgica de Belo-Mineira	Antônio Dias - MG	Amenim	1.800	Companhia Siderúrgica de Belo-Mineira	Piracicaba
Anil	2.330	Companhia Energética de Minas Gerais	Santana do Jacaré - MG	Anil	2.330	Companhia Energética de Minas Gerais	Jacaré
Aryna Maria	1.560	CAT-LED Energia S/A	Santos Dumont - MG	Aryna Maria	1.560	CAT-LED Energia S/A	Pinho
Araras	4.830	Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	Poços de Caldas - MG	Araras	4.830	Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	Poços de Caldas
Aparecida	350	Espirão Santa Central Elétrica S/A	Muniz - ES	Aparecida	350	Espirão Santa Central Elétrica S/A	Muniz do Sul
Apucarana	1.520	Associação de Produtores Rurais do Vale do Cedro	Luzes do Rio Verde - MT	Apucarana	1.520	Associação de Produtores Rurais do Vale do Cedro	Cedro
Apucarantina	3.550	Copa! Geração S/A	Tamarana - PI	Apucarantina	3.550	Copa! Geração S/A	Apucarantina
Araras	4.800	Companhia Hidrelétrica de São Francisco	Varzea - GE	Araras	4.800	Companhia Hidrelétrica de São Francisco	Araçá
Arquandá	800	Centrais Elétricas Mateogrossenses S/A	Arquandá - MT	Arquandá	800	Centrais Elétricas Mateogrossenses S/A	Arquandá
Avená	1.700	Mickell, Mann & Cia. Ltda.	Itajaí - RS	Avená	1.700	Mickell, Mann & Cia. Ltda.	Lajeado
B	940	Mineração Morro Velho Ltda.	Nova Lima - MG	B	940	Mineração Morro Velho Ltda.	Cachão do Mato
Bragança	480	Companhia de Energia Elétrica do Estado de Tocantins	Natividade - TO	Bragança	480	Companhia de Energia Elétrica do Estado de Tocantins	Ponte Alta
Barragem	5.200	Bombora Papel e Embalagens S/A	Candói - PI	Barragem	5.200	Bombora Papel e Embalagens S/A	Jardim
Barão	1.320	Companhia de Nickel do Brasil	Liberdade - MG	Barão	1.320	Companhia de Nickel do Brasil	Friburgo do Barão
Batalista	2.704	Aranyer Eletricidade Ltda.	Pilar do Sul - SP	Batalista	2.704	Aranyer Eletricidade Ltda.	Itaipu
Batista	1.000	Companhia Industrial Itaipavense	Itaipu - MG	Batista	1.000	Companhia Industrial Itaipavense	São João
Benedito Maria Baptista	5.000	CAT-LED Energia S/A	Marzagui - MG	Benedito Maria Baptista	5.000	CAT-LED Energia S/A	Marzagui
Bicas	1.560	Companhia Minas da Passagem	Marana - MG	Bicas	1.560	Companhia Minas da Passagem	Guaxupé do Norte
Bom Jesus do Galvão	1.130	Companhia Brasileira de Papel	Turvo - PI	Bom Jesus do Galvão	1.130	Companhia Brasileira de Papel	Maremas
Bom Jesus do Galvão	360	Companhia Energética de Minas Gerais	Bom Jesus do Galvão - MG	Bom Jesus do Galvão	360	Companhia Energética de Minas Gerais	Sacramento
Bonfim (José Togni)	720	Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	Poços de Caldas - MG	Bonfim (José Togni)	720	Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	Rio das Antas
Boyas	1.120	Companhia Industrial e Agrícola Boyas	Piracicaba - SP	Boyas	1.120	Companhia Industrial e Agrícola Boyas	Piracicaba
Braco Norte	5.180	Centrais Elétricas Mateogrossenses S/A	Guarará do Norte - MT	Braco Norte	5.180	Centrais Elétricas Mateogrossenses S/A	Braco Norte
Braco Norte II	10.732	Eletricidade de Araguaia S/A	Guarará de Aheia - MT	Braco Norte II	10.732	Eletricidade de Araguaia S/A	Braco Norte
Brigadeiro Veloso III	240	Centro de Provas Brigadeiro Veloso	Novo Progresso - PA	Brigadeiro Veloso III	240	Centro de Provas Brigadeiro Veloso	Braco Norte
Brilho	2.900	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Ponte Nova - MG	Brilho	2.900	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Piranga
Buriti	1.300	Coop. de Energia e Desenvolvimento Rural Entre Rios Ltda.	Independência - RS e Inhacorá - RS	Buriti	1.300	Coop. de Energia e Desenvolvimento Rural Entre Rios Ltda.	Buriti
Buritis	800	CPFL Geração de Energia S/A	Surubal - SP	Buritis	800	CPFL Geração de Energia S/A	Bandeira
Cabá	2.700	Cápsol Indústria e Comércio de Materiais Ltda - Cabá	Vilhena - RO	Cabá	2.700	Cápsol Indústria e Comércio de Materiais Ltda - Cabá	Cabá
Caboclo	4.160	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Duro Preto - MG	Caboclo	4.160	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Maynard
Cachoeira	10.000	Eletrôgeos S/A	Vilhena - RO	Cachoeira	10.000	Eletrôgeos S/A	Água
Cachoeira	2.920	Companhia Brasileira de Papel	Guarapuava - PR	Cachoeira	2.920	Companhia Brasileira de Papel	Pequeno
Cachoeira Alta	302	Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina	Manhumirim - MG	Cachoeira Alta	302	Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina	Jequitibá
Cachoeira Bento Lopes	1.400	Companhia Têxtil de Santanense	Condorço do Pará - MG	Cachoeira Bento Lopes	1.400	Companhia Têxtil de Santanense	Pará
Cachoeira da Onça	800	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	São Gabriel da Palha - ES	Cachoeira da Onça	800	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	São José
Cachoeira do Furado	2.880	Companhia Siderúrgica de Belo-Mineira	Taquarçu de Minas - MG	Cachoeira do Furado	2.880	Companhia Siderúrgica de Belo-Mineira	Taquarçu
Cachoeira do Oito	240	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	Colatina - ES	Cachoeira do Oito	240	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	Piracema
Cachoeira do Rosário	1.600	Companhia Têxtil de Santanense	Pará de Minas - MG	Cachoeira do Rosário	1.600	Companhia Têxtil de Santanense	São João
Cachoeira dos Prazeres	1.800	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Duro Preto - MG	Cachoeira dos Prazeres	1.800	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Maynard
Cachoeira Poço Preto	4.000	Mannig S/A - Cimento e Ferro-Ligas	Barra - SP	Cachoeira Poço Preto	4.000	Mannig S/A - Cimento e Ferro-Ligas	Barra
Cachoeira Velonorte	160	Cachoeira Velonorte S/A	Cachoeira da Prata - MG	Cachoeira Velonorte	160	Cachoeira Velonorte S/A	Piracema dos Mascos
Caetano	986	Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.	Julio de Castilhos e Nova Palma - RS	Caetano	986	Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.	Setúbal



Fig.03 - Usina Hidrelétrica de Itaipu. (Fonte adaptada de MLN & MCG)

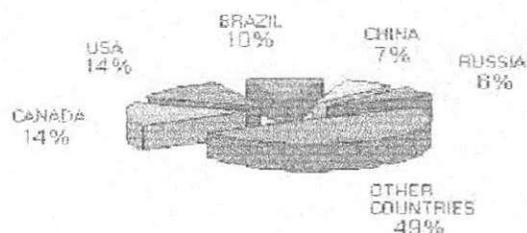


Fig. 04 Geração de Energia Hidroelétrica no Mundo (Fonte: World Energy Council - 1996)

As hidrelétricas, vistas por muitos como uma fonte de “energia limpa”, do ponto de vista ambiental não podem ser consideradas uma ótima solução ecológica.

Elas interferem drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interferem no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana. As inundações das florestas fazem com que a vegetação encoberta entre em decomposição, alterando a biodiversidade e provocando a liberação de metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e pela rarefação da camada de ozônio.

Segundo Udaeta & Inatoni a implantação de hidrelétricas pode gerar os seguintes impactos ambientais:

- Na hidrologia impacta com a alteração do fluxo de corrente, alteração de vazão, alargamento do leito, aumento da profundidade, elevação do nível do lençol freático e geração de pântanos.
- No clima alterando temperatura, umidade relativa, evaporação (aumento em regiões mais secas), precipitação e ventos (formação de rampa extensa).
- Provoca a erosão marginal com perda do solo e árvores, assoreamento e assim provocando a diminuição da vida útil do reservatório, comprometimento de locais de desova de peixes, e perda da função de geração de energia elétrica.
- Na sismologia pode causar pequenos tremores de terra, com a acomodação de placas.
- Na flora provoca perda de biodiversidade, perda de volume útil, eleva concentração de matéria orgânica e conseqüente diminuição do oxigênio, produz gás sulfídrico e metano provocando odores e elevação de carbono na atmosfera, e eutrofiza as águas.
- Na fauna provoca perda da biodiversidade, implica em resgate e realocação de animais, somente animais de grande porte conseguem ser salvos, aves e invertebrados dificilmente são incluídos nos resgates, e provoca migração de peixes.

Ainda segundo Udaeta & Inatoni a abordagem adotada pelo CEPEL para a avaliação dos impactos ambientais estrutura a realidade em seis categorias de análise: ecossistemas aquáticos, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena. Para se avaliar o impacto ambiental sobre uma área é necessário um completo estudo das características do meio, incluindo: a existência de espécies de plantas e animais típicos da região; levantamento de campo a procura de espécie únicas, ainda não descobertas ou raras; estudo de rotas migratórias e reprodutivas de aves e peixes; estudos paleontológicos, arqueológicos e geológicos a procura de sítios ou áreas com reservas minerais.

O conteúdo básico do PCA deverá abordar os seguintes aspectos: medidas corretivas para situações em que haja poluição ou riscos de poluição decorrentes da emissão de ruídos; medidas corretivas para situações em que haja poluição ou riscos de poluição decorrentes da emissão de efluentes líquidos gerados nos diversos setores da empresa; medidas corretivas para situações em que haja poluição ou riscos de poluição decorrentes da emissão de efluentes atmosféricos; medidas corretivas para situações em que haja poluição ou riscos de poluição decorrentes do armazenamento transitório, da disposição final ou do tratamento dado aos resíduos sólidos de origem industrial, face à Deliberação Normativa COPAM/07/81, observadas as Normas Técnicas da ABNT pertinentes.

## 6.2 - Energia Solar

A energia produzida pelo Sol é devida às fusões nucleares que ocorrem em seu interior. A energia então chega a Terra através dos fótons, os quais interagem com a atmosfera, a superfície terrestre e todos os corpos sobre ela. Esta energia que chega a Terra é variável devido à própria distância entre o Sol e a Terra que é variável assim como características de convecção do calor dentro do próprio Sol.

Nas últimas décadas, o excesso de poluição e o aumento de custo de energia convencional, proporcionaram pesquisas visando um melhor aproveitamento da energia solar. Foram desenvolvidas então células especiais para a captação de energia solar. Esta energia tanto pode ser utilizada para o aquecimento de um líquido ou gás, resultando num aumento de pressão e conseqüente realização de trabalho, assim como na transformação direta da radiação solar em energia elétrica através do efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico, apesar de ser um efeito cuja ocorrência se dá a nível atômico e ser estudado apenas em física quântica, é um efeito bastante conhecido por nós e muito utilizado diariamente. O efeito fotoelétrico foi observado pela primeira vez em 1887 por Hertz, e este efeito consiste na capacidade que a luz tem de arrancar elétrons de um metal quando incide nele. Foi com a descoberta deste efeito, que a teoria corpuscular da luz obteve um grande impulso, já que este efeito não conseguia ser explicado se considerássemos que a luz é uma onda. Quando um fóton incide sobre uma superfície metálica, sua energia pode ser totalmente absorvida por um elétron, que eventualmente pode ser ejetado do metal com energia cinética.

Hoje em dia as pesquisas estão basicamente concentradas no desenvolvimento de células fotovoltaicas, as quais transformam diretamente a energia solar em energia elétrica. O efeito fotovoltaico começou a ser pesquisado em 1954 por cientistas da área espacial que buscavam uma forma eficiente de fornecer energia aos equipamentos dos satélites colocados em órbita. Desde então a energia solar fotovoltaica tem se desenvolvido de forma espetacular e se faz cada vez mais presente em regiões aonde a rede elétrica convencional não chega ou não é confiável.

O princípio de funcionamento deste tipo de coletor é simples na essência: Alguns materiais, principalmente o silício cristalino apropriadamente processado, quando expostos à luz geram eletricidade. Em uma placa várias células solares feitas sobre lâminas delgadas de silício cristalino são interconectadas apropriadamente para se obter a tensão e corrente desejadas. Ao ser exposta à luz, a placa irá produzir eletricidade em corrente contínua que pode ser usada diretamente ou armazenada em baterias para uso posterior. A quantidade de energia elétrica produzida será proporcional ao tamanho da placa e à luminosidade existente.

Os coletores de energia solar que são baseados em princípios termodinâmicos se consistem de placas que são expostas à radiação solar e transmitem o calor para um determinado fluido, o qual é então aquecido e pode ser utilizado tanto para aquecimento de ambientes, aquecimento de água, etc. A eficiência deste tipo de coletores está entre 40% e 80%.

Outra forma de aproveitamento da energia solar é através da concentração de seus raios. Quando a energia solar passa através de uma série de lentes de aumento, seu poder de transmissão de calor aumenta muito, pois toda energia se concentra em um ponto muito pequeno. A idéia de utilizar a energia solar para obtenção de altas temperaturas remonta aos tempos antigos. Acreditam alguns historiadores que Arquimedes, incendiou navios romanos, concentrando sobre eles, raios solares refletidos por espelhos planos. Em 1774, Antonie Lavoisier, químico francês, construiu um forno solar com uma lente de 1,5 metros de diâmetro aproximadamente e conseguiu obter a temperatura de 1.700°C.

A Energia Solar apresenta inúmeras vantagens, principalmente em países como o Brasil, onde o Sol é soberano na maioria das regiões:

1. Não gera nenhum tipo de poluição durante seu aproveitamento.
2. Instalação muito simples, não necessitando assistência técnica.
3. Mínima manutenção.
4. Não consome combustível.
5. Permite sua auto-suficiência energética.

A Energia Solar é a solução para levar a eletricidade a locais aonde a rede convencional não chegou ou é fornecida de maneira precária. É cada vez mais utilizada, principalmente no meio rural, para iluminação, TV, telecomunicações, bombeamento de água e eletrificação em geral. A utilização de sistemas descentralizados também evita gastos e efeitos de linhas de transmissão e perdas nas mesmas.

Postos de saúde remotos também se beneficiam com a Energia Solar. Com a utilização de painéis solares é possível abastecer refrigeradores para a conservação de vacinas, prover iluminação e comunicação.

A principal desvantagem desta tecnologia ainda consiste no custo inicial de implantação. Como exemplo podemos citar um quite típico para uma TV à cores de 20" / 110V e antena parabólica funcionando durante **3 horas** por dia é composto de: 2 placas HM-45D12, Suporte de alumínio para placas, 1 inversor de 300W/12VCC/110V ac, 1 regulador de carga 6A/12V, 10 metros de cabo elétrico. PREÇO: R\$ 3.012,00 à vista (Fonte: Heliodinâmica).

O sistema fotovoltaico não emite poluentes durante sua operação e é muito promissor como uma alternativa energética sustentável, entretanto, gera impactos ambientais a serem considerados. O principal impacto ambiental do sistema fotovoltaico é provocado durante sua fabricação, da utilização de acumuladores e baterias que liberam gases tóxicos e inflamáveis, além de exigir um cuidado especial no momento do descarte. Outro impacto importante relacionado à instalação dos painéis fotovoltaicos se dá com relação a área de implantação, com a ocupação do habitat e o impacto visual, mas este problema não chegar a ser crucial para a maioria das aplicações, haja vista da possibilidade de utilização dos telhados e fachadas das edificações.

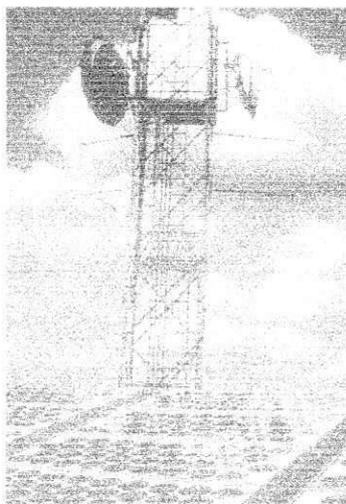


Fig. 05: Estação repetidora da Embratel - 1988 (foto de Heliodinâmica)

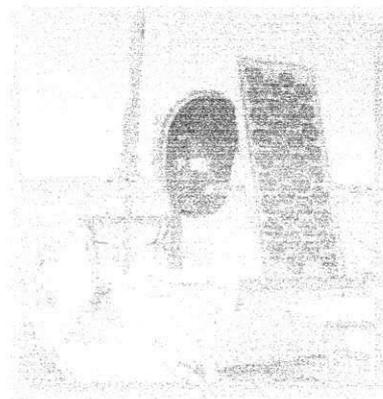


Fig. 06: Telefonia pública móvel: Jangada com orifício em Viçosa (Imagem da Heliodinâmica)

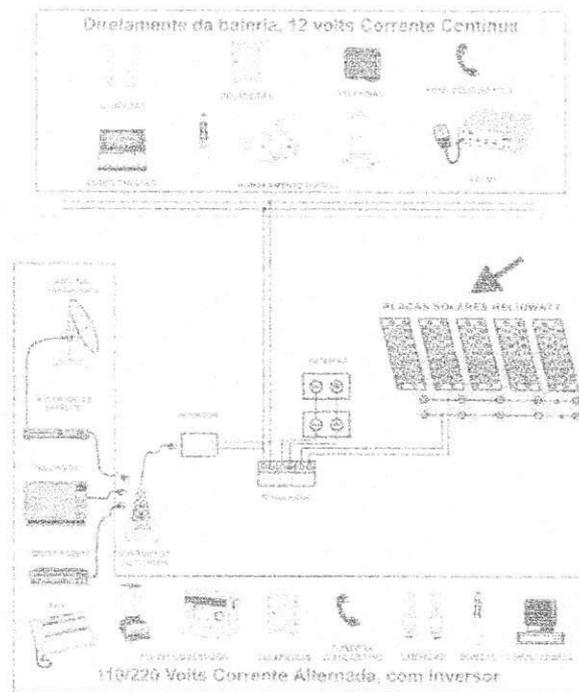


Fig. 07: Esquema de conversão de energia elétrica em solar e sua utilização. (Imagem da Heliodinâmica)

### 6.3 – O Carvão:

O Carvão Mineral ocupa hoje a segunda posição de consumo mundial de energia. A participação destas fontes aumentou de forma significativa a partir das crises do petróleo em 1973, 1979 e 1991, que levaram os países a substituí-los por outras fontes de energia, até pelo fato que estas são fontes de energia não renováveis.

O carvão é bastante utilizado tanto para energia elétrica em usinas termelétricas quanto como matérias-primas para produzir aço nas siderúrgicas. Os altos-fornos dessas indústrias exigem um carvão mineral de alta qualidade, que não possua resíduos: um carvão com alto poder calorífico, com elevada concentração de carbono. Do carvão mineral pode-se obter também o gás de uso doméstico. Existe o carvão vegetal, produzido pelo ser humano na queimada de madeira e de uso bem menos importante, mas é o carvão mineral que possui maior poder calorífico.

Esse recurso natural aparece em terrenos sedimentares, especialmente nos períodos carbonífero e Permiano, da era Paleozóica. Existem diferentes tipos de carvão, alguns de melhor qualidade como fonte de energia e outros de poder calorífico inferior. A turfa é o que possui menor teor de carbono; a seguir vem a linhita, depois a hulha, que é mais abundante e mais consumida no mundo, e por fim o antracito (com 95% de carbono), o mais puro e também o mais raro, representando apenas 5% do consumo.

O carvão mineral foi importantíssimo do séc XVIII ao final do séc XIX, época da 1ª Revolução Industrial. Os países pioneiros no processo de industrialização tem boas reservas carboníferas. Com o desenvolvimento da indústria automobilística, pouco a pouco o carvão foi cedendo espaço ao petróleo como grande fonte de energia mundial. Assim, no final do séc XIX, em 1880, 97% da energia consumida no mundo provinha do carvão, mas 90 anos depois, em 1970, somente 12% desse total provinha desse recurso natural; depois da chamada "crise do petróleo", ocorrida em 1973, a elevação dos preços do óleo fez com que o carvão fosse novamente valorizado, pelo menos em parte, seu consumo voltou a subir um pouco, representando cerca de 26% da energia total consumida no globo em 1999.

A pesar de sua concentração geográfica, o carvão é um combustível relativamente abundante, na realidade, é o mais abundante combustível fóssil do mundo, vem sendo usado pelo menos há 2000 anos. Os chineses queimavam carvão e há indícios de que os romanos da época clássica também o fizeram. Mas, com o advento do petróleo e sua intensa exploração, até 1973, os preços desse combustível eram tão baixos que, em muitos casos, minas de carvão ainda produtivas foram abandonadas, pois não valia a pena realizar explorações em grandes profundidades.

Ele continua a ter um papel importante na matriz energética mundial, mas existem graves restrições ao seu uso por causa do acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera e de outros problemas ambientais que acompanham tanto em sua extração como em sua combustão: minas subterrâneas podem levar a terremotos, resultantes de acomodações de terras superficiais, podem envolver problemas de drenagem e impõe graves ameaças à saúde e a segurança dos mineiros, que enfrentam a morte lenta pela "doença negra" (ocasionada pela vida em minas, onde se respira um ar muito poluído) ou a morte súbita num desmoronamento, a queima do carvão agrava o efeito estufa, pois a sua estrutura molecular é bastante rica em carbono, este é liberado na atmosfera sob a forma de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o grande responsável pela ocorrência da chuva ácida.



Fig. 08: Mina de Carvão Mineral (Fonte: UFPA)



Fig. 09: Carvão Mineral  
(Fonte: [www.binda.net.br](http://www.binda.net.br))



Fig.10: Mineração de Carvão (Fonte: UFRJ)

#### 6.4 – O Petróleo:

Combustível líquido, escuro ou amarelo esverdeado, formado por uma mistura de hidrocarbonetos. Diferencia-se dos carvões devido à ausência de oxigênio e por possuir apenas traços de azoto e enxofre. Etimologicamente, a palavra petróleo significa óleo de pedra, (*petrae* = pedra ou rocha e *oleum* = óleo), sendo também denominado de óleo mineral.

O petróleo é normalmente encontrado no subsolo, em terrenos sedimentares, especialmente os da Era Cenozóica, surgindo normalmente associado com o gás natural. É extraído através de sondagens. Este tipo de matéria-prima apresenta-se embebido em rochas porosas.

Juntos o petróleo e o gás natural, representam mais da metade do consumo mundial de energia.

Os vários tipos de petróleo diferenciam-se do seguinte modo: carbonetos saturados ou parafinados da série de metano; carbonetos nulfênicos pobres em parafina; e carbonetos do tipo benzeno ou aromáticos.

Há dois grupos de teorias para explicar a origem do petróleo: teorias inorgânicas e teorias orgânicas. A constante presença de fósseis animais e vegetais nas jazidas petrolíferas constitui um forte argumento a favor da teoria orgânica.

Os principais países produtores são: CCE, EUA, Arábia Saudita, entre outros.

A pesquisa do petróleo no Brasil teve início com Eugênio Ferreira de Camargo, que nos fins do século XIX, segundo Glycon de Paiva conseguiu em Bofete, no Estado de SP, fazer uma sondagem que atingiu aproximadamente 448 m de profundidade. Contudo, nesse poço jorrou apenas água sulfurosa.

A segunda fase da pesquisa do petróleo iniciou-se em 1918, com a criação da Empresa Paulista de Petróleo.

Seguiram-se diversos estudos e pesquisas na localidade de Lobato (BA), desde 1932, chegando-se a conclusão da existência de petróleo no local em 1935 e 1936. Posteriormente, em 1938, foi encontrado um leito de arenito na profundidade de 214m com forte impregnação de óleo. Mas a data oficial da descoberta do petróleo no Brasil foi o dia 21 de janeiro de 1939.

O petróleo foi e continua sendo, apesar de um relativo declínio nas últimas décadas, um recurso básico para a moderna sociedade industrial. Em 1971, representava cerca de 68% da energia consumida no mundo, mas, em 1999, essa porção já tinha baixado para 40%. Além de fornecer combustível para as usinas termelétricas, constituindo uma fonte de energia elétrica, dele se obtêm vários combustíveis usados na indústria e nos veículos automotores. Constituem ainda matéria-prima importante para inúmeros tipos de indústrias químicas, como a de plásticos, de asfalto, de borracha sintética, de gasolina, de parafina, de vaselina, de querosene, de óleos lubrificantes, de solventes, etc. São as indústrias petroquímicas que refinam o petróleo e também fabricam matérias a partir deles.

Mais de 60% das reservas mundiais de petróleo atualmente conhecidas localizam-se no oriente médio, particularmente na Arábia Saudita, possui 25,6% das reservas mundiais desse óleo.

Quanto ao total das reservas mundiais, conhecidas, em 1995 calculou-se em pouco mais de 1 trilhão de barris, que seria suficiente para o consumo mundial de apenas 30 ou no máximo 40 anos.

O petróleo é uma riqueza natural que existe em quantidade limitada e que um dia se esgotará, seja daqui a 40 ou 50 anos. Alguns grandes produtores e consumidores mundiais de petróleo possuem reservas somente para 10 anos (EUA e Canadá) ou no máximo 18 anos (Rússia e China), desde que mantidos os atuais níveis de exploração.

A Arábia Saudita é que possui as melhores perspectivas, com reservas suficientes para 80 anos nos níveis de exportação atual.

## 6.5 – O Gás Natural

O Gás natural ocupa hoje a terceira posição de consumo mundial de energia, além de ser mais barato que o carvão é facilmente transportado em condutos, apresenta uma queima quase limpa, que polui pouco a atmosfera se comparada à do carvão e à do petróleo. É utilizado em maçaricos, motores a explosão, autos fornos, fogões, etc..

Este é uma mistura gasosa, formada por  $\text{CH}_4$  (de 70% a 99%),  $\text{C}_2\text{H}_6$  (de 0,5% a 7%), outros alcanos (em porcentagens menores),  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  etc. Ocorre em jazidas subterrâneas, misturando ou não com o petróleo. Sendo importante como combustível e como matéria-prima para a indústria petroquímica.

O metano, além de ser o principal componente do gás natural, aparece ainda em minas de carvão, onde se juntando com o ar, da origem a uma mistura explosiva denominada grisú; também ocorre nos pântanos (daí seu nome “gás dos metanos”), produzido pelo apodrecimento de vegetais.

Apesar das vantagens relativas do gás natural, quando comparado ao petróleo e ao carvão mineral, seu aproveitamento energético também gera impactos indesejáveis ao meio ambiente, principalmente na geração de energia elétrica. Um dos maiores problemas é a necessidade de um sistema de resfriamento, cujo fluido refrigerante é normalmente a água. Nesse caso, mais de 90% do uso de água de uma central termelétrica pode ser destinado ao sistema de resfriamento. Embora existam tecnologias de redução da quantidade de água necessária e mitigação de impactos, isso tem sido uma fonte de problemas ambientais, principalmente em relação aos recursos hídricos, em função do volume de água captada, das perdas por evaporação e do despejo de efluentes [Bajay *et al.*, 2000].

Segundo a referida fonte, a demanda média de água de uma central termelétrica operando em ciclo a vapor simples é da ordem de  $94 \text{ m}^3$  por MWh. No caso de ciclos combinados, o valor é de aproximadamente  $40 \text{ m}^3$  por MWh. Esses índices podem variar substancialmente de acordo com a configuração adotada. Em geral, os valores são mais baixos nos sistemas de co-geração.

## »»Termoelétricas

A energia elétrica produzida por termoelétricas é a mais utilizada em todo o mundo, chegando a cercar de 80% do consumo total de energia elétrica. Este fato é devido principalmente aos aspectos econômicos, pois este tipo de usina pode ser construído próximo às áreas de consumo, dispensando a utilização de longas linhas de transmissão e as perdas nela. Além disto, é de instalação mais barata e de construção rápida (em comparação com as demais fontes tidas como tradicionais como as hidroelétricas e nucleares). Podemos destacar ainda que a maioria das termoelétricas utilizam combustíveis fósseis, que é de fácil transporte e armazenagem.

No Brasil, a geração de eletricidade por termoelétricas é muito pequena, apesar dos incentivos a este tipo de instalação durante a crise da eletricidade com base hidráulica. A maior concentração de usinas que utilizam o óleo combustível e o carvão fóssil encontra-se no Sul do país, mas representa apenas 2% do total da energia elétrica consumida no país.

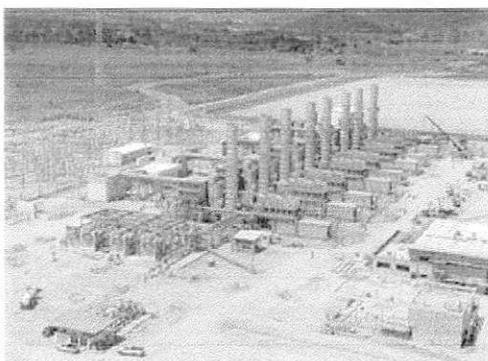
O funcionamento das centrais termoelétricas é semelhante, independentemente do combustível utilizado. O processo básico de funcionamento de uma termoelétrica está baseado na conversão de energia térmica em energia mecânica e desta em energia elétrica. Uma termoelétrica pode utilizar diversas fontes de energia primária para a obtenção de calor, dentre as quais a energia nuclear, o gás natural, o carvão fóssil, os derivados de petróleo e a biomassa. Dependendo do tipo

da fonte utilizada, teremos maiores ou menores impactos provocados por este tipo de gerador. O combustível é armazenado em parques ou depósitos adjacentes, de onde é enviado para a usina, onde será queimado na caldeira, gerando vapor a partir da água. A função do vapor é movimentar as pás de uma turbina.

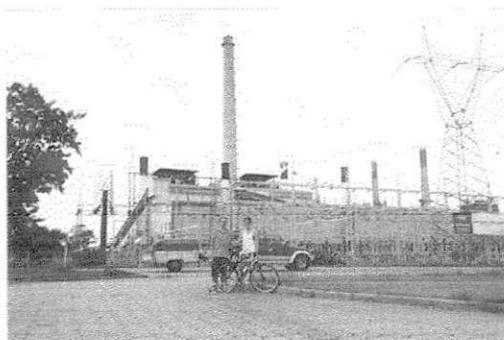
Geralmente as termelétricas são instaladas próximas a rios ou o mar, pois a água em circulação esfria o condensador e expulsa o calor extraído para a atmosfera pelas torres de refrigeração. Parte do calor extraído é devolvido ao curso de água (rio ou mar) provocando a elevação da temperatura da água onde termelétricas são instaladas, pois esta é devolvida mais quente, o que pode comprometer a fauna e a flora da região, além de aumentar também a temperatura média local. A devolução desta água na natureza provoca outros prejuízos, pois esta água é devolvida carregando metais pesados, contaminadas com resíduos de combustível e óleos lubrificantes.

Centrais que utilizam fontes não-renováveis de energia primária são os que causam maiores impactos ambientais, pois, no processo de queima desses combustíveis, grandes quantidades de gases poluidores são lançados à atmosfera. O principal produto da combustão dessas fontes é o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), e óxidos de nitrogênio e de enxofre um dos principais agentes do processo de aquecimento global (efeito estufa) e acarretam chuvas ácidas.

As quantidades de poluentes lançadas na atmosfera vão depender das características próprias de cada usina e do tipo de combustível utilizado. Além de todos os compostos gasosos emitidos por centrais termelétricas, ressalta-se ainda, no caso da utilização do carvão fóssil, a importância negativa das emissões de cinzas carregadas de metais pesados. As cinzas geradas e emitidas pelas termelétricas são espalhadas pela ação dos ventos em uma grande área territorial, precipitando-se sobre solo, rios e lagos, provocando degradações ambientais. Para minimizar os efeitos contaminantes da combustão sobre as redondezas, a central dispõe de uma chaminé de grande altura (algumas chegam a 300 m) e de alguns precipitadores que retêm as cinzas e outros resíduos voláteis da combustão.



**Fig. 11: Termoeletrica**  
(Fonte: Pesquisa Google)



**Fig. 12: Termoeletrica Jorge Lacerda**  
(Fonte: Multicalc)

## 6.6 – A Energia Nuclear:

O uso da radiação para os mais diversos fins tem se intensificado nas últimas décadas, uma vez que esta é uma poderosa fonte de energia. A radiação tem sido utilizada especialmente na medicina, engenharia civil, indústria armamentista e espacial. Reatores nucleares são utilizados nas usinas nucleares para produção de energia elétrica e térmica.

Energia nuclear se refere a energia consumida ou produzida com a modificação da composição de núcleos atômicos. A "revolução" de Einstein torna popular a fórmula física  $E=mc^2$  (energia é igual a massa vezes o quadrado da velocidade da luz). A equivalência entre massa e energia permite explicar a combustão das estrelas e dar ao homem maior conhecimento sobre a matéria. É a expressão teórica das enormes reservas de energia armazenadas no átomo na qual se baseiam os artefatos nucleares.

Os processos que mudam o estado ou composição da matéria são inevitavelmente acompanhados pelo consumo ou produção de energia. Processos comuns como a combustão produzem energia pelo rearranjo químico dos átomos ou moléculas.

A mais conhecida reação nuclear é a fissão, na qual um núcleo pesado se combina com um nêutron e se separa em dois outros, de núcleos mais leves.

O núcleo dos átomos em determinados elementos químicos possuem qualidades características dos chamados elementos radioativos. Tais elementos, em geral, caracterizam-se pela instabilidade de seus núcleos atômicos, que facilita a quebra espontânea destes núcleos. Tal processo de quebra do núcleo dos átomos resulta na liberação, em forma de emissões radioativas, de grande quantidade de energia. Estas emissões radioativas são constituídas pelos chamados raios alfa, beta e gama.

O aproveitamento da grande quantidade de energia liberada pelas reações de fusão e fissão nuclear foi possibilitado pelos estudos da Física Nuclear. Vários avanços tecnológicos foram decorrentes destes estudos: por exemplo a produção de energia elétrica através do aproveitamento da energia liberada por estas reações.

Usinas (elétricas) nucleares aproveitam a enorme energia liberada por reações nucleares para a produção de energia em alta escala. Em uma moderna usina de carvão, a combustão de uma libra (453,59g) de carvão produz 1 quilowatt hora (kWh) de energia elétrica. A fissão de uma libra de urânio em uma moderna usina nuclear produz cerca de 3 milhões de kWh de energia elétrica. É a incrível densidade da energia (energia por unidade de massa) que faz das fontes de energia nuclear tão interessantes. No presente, apenas o processo de fissão é utilizado na produção comercial de energia (geralmente para produzir eletricidade). As pesquisas sobre a fusão ainda não produziram uma tecnologia de produção de energia factível (praticável).

Outra importante reação nuclear é a fusão, na qual dois elementos leves se combinam para formar um átomo mais pesado. A fusão nuclear é um processo de produção de energia a partir do núcleo de um átomo. Este fenômeno ocorre naturalmente no interior do Sol e das estrelas. Núcleos leves como o do hidrogênio e seus isótopos, o deutério e o trítio, se fundem e criam elementos de um núcleo mais pesado, como o hélio.

A fusão nuclear consiste na produção de energia realizada através da reunião de núcleos de átomos, processo este que gera a formação de átomos maiores. Quando o deutério e o trítio (dois isótopos do hidrogênio) colidem entre si, ocorre a fusão nuclear. A nova combinação formada entre estes isótopos produz energia através da liberação de um nêutron. Também é produzido um átomo de hélio maior que os átomos comuns que formam este elemento.

Na Fissão Nuclear a divisão do núcleo do átomo que é a responsável pela liberação de grande quantidade de energia térmica. Tal reação é obtida através do bombardeamento do núcleo de um átomo por um nêutron. Isto causa grande instabilidade no núcleo do átomo, acarretando em sua divisão. A grande energia que mantém a própria integridade do núcleo atômico é liberada em forma de energia térmica. Com a divisão do núcleo, dois nêutrons adicionais são produzidos e arremessados em direção a outros átomos, bombardeando seus núcleos e podendo gerar reações sucessivas, em cadeia contínua.

A energia elétrica produzida pelas atuais usinas nucleares é baseada na fissão nuclear. Para isso elas têm como matéria prima o urânio ou tório, dois minérios altamente radioativos.

Quando os átomos de urânio ou tório são bombardeados por nêutrons seus núcleos fragmentam-se liberando enormes quantidades de energia. Os nêutrons dos átomos fragmentados vão bombardear outros átomos que também se quebram, e assim sucessivamente numa reação em cadeia.

Nas usinas atômicas, a fissão nuclear é provocada sob controle no reator atômico, o elemento fundamental desse tipo de usina. A energia liberada na fissão produz calor que vai aquecer certa quantidade de água, transformando-a em vapor, a pressão do vapor faz girar uma turbina que aciona um gerador; este converte a energia mecânica proveniente da turbina em energia elétrica.

Existem atualmente 440 usinas nucleares operando em 31 países. Os países onde a energia elétrica gerada em usinas nucleares ocupa melhor posição são a Lituânia (80% do consumo total de energia elétrica), a França (78%), a Bélgica (60%), a Eslováquia (55%) e a Bulgária (47%), a Suécia (52,4%), a Suíça (44,5%) e a Alemanha (30,3%). No entanto, o maior desenvolvimento dessa tecnologia e o maior número de usinas construídas encontra-se nos EUA, no Japão, na Rússia, na Alemanha, na França e no Reino Unido.

Um problema que se apresenta em relação as atuais usinas nucleares é que elas possuem, em média, uma duração de apenas 25 anos. Assim, considerando os elevados custos de sua instalação e a pequena quantidade de energia que produzem nestes 25 anos (em comparação com as hidroelétricas e termoelétricas), pode-se questionar se elas são de fato uma boa alternativa energética para a futura falta de petróleo e de carvão. Outro Problema desta fonte é devida a poluição radioativa que ocorre quando há o aumento dos níveis naturais de radiação através da utilização de substâncias radioativas naturais ou artificiais. Experiências com ogivas atômicas, realizadas há vários anos, geram grande quantidade de resíduos radioativos, os quais são transportados para a atmosfera e espalham-se pela superfície do planeta, no ar, água e solo, aumentando a radioatividade natural. Explosões nucleares experimentais como as realizadas pela França nos atóis do Indo-Pacífico (Bikini, Muroroa, etc.), disponibilizam elevados índices de radiação residual no ambiente marinho, onde são feitos os testes. Mais de quinhentas explosões já foram detonadas nos oceanos, subsolo e na atmosfera nas últimas três décadas por países da Europa e Estados Unidos.

Para os defensores da energia atômica, ela é menos prejudicial porque não emite gases nocivos à atmosfera, além disto o lixo é perigoso, mas pode ser controlado, podendo este ser estocado pelas usinas em grandes depósitos temporários (em regiões isoladas) até que novas pesquisas tecnológicas possibilitem reciclá-lo ou neutralizá-lo de maneira mais eficiente.

A contaminação radiativa, o lixo atômico, e a proliferação de armas nucleares são problemas controláveis enquanto a poluição atmosférica e o aquecimento global não são.

Tanto na fase de obtenção, purificação e concentração dos combustíveis nucleares (principalmente Urânio e Tório), como durante a fase de operação das usinas nucleares, grande quantidade de lixo radioativo é produzida. No resfriamento dos reatores utilizam-se água dos mares e rios, a qual é devolvida ao ambiente, contaminada pela radiação e aquecida (poluição térmica).

Com o aumento do número de reatores nucleares em uso no planeta, a crescente quantidade de resíduos radioativos, oriundos desta atividade, já se encontram em situação alarmante. Muitos países recolhem seus resíduos radioativos em *containers* blindados, lançando-os no oceano, fora dos limites da plataforma continental, a milhares de metros de profundidade. As substâncias mais utilizadas na indústria nuclear são o urânio 235, plutônio, 239, estrôncio 90, cézio 137 e iodo 131.

Através das bioacumulação, a radiação é transmitida e concentrada nos diversos níveis tróficos da teia alimentar. Este fato gera perigo de contaminação indireta para o próprio homem, através do consumo de alimentos contaminados.

No oceano, as algas podem apresentar uma radioatividade de mil a cinco mil vezes superior a da água circundante. Os animais que se alimentam destas algas tendem a concentrar ainda mais tais substâncias. Os fatores de bioacumulação variam muito de acordo com o tipo de organismo e de substância envolvidos. Os maiores fatores de concentração biológica ocorrem em moluscos em contato com o Zinco 65, Manganês 54, Ferro 32 e Plutônio, podendo atingir a cifra de dez mil vezes.

Os efeitos biológicos da radiação são diversos, entre eles o desenvolvimento de tumores, leucemia, queda de cabelo, redução na expectativa de vida, indução a mutações genéticas, malformações fetais, lesões de pele, olhos, glândulas e órgãos do sistema reprodutivo.

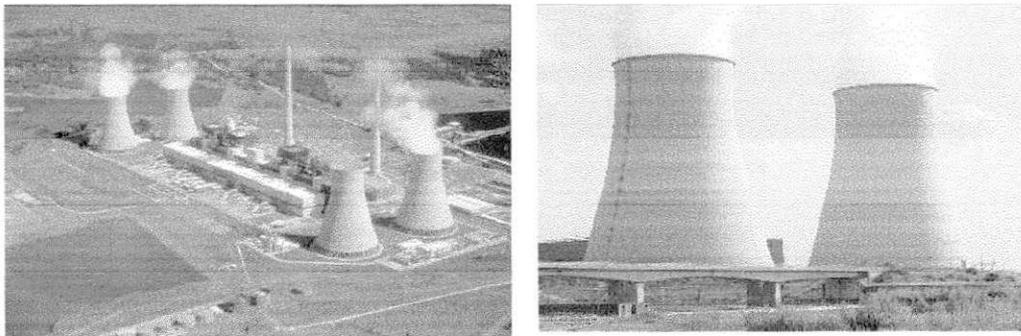


Fig. 13: Usina Nuclear (Fonte: Etall)

## 6.7 – Energia Eólica:

A energia eólica é aquela produzida pela força dos ventos. É a energia contida nas massas de ar. O uso da energia eólica vem de épocas remotas, quando era utilizada para bombeamento de água e moagem de grãos. Uma das primeiras formas de utilização foi com a navegação. Atualmente esta forma de energia é empregada para obtenção de energia elétrica. A utilização dessa fonte para geração de eletricidade em escala comercial começou nos anos 70, quando se acentuou a crise do petróleo no mundo. Os Estados Unidos e alguns países da Europa se interessaram pelo desenvolvimento de fontes alternativas para a produção de energia elétrica, buscando diminuir a dependência do petróleo e carvão.

No final de 1994 a capacidade instalada global de turbinas ligadas à rede era de 3700 MW dos quais 1700 MW nos EUA e 1650 MW na Europa, o que seria suficiente para fornecer energia para os 40 milhões de europeus.

A capacidade eólica total instalada cresceu 33% nos países da União Européia, alcançando 23.056MW em dezembro de 2002. A produção de eletricidade a partir disso é equivalente à queima de 20 bilhões de toneladas de carvão em uma usina convencional de geração de energia.

Tabela 05: Produção de energia Eólica no Mundo (Fonte: Cláudio Monteiro)

PAÍS OU REGIÃO	ACRÉSCIMO DE CAPACIDADE PARA 1994 (MW)	ACRÉSCIMO DE CAPACIDADE PARA 1995 (MW)	CAPACIDADE ESTIMADA PARA O ANO 2000 (MW)
EUA	100	150	2800
América Latina	4	25	400
América	104	175	3200
Alemanha	307	300	2000
Dinamarca	525	75	1000
Noruega	30	40	500
Reino Unido	40	20	800
Suécia	10	15	240
Grécia	10	10	200
Itália	7	10	100
Portugal	-	5	60
Irlanda	6	10	150
Finlândia	3	3	50
Outros na Europa	4	10	440
Europa	485	588	6340
Índia	141	400	2900
China	18	50	730
Outros na Ásia	0.3	10	187
Ásia	159	460	3817
Médio Oriente	2	5	70
Austrália e N. Zelândia	-	-	80
Cabo Verde	2.4	0.2	6.0
Outros na África	5.3	10	220
África	8	10	226
Outros	0	0	70
TOTAL	758	1253	13803

No relatório “Força do Vento 12”, lançado pela Associação Européia de Energia Eólica (EWEA) em parceria com o Greenpeace lançado em maio de 2003, demonstra como, até 2020, 1.231 GW de energia eólica podem ser gerados, criando 1,79 milhões de empregos, uma redução de 40% no custo da eletricidade e economizando, cumulativamente, 10,9 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

No Brasil, o aproveitamento da energia eólica resumia-se, até recentemente, aos tradicionais cata-ventos multipás, usados ainda em larga escala para movimentação de bombas d'água em regiões interioranas. Medições precisas de vento, realizadas ao final da década de 90 em diversos pontos do território nacional, indicaram a existência de um imenso potencial eólico inexplorado. O Estado do Ceará foi um dos pioneiros na realização de programas de levantamento do potencial eólico, por meio de medidas de vento com modernos aparelhos.

Mesmo com os vários trabalhos e pesquisas científicas realizados nas décadas de 70 e 80, apenas em julho de 1992 a geração de energia eólica no Brasil começou de fato, com a instalação de uma turbina de 75 quilowatts na ilha de Fernando de Noronha.

Segundo Cláudio Monteiro o custo da energia gerada através de sistemas eólicos é basicamente determinada pelos seguintes parâmetros:

- Custo total de investimento
  - Custos de fabrico dos geradores eólicos
  - Custos de preparação do projeto, custos de infra-estruturas, etc.
- Custos de operação e manutenção
- Valor percentual da operabilidade do sistema
- Tempo de vida
- Valor médio da velocidade do vento no local de instalação
- Período de amortização
- Taxa de atualização

Os principais impactos na utilização deste tipo de energia são:

- Em dias em que não tiver vento não será possível a geração de energia elétrica.
- Utilização do terreno:

Os parques eólicos têm a vantagem de permitirem que o terreno ocupado seja utilizado para outros fins, por exemplo agrícolas, no entanto não devemos esquecer que a implantação de obstáculos ou o aumento da rugosidade do terreno implica uma diminuição da produção do parque. De uma forma geral a instalação de parques eólicos não afeta significativamente o habitat natural.

Cláudio Monteiro (em sua página [http://www.unificado.com.br/fisica/energia\\_eolica.htm](http://www.unificado.com.br/fisica/energia_eolica.htm)) identifica os principais impactos ambientais causados pela geração eólica como sendo:

- Emissão de ruídos.

A emissão de ruídos nos aerogeradores é devida ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos.

O ruído emitido pelos aerogeradores decresce entre os 50dB junto ao aerogerador e os 35dB a uma distância de 450m. Os efeitos fisiológicos, sobre o sistema auditivo, e o efeito nas diferentes funções orgânicas apenas é sentida a partir dos 65dB. No entanto, valores mais altos que 30 dB podem provocar efeitos psíquicos sobre o homem sendo o nível de ruído recomendável inferior a 40dB. O ruído de 40dB corresponde a uma distância dos aerogeradores de 200m. Sendo esta a distância entre aerogeradores e habitações respeitada na Europa.

- Impacto visual

Os modernos aerogeradores, com alturas das torres de 40m e comprimento das pás de 20m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem. O impacto visual é muito difícil de avaliar. No entanto, existem alguns efeitos incomodativos que podem ser contabilizados tais como: o efeito de sombras em movimento e reflexões intermitentes. O primeiro pode ser evitado com uma

correta planificação do parque. O efeito das reflexões intermitentes, devidas à incidência do sol sobre as pás em movimento, pode ser evitado utilizando pinturas opacas. Pintar os aerogeradores com as cores da paisagem é uma boa solução para minimizar o impacto visual. Por vezes nas proximidades de instalações militares é sugerida uma pintura de camuflagem para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência.

- Balanço Energético

A energia gasta para produzir, instalar e para operação e manutenção de um aerogerador típico é produzida por esse mesmo aerogerador em menos de meio ano. Este fato torna a energia eólica numa das energias mais atrativas em termos de planeamento energético mundial.

- Aves

Em alguns casos de parques localizados em zonas de migração de aves, tem-se observado um elevado número de aves mortas pelo movimento de rotação das pás. A forma de evitar estes incidentes é uma correta planificação na localização dos parques evitando as rotas de migração.

- Interferências eletromagnéticas

Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas electromagnéticas. Isto implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Estas interferências não são significativas. No entanto, é necessário efetuar estudos mais detalhados quando o parque se situa junto de aeroportos ou de sistemas de retransmissão.

As usinas de conversão de energia eólica em elétrica são constituídas de grandes hélices (como cata-ventos gigantes) instaladas em altas torres ou em locais altos. Esses locais devem ser privilegiados do ponto de vista de ventos. É necessário que haja vento, de preferência fortes, o tempo todo.

- 1 A Energia Elétrica é produzida por um Gerador, na Casa de Força;
- 2 O Gerador possui um eixo que é movido por uma enorme hélice;
- 3 A Hélice é movida pela velocidade do vento.

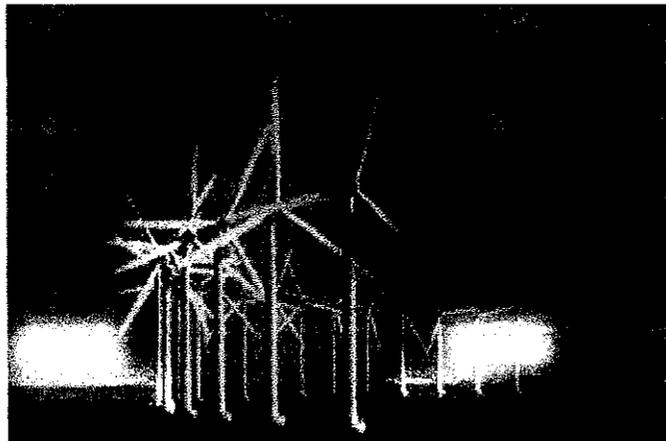


Fig. 14: "Fazenda de Ventos" – Aerogeradores usina eólica.  
(Fonte: [http://jorenob.blogspot.com/2005\\_04\\_01\\_jorenob\\_archive.html](http://jorenob.blogspot.com/2005_04_01_jorenob_archive.html))

**Tabela 06: Usinas eólicas no Brasil (Fonte: Atlas digital da energia brasileira)**

Usina	Potência (kW)	Proprietário	Município	Rio
Água Limpa	14.000	CNBO – Produtora de Energia Elétrica Ltda	Dianópolis – TO e Novo Jardim – TO	Palmeiras
Aiuruoca	16.000	Eletroriver S/A	Aiuruoca – MG	Aiuruoca
Alto Rio Grande	27.900	AES Força Empreendimentos Ltda	Piedade do Rio Grande e Sant. do Garambéu – MG	Grande
Areia	11.400	CNBO – Produtora de Energia Elétrica Ltda	Dianópolis – TO e Novo Jardim – TO	Palmeiras
Areia Branca	20.000	HP1 do Brasil Ltda.	Caratinga – MG e Ipanema – MG	Manhuaçu
Barra da Piedade	22.000	Eletroriver S/A	Açucena – MG e Gonzaga – MG	Corrente Grande
Benedito Alto	331	Hidrelétrica Sens Ltda	Benedito Novo – SC	Benedito
Boa Vista II	5.500	Companhia Brasileira de Papel	Turvo – PR	Marrecos
Bolsa	3.960	SIF Energias do Brasil Ltda	Rio Preto – MG	Paraíba do Sul
Bontante	19.000	BSB Energética S/A	Comendador Levy – RJ e Simão Pereira – MG	Paraibuna
Caçador	15.000	Caçador Energética S/A	Nova Bassano – RS e Saratina Corrêa – RS	Carreiro
Cachimbo	5.000	Eletricidade de Rondônia Ltda.	Alta Floresta d'Oeste – RO	Branco
Cachoeira da Fumaça	2.560	Usina Jacara S/A	Jacara – MT	Tenente Arrabal
Cachoeira da Providência	11.700	CAT-LEO Energia S/A	Jaquari – MG e Pedra do Anta – MG	Casca
Cachoeira de Macacos	4.560	Concrabras S/A	Perdizes – MG e Sacramento – MG	Araguari
Cachoeira Encoberta	22.000	CAT-LEO Energia S/A	Muriá – MG	Giléria
Cachoeira Escara	20.700	CAT-LEO Energia S/A	Jaquari – MG	Casca
Cachoeira Formosa	5.000	ROVEMA Veículos e Máquinas Ltda.	Buritis – RO	Candeias
Cachoeira Grande	10.000	Centrais Elétricas da Mantiqueira S/A	Antônio Dias e Coronel Fabriciano – MG	Cocal Pequeno
Cachoeira Grande	4.300	CAT-LEO Energia S/A	Caná – MG e Jaquari – MG	
Cachoeirão	27.000	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	Alvarenga – MG e Pocrane – MG	Manhuaçu
Caeté	4.400	Caeté Empreendimentos Energéticos Ltda	Santo Antônio do Leverger – MT	Caeté
Caldeirões	15.000	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Barra Longa – MG	Guatubá do Sul
Calheiros	19.000	Eletroriver S/A	B. Jesus do Itabapoana – RJ e S. J. do Calçado – ES	Itabapoana
Canoa Quebrada	28.000	Ampar Energia Ltda	Lucas do Rio Verde – MT e Sorriso – MT	Verde
Carangola	15.000	Eletroriver S/A	Carangola – MG	Carangola
Carlos Gonzatto	8.550	CESBE S/A – Engenharia e Empreendimentos	Campo Novo – RS	Turvo
Carapatos	21.600	AES Tietê S/A	Caconde – SP	Pardo
Cascata	3.900	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	Matiporã – SP	Juquari
Cascata das Andorinhas	1.000	Cooperativa Regional de Eletrificação Rural do Alto Uruguai	Noncai – RS	Lajeado do Tigre
Cocais Grande	10.000	Centrais Elétricas da Mantiqueira S/A	Antônio Dias – MG	Ribeirão Grande
Corrente Grande	14.000	Eletroriver S/A	Açucena – MG e Gonzaga – MG	Corrente Grande
Cotiporã	13.000	Cotiporã Energética S/A	Cotiporã – RS	Carreiro
Cristina	3.500	Eletroriver S/A	Cristina – MG	Lambari
Esmeralda	22.200	Desenvix S/A	Barracão e Pinhal – RS	Bernardo José
Fortuna II	9.000	Construtora Barbosa Mello S/A	Guanhães – MG e Virgíópolis – MG	Corrente Grande
Fumaça IV	4.500	Eletroriver S/A	Dores do Rio Preto – ES e Espera Feliz – MG	Preto
Funil	22.500	Eletroriver S/A	Dores de Guanhães – MG	Guanhães
Furquim	6.000	Alcan Alumínio do Brasil S/A	Mariana – MG	Ribeirão do Carmo
Granada	14.000	CAT-LEO Energia S/A	Abre Campo – MG	Matipó
Guarda	5.800	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	São Paulo – SP	Juquari
Hidrelétrica Rio São Marcos	1.000	Hidrelétrica Rio São Marcos Ltda	Flores da Cunha – RS e São Marcos – RS	São Marcos
Ibituruna	30.000	Consisa Ltda	Bom Sucesso – MG e Ibituruna – MG	das Mortes
Indiaval	28.000	Arapuçá Indiaval S/A	Indiaval – MT e Jauru – MT	Jauru
Juara	12.000	Agropecuária Estrela de Fogo Ltda	Juara – MT	dos Peixes
Jurumirim	18.000	CAT-LEO Energia S/A	Rio Casca – MG e São Pedro dos Ferros – MG	Casca
Linha 3 Leste	13.500	Cooperativa Regional de Energia e Desenvolvimento Ijuí Ltda	Ijuí – RS	Ijuí
Linha Emilia	13.000	Linha Emilia Energética S/A	Dois Lajeados – RS	Carreiro
Lúcia Cherobim	25.500	Cherobim Energética S/A	Lapa – PR e Porto Amazonas – PR	Iguaçu
Mato Limpo	8.100	SIF Energias do Brasil Ltda	Rio Preto – MG	Santana
Maurício	1.200	Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina	Leopoldina – MG	Novo

## 6.8 – As Energias Biológicas:

As fontes de energia biológicas são aquelas produzidas a partir da biomassa ou de microrganismos aperfeiçoados.

### 6.8.1 - A Biomassa:

A biomassa é toda a quantidade de matéria viva existente em uma determinada área ou volume. Esta é uma das medidas ecológicas mais importantes para o conhecimento dos ecossistemas, pois possibilita conhecer o processo de produção de matéria orgânica, conhecido com o termo produtividade. É o conjunto de organismos que podem ser aproveitados como fontes de energia: plantas das quais se extraem o álcool, lenha e carvão, alguns óleos vegetais e o plâncton.

Uma das primeiras utilizações da biomassa pelo homem para obtenção de energia se iniciou com a utilização do fogo. Por muito tempo a madeira foi a principal fonte energética utilizada principalmente para a cocção, siderurgia e cerâmica. Óleos vegetais e animais também eram usados, mas em menor escala.

O grande salto no consumo da biomassa deu-se com a lenha na siderurgia, no período da revolução industrial. Com o aparecimento da máquina a vapor, a biomassa passou a ter aplicação também para obtenção de energia mecânica com aplicações na indústria e nos transportes. Mesmo com o início da exploração dos combustíveis fósseis - carvão mineral e petróleo - a lenha continuou desempenhando importante papel energético, principalmente nos países tropicais.

Provavelmente as principais fontes de energia do séc XXI serão de origem orgânica, produzida a partir da biotecnologia. A Agência internacional de Energia calculou em 1995 que, até 2015, cerca de 30% do total de energia consumida pela humanidade será proveniente da biomassa.

A grande preocupação quanto à difusão do uso da biomassa está na perda da biodiversidade e de solos para a agricultura de alimentos. Além disso, a sustentação de uma monocultura exige a utilização intensiva de defensivos agrícolas que poluem o solo e a água.

### 6.8.2 – O Biogás:

Chama-se biogás o gás liberado a partir da decomposição, feita por determinadas bactérias, de esterco, palha, bagaço de vegetais e mesmo lixo, depois de uma separação dos elementos inutilizáveis, como vidro e plásticos. O equipamento que re-aproveita resíduos para produzir esse gás é chamado biodigestor. O gás assim produzido pode ser usado como combustível para fogões, motores ou até em turbinas que produzem eletricidade.

Os biodigestores são apropriados para serem construídos não em unidades gigantescas, e sim em pequenas unidades espalhadas pela cidade e pelo meio rural. Na Índia e na China, existem milhares de biodigestores no campo e nas cidades. Em muitos outros países e mesmo no Brasil, são usados biodigestores nas áreas rurais.

Tais pequenos equipamentos podem vir a ser excelente alternativa para as fontes principais de energia da atualidade. Em vez de aumentarem a poluição, eles ajudam a resolver o problema ocasionado pela existência do lixo.

Tanto o biogás como algumas outras fontes de energia biológicas e também a energia solar são consideradas de fontes de energia “limpas”. Petróleo, carvão, energia nuclear e energia hidrelétrica são, de uma forma ou de outra, poluidoras.

## 6.9 – O Hidrogênio:

O uso do hidrogênio como combustível esta avançando rapidamente, este combustível é obtido de um processo de eletrólise da água, processo utiliza energia elétrica e para dissociar o  $H_2$  (hidrogênio) e o  $O_2$  (oxigênio) da água ( $H_2O$ ). Este processo apresenta custo elevadíssimo e é pouco dominado em grande escala.

Nos países desenvolvidos, há vários protótipos de carros movidos a hidrogênio, que geram eletricidade, e descarrega água em seus escapamentos. Calcula-se que talvez, ainda na primeira década desse século esteja no mercado alguns modelos de automóveis elétricos cujo combustível será hidrogênio líquido.

A expectativa para este combustível que será uma fonte de energia não poluidora e provavelmente barata.

## 6.10 – As Marés

A energia dos mares, do movimento diário de subida e descida das águas do mar, é outra fonte de eletricidade em alguns países: Japão, Reino Unido e França, entre outros. São, por enquanto usinas de pequeno porte, que apresentam as forças das águas marinhas para mover turbinas e gerar energia elétrica para localidades pequenas e costeiras. Mas os investimentos neta forma de energia que cobijaram a surgir somente nos anos de 1980, vem aumentando em vários países desenvolvidos, e ela deverá se expandir nas próximas décadas.



Fig. 15: Aproveitamento da energia das marés para a produção de eletricidade. (Fonte: <http://www.educared.net/concurso2001/331/MAREMOTRIZ.htm>)

## 6.11 – A Energia Geotérmica:

Por fim cabe mencionar a energia geotérmica, que é o calor proveniente do interior do planeta. Os países que mais geram eletricidade a partir do calor da terra são os EUA, as Filipinas, a Itália, e o Japão. O calor das rochas subterrâneas próximas a vulcões já supriu 30% da energia elétrica consumida em El Salvador e 15% nas Filipinas. Neste último, situada nas proximidades do “cinturão do fogo” do Pacífico, existem usinas geotérmicas em construção que vão gerar 10 milhões de quilowatt até 2005, o suficiente para abastecer completamente uma região com 20 milhões de habitantes. Alguns outros países, a Islândia e a Nova Zelândia aproveitam a energia geotérmica nas áreas onde surgem os Geisels.

A forma mais simples de se gerar energia elétrica a partir de energia geotérmica se é com a utilização direta do calor em usinas termoelétricas. Injeta-se diretamente água a grandes profundidades e esta ao entrar em contato com as temperaturas elevadas encontradas em profundidades elevadas se evapora. Este vapor d’água é então utilizado para mover as turbinas e gerar eletricidade.

Os principais impactos deste tipo de aproveitamento são os seguintes:

- Acidificação das águas;
- Elevação da temperatura do meio ambiente;
- Possibilidade de ocasionar tremores de terra devido à acomodação de terras superficiais;
- As águas quando retornam a superfície em forma de vapor voltam carregadas de metais e enxofre, contaminando o meio ambiente;
- Alteração das características de cursos d’água e injeção de águas subterrâneas;

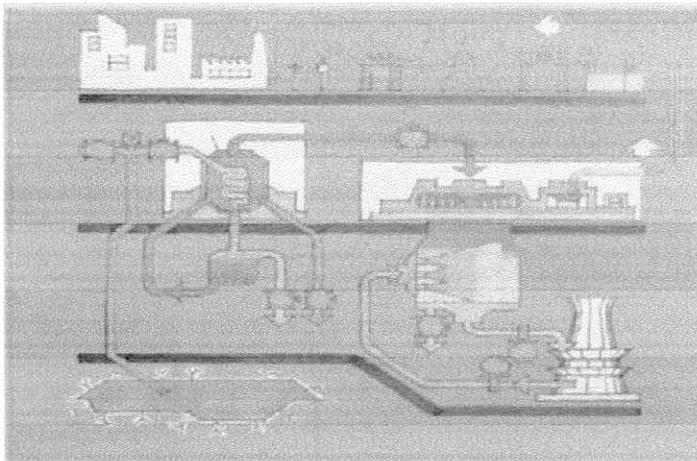


Fig. 16: Esquema de Usina Geotérmica para produção de eletricidade  
(Fonte: CONAE)

## **7 – Energia Elétrica: Transmissão e Impactos Ambientais**

Podemos dividir os projetos segundo suas características gerais de inserção no ambiente em projetos lineares e projetos concentrados.

Os projetos lineares são aqueles projetos longitudinais e localizados em corredores nos quais são impostas restrições parciais ou totais para o uso do solo. O impacto pode ser significativo se observado de forma integrada. Este é o caso das linhas de transmissão de energia elétrica.

Normalmente os projetos lineares atravessam uma grande diversidade de meios naturais e antrópicos, o que confere complexidade à gestão ambiental. Dentro deste grupo se destacam os projetos viários, os oleodutos e gasodutos, as linhas de transmissão de energia, bem como os canais e as tubulações para condução da água.

Os projetos concentrados são aqueles projetos que fazem um uso restritivo de áreas relativamente extensas. Do ponto de vista dos impactos ambientais, estes habitualmente são de magnitudes consideráveis e apresentam alcance local e regional. A diversidade de meios naturais e antrópicos afetados é menor que no caso de projetos lineares. Como exemplo deste tipo de instalação pode citar as centrais de geração de energia tanto hidráulica como térmica, portos e aeroportos, exploração e refino de petróleo, mineração, etc.

Os empreendimentos lineares devem ser acompanhados por um planejamento ambiental voltado à garantia do desenvolvimento.

Devido à diversidade de paisagens e questões socioambientais envolvidas na implantação dos empreendimentos lineares, há necessidade de um amplo planejamento a ser realizado com base no conhecimento de uma equipe multidisciplinar, especializada no planejamento ambiental e na resolução de conflitos.

Como os sistemas de transmissão são compostos, também, pelas subestações temos que analisar os impactos gerados por estas duas ópticas.

Na fase de implantação os principais impactos na construção das Linhas de Transmissão (LT) se deve o uso do solo, com a abertura da faixa de servidão, a abertura dos pátios de lançamento de cabos, as escavações para as fundações. Na fase de operação, os impactos devem-se à ocupação do solo.

Quanto aos aspectos de meio ambiente, devem ser observadas as seguintes recomendações:

A execução do projeto requer a obtenção de detalhes sobre o terreno, condições do solo, restrições à construção, visando o planejamento apropriado dos recursos, dos custos, bem como da redução no tempo de execução. Dentre outros condicionantes, o planejamento deve procurar estabelecer um traçado que integre a uma malha de circulação existente (como a hídrica, ferroviária, rodoviária ou outra linha de transmissão existente), mas minimizando os cruzamentos com elas, seja de fácil acesso. Utilizem áreas que já tenham sido caracterizadas como de utilidade pública, não interferir com a população e com suas atividades produtivas, evitar que os limites das áreas de segurança venham a criar áreas vazias e sem uso;

## 7.1 - Identificação dos Impactos e Medidas Recomendadas

Segundo José Renato Sobral, em seu trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em junho de 2005, os impactos ambientais causados por linhas de transmissão de energia elétrica podem ser divididos em três categorias:

- Impactos sobre o meio Físico
  - Alterações na rede de drenagem;
  - Alterações na Paisagem regional;
  - Intervenção com Sítios Paleontológicos;
  - Início e/ou aceleração de Processos Erosivos;
  - Interferência com áreas de autorização e concessões minerais;
  - Instabilidade das encostas;
- Impactos sobre o meio Bióticos
  - Pressão de caça sobre a fauna;
  - Perturbação sobre a fauna;
  - Possibilidade de acidentes por colisão, em especial da fauna alada;
  - Perda e Fragmentação de áreas de vegetação florestal nativa;
- Impactos sobre o meio antrópico;
  - Criação de expectativas e incertezas;
  - Alteração na dinâmica cotidiana da população;
  - Aumento da oferta de postos de trabalho;
  - Aumento da demanda por bens e serviços;
  - Aumento do tráfego de veículos, ruídos e poeira;
  - Interferência com o uso e ocupação da terra;
  - Interferência com o patrimônio arqueológico;
  - Alteração no quadro de saúde pública;
  - Melhoria no fornecimento de energia;
  - Interferências relacionadas à operação da Linha de Transmissão;

- Alteração na rede de drenagem e processos erosivos: Alteração na rede de drenagem como os terraplenagens e movimentações de terra poderão alterar o curso original do escoamento da água da chuva, provocando erosões.

Para minimizar estes fatos deve-se tomar um cuidado especial com a abertura e melhoria das estradas de acesso, os aterros ou alterações na topologia do terreno terão que ser devidamente protegidos com o plantio de grama e drenagem, os serviços de terraplenagem também merecem todo cuidado. Na transposição de pequenos cursos d'água não deverá ser permitida a redução da seção de escoamento do corpo d'água, cuidado especial deve ser dado as Áreas de Preservação Permanente, garantindo a vazão do curso de d'água principal.

- Alteração na Paisagem Regional:

Para minimizar estes fatos devem-se minimizar ao máximo o impacto visual, afastando a linha de transmissão de áreas próximas a aglomerados urbanos, pontes, viadutos, rodovias e ferrovias. Evitar o cruzamento com remanescentes de vegetação nativa, aplicando soluções que usem ao máximo as barreiras naturais.

- **Interferência com Sítios Paleontológicos:** No processo de planejamento do traçado das linhas deve ser levantado a existência de sítios ou parques paleontológicos, além disto em toda e qualquer remoção de terra, deve haver um acompanhamento de um técnico especializado, além disto deve ser realizado cursos de treinamento e capacitação para os trabalhadores que atuarão na região de ocorrência de fósseis.



Fig. 17: Vistoria técnica do consultor para assuntos paleontológicos em uma das estruturas de escavações  
(Fonte: José Renato)

- **Pressão de Caça sobre a Fauna:** O aumento da caça poderá ocorrer não apenas durante as obras, pois a abertura de novos acessos poderá facilitar o acesso de caçadores às áreas anteriormente de difícil acesso. Para minimizar estes fatos deve-se desenvolver programas de educação provendo a conscientização dos trabalhadores e dos moradores da região.
- **Perturbação na Fauna:** Este fato se deve a redução de habitats devido à diminuição, fragmentação e alterações das áreas de vegetação existentes; além disto pode ocorrer a morte de pequenos animais e invertebrados devido ao tombamento das árvores, principalmente se o desmatamento for realizado no período de nidificação de aves e nas escavações para fundações em áreas de ocorrência de espécies que constroem galerias.
- **Possibilidade de Acidentes por Colisão em Especial da Fauna Alada:** Estudos realizados sobre a possibilidade de colisão de aves com linhas de transmissão demonstram que este impacto é real e pode vir a ser significativo. Localmente, as espécies que mais se expõem ao risco de colisões com a futura LT são as de maior porte, como garças e gaviões.

Para minimizar estes fatos deve-se instalar de sinalizadores, visando facilitar a sua visualização por eventuais aves que cruzem a LT.

Os sinalizadores são peças coloridas e em formato espiral, sendo eles instalados nos cabos pára-raios das Linhas de Transmissão. Através de seu colorido e formato os sinalizadores alertam as aves da presença dos cabos, com isto, evitam colisões e a morte de aves.

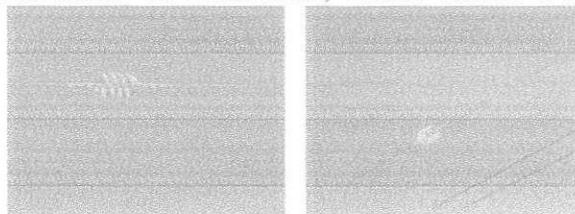


Fig. 18: Sinalizadores instalados na rede de transmissão de energia  
(Fonte: RGE)

Em casos extremos como na região do Pantanal a utilização de cabos eletricamente isolados.

- **Perda e Fragmentação de Áreas de Vegetação Florestal Nativa:**

Para minimizar estes fatos deve-se: minimizar ao máximo a supressão de vegetação, em relação ao corte de árvores estes devem ser realizados através de trabalhos de acompanhamento para serem cortadas apenas as árvores que tocam nos cabos ou podem crescer até eles, este cuidado possibilita a preservação de grande parte das árvores existentes nas faixas de servidão, além disto em vez de uma supressão total, o desmatamento poderá ser reduzido e dividido em duas diferentes categorias: supressão total na faixa de serviço e áreas das torres, e corte seletivo de exemplares situados nas laterais da faixa de serviço e das praças das torres.



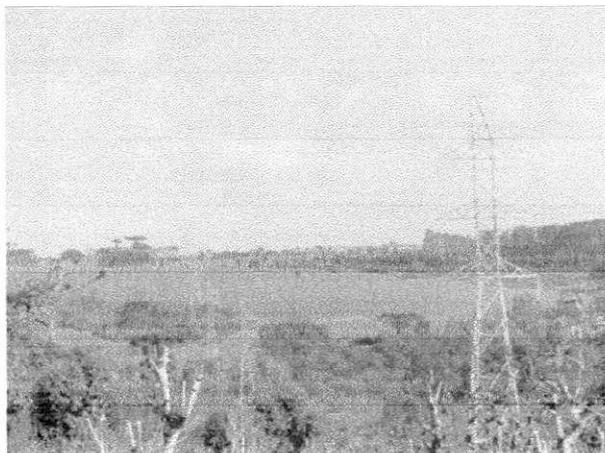
**Fig. 19: Abertura de acessos utilizados para a construção de torres (Fonte: RGE)**

A fragmentação florestal deverá ser compensada, de acordo com o previsto na Resolução CONAMA 002/96 e na Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Esse dispêndio deverá ser aplicado através do Programa de Compensação Ambiental, incluindo a identificação e preservação de árvores protegidas por Lei; e o registro do número de árvores cortadas para planejamento de plantios compensatórios de árvores.

Nos locais onde as Linhas passam sobre florestas muitas vezes é viável a utilização de torres com elevada altura, nestas situações os cabos ficam distantes das copas e com isto não há necessidade de corte das árvores.



**Fig. 20: Vista da saída de linha da subestação, apresentando parte da vegetação foi suprimida em função da proximidade com dos cabos (Fonte: José Ricardo).**



**Fig. 21: Torres construídas com elevada altura sem necessidade de corte das árvores sob a Linha de Transmissão (Fonte: RGE)**

- Criação de Expectativas e Incertezas: A presença e a divulgação da possibilidade de implantação de uma LT na região geram insegurança e expectativas, bem como mobilizam a população, tornando o empreendimento um tema de discussão. A falta de informações técnicas a respeito do empreendimento faz com que aumente ainda mais o grau de expectativa da população quanto aos problemas ou benefícios que a nova LT poderá trazer. Para minimizar estes fatos deve-se informar à população todos os aspectos relacionados ao empreendimento, desde a fase de planejamento até sua operação.
- Aumento da Demanda por Bens e Serviços, da Renda Local e da Arrecadação Pública: Com a entrada de investimentos e de mão-de-obra externos haverá um incremento na renda local das cidades, pois estes consumirão recursos e bens de serviço locais. Promovendo assim um aumento na locação de imóveis, favorecimento do comércio local, com a compra de materiais, e prestação de serviços diversos (hotéis, pensões, restaurantes, farmácias, abastecimento de combustíveis, reparo de máquinas e veículos, etc.) desta forma gerando novas oportunidades de emprego. Além disso, há um aumento do recolhimento de impostos como o ISS (Imposto Sobre Serviços) recolhido pelos municípios.
- Aumento do Tráfego de Veículos, Ruídos e Poeiras: O aumento do tráfego de veículos poderá causar uma sobrecarga principalmente nas estradas próximas à Faixa de Servidão podendo alterar o cotidiano dos usuários locais, devido ao porte dos veículos que por lá vão circular. Na passagem por áreas urbanas onde o sistema viário não se encontra dimensionado para o tráfego de veículos pesados, poderão ocorrer retenções momentâneas. Quanto ao aumento da emissão de ruídos e poeiras, este impacto será registrado nas atividades de escavações, concretagem e montagem final das torres.

Para minimizar estes fatos deve-se planejar o horário de transporte de pessoal, materiais e equipamentos, evitando-se os horários de pico e noturnos. Além de controlar os ruídos emitidos pelos equipamentos utilizados.

- Interferência com o Uso e Ocupação das Terras: Como a área definida como faixa de servidão será aproveitada exclusivamente para a Linha de Transmissão não podendo ser utilizada para outros fins econômicos, por exemplo, a exploração na agricultura ou mineral.

Segundo José Renato (2005), “é importante destacar que a experiência em projetos similares revelou que nem sempre essas interferências são negativas. Enquanto alguns proprietários descapitalizados, por exemplo, com as indenizações recebidas puderam fazer novos investimentos em suas propriedades, outros se sentiram prejudicados pela redução da área de cultivo. Desse modo, a negatividade ou a positividade deste impacto dependerá diretamente dos procedimentos a serem adotados quando do processo indenizatório”.

- Interferências com o Patrimônio Arqueológico: Nas áreas atravessadas pela linha de transmissão que possuem potencial para ocorrência de sítios arqueológicos, devem ser realizados estudos preliminares e avaliados as extensões destes, deslocando os acessos e as torres para fora dos limites dos sítios arqueológicos, ou ainda realizando o resgate prévio dos sítios em risco.
- Alteração no Quadro de Saúde Pública: Além do risco de acidentes, a chegada de trabalhadores vindos de outras regiões pode ser um fator de introdução de doenças infecto-contagiosas, tais como dengue, febre amarela, leishmaniose, malária, doença de Chagas, esquistossomose e doenças sexualmente transmissíveis.

Para minimizar estes fatos deve-se manter uma estrutura de primeiros socorros e a realização de exames admissionais e periódicos e de campanhas de vacinação da mão-de-obra empregada.

- Interferências Relacionadas à Operação da LT: Sabe-se que as linhas de transmissão em alta tensão geram campos eletromagnéticos em suas proximidades, e estes campos podem causar o aumento de problemas de saúde nas comunidades situadas nas suas proximidades, entretanto os estudos sobre este tema não são conclusivos. Sabe-se apenas que sinais fracos de telefonia celular, rádio e TV podem ser influenciados pela proximidade de linhas de transmissão ou subestações.

Para minimizar estes fatos deve-se respeitar as distâncias mínimas exigidas para neutralizar/minimizar as possíveis interferências dos efeitos do campo elétrico sobre as comunidades. Com relação à interferência em sinais de rádio ou TV estes problemas podem ser sanados com um melhor projeto das antenas transceptoras das estações de comunicação, aumentando suas potências ou refazendo o projeto para otimização da cobertura.

Segundo José Renato (2005), “no projeto da LT, a largura da faixa de servidão deveser calculada considerando a hipótese de ocorrência deste impacto. Por isso, ele não deveser manifestar, tendo em vista que não haverá população na faixa onde poderia haver seus efeitos. Por outro lado, a linha estará a uma distância suficiente para que seus efeitos não venham a ser sentidos em forma de interferências nas redes de comunicação”.

## 8 - Principais Impactos Ambientais na Distribuição de Energia Elétrica



Fig. 22: Sistema de Distribuição nas Vias Urbanas de Manaus (Fonte: RGE)

### 8.1 – Podas de Árvores:

A poda de árvores é uma prática constante, pois é necessária para evitar que os galhos entrem em contato com a rede elétrica, causando interrupções no fornecimento de energia elétrica para os consumidores.

#### Medidas Recomendadas

A realização da poda deve ser realizada com os cuidados necessários para que sejam evitados impactos visuais, danos nas árvores, morte de pequenos animais ou destruição de ninhos de aves.

### 8.2 - Corte de Árvores

Em áreas rurais, periodicamente são cortadas árvores que crescem sob as redes de distribuição de energia. O corte de árvores também é realizado quando são construídas novas redes de distribuição.

#### Medidas Recomendadas

Devem ser cortadas apenas as árvores que estão próximas a rede elétrica ou que possam alcançá-la e para compensar o impacto ambiental dos cortes devem ser realizadas campanhas ambientais e trabalhos de replantio de mudas de árvores em locais afastados das redes elétricas.

### **8.3 – Veículos**

Por possuir um grande número de veículos as concessionárias responsáveis pela distribuição de Energia Elétrica influem no meio ambiente por liberar partículas na atmosfera, consumir combustível e gerar resíduos devido a sua manutenção.

#### Medidas Recomendadas

A realização de manutenções preventivas e corretivas programadas nos veículos, para que estes causem menor poluição do ar possível. Além disso, a empresa tem que procurar realizar ações para o reaproveitamento e reciclagem de resíduos provenientes de veículos, como peças, pneus, óleo, etc.

### **8.4 - Resíduos:**

Nas redes elétricas e nas atividades administrativas são gerados diversos tipos de resíduos, tais como ferragens, cabos, postes, papéis, plásticos, isoladores de porcelana, esgotos, equipamentos estragados, lâmpadas, óleos e isolantes de forma geral, etc. Alguns destes produtos sendo altamente tóxicos como o caso do ascarel entre outros isolantes.

#### Medidas Recomendadas

Estes resíduos devem ser encaminhados para reciclagem ou reaproveitamento em outras atividades. Caso não seja possível esta atividade o descarte deve ser realizado em local apropriado.

### **8.5 - Consumo de recursos naturais:**

Para manter e expandir as redes elétricas as Concessionárias consomem diversos tipos de produtos, tais como postes de madeira ou concreto, ferragens, cabos de cobre e de alumínio, borracha, plásticos, óleos sintéticos.

Sendo que estes itens causam impactos ambientais indiretos, pois eles dependem da extração de recursos naturais para que possam ser produzidos.

#### Medidas Recomendadas

Para evitar a extração de recursos naturais os resíduos devem ser encaminhados para reaproveitamento ou reciclagem.

## 9 – Energia Elétrica: Usos Finais e Impactos Ambientais

O Brasil vem apoiando iniciativas de melhoria no uso final de energia elétrica desde 1985 com a criação do Programa de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Os esforços, embora irregulares e longe de caracterizarem uma política coordenada e consistente de introdução de eficiência energética, conseguiram alcançar progressos e estabelecer, uma consciência política que possibilitou a manutenção de importantes iniciativas de cunho regulatório e legislativo nos anos mais recentes.

Em meados da década de 80 surgem os programas nacionais de conservação de energia elétrica (PROCEL) e de derivados de petróleo (CONPET).

Em 1990 é apresentado um projeto de Lei que procura remunerar as concessionárias de energia elétrica por seus investimentos em conservação de energia e estabelecer índices mínimos de eficiência energética em equipamentos comercializados no país. Esse projeto de Lei somente foi efetivamente aprovado, após necessárias atualizações, no auge da crise de energia, no ano de 2001, dando origem a mencionada Lei 10.925 sobre eficiência energética.

O principal programa nacional de conservação de eletricidade foi criado em 1985, tendo a ELETROBRAS como sua secretaria-executiva e principal órgão implementador de suas atividades.

O PROCEL passou por várias discontinuidades, tendo inclusive sido cogitada a sua extinção em meados de 1998. Durante o período de 1986-97 foram aprovados um total de R\$235,5 milhões, mas nem todos esses recursos puderam ser realizados devido a dificuldades de gerenciamento.

O próprio PROCEL estimou que durante esse período foi possível evitar um total de 1.113 MW de capacidade instalada.

A grave crise de abastecimento de eletricidade ocorrida durante o ano de 2001 demonstrou a importância e o papel dos esforços em melhorias nos usos finais de energia por diversos setores de consumo. Para controlar o problema introduziu-se tecnologias mais eficientes, substituição de eletricidade por energia solar e gás (GN e GLP) e também de grandes alterações nos padrões de comportamento, especialmente do consumidor residencial.

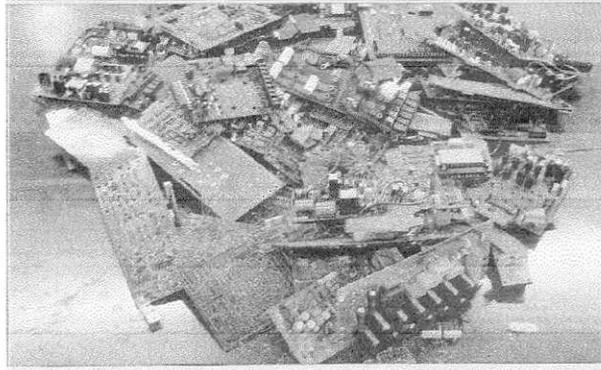
O uso eficiente de energia está estritamente relacionado com a conservação de importantes objetivos mais abrangentes e de interesse da sociedade, como por exemplo:

- Contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico;
- Reduzir ou postergar as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição;
- Reduzir impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a produção de eletricidade;
- Reduzir custos de energia para o consumidor final.

Esses objetivos podem e devem receber contribuições dos esforços de eficiência energética.

Existem várias maneiras de se implementar melhorias no uso de energia.

Um fator que deve ser uma constante na vida de todos diz respeito a destinação dos equipamentos elétricos quando estes chegam ao fim da sua vida útil, pois muitos possuem metais pesados em sua constituição. A única forma segura de destinação destes materiais e equipamentos é através da reciclagem ou reutilização.



**Fig. 21: O lixo e o meio ambiente (fonte: Revista Metalurgia & Materiais, ABM, Vol 61)**

## 10 – Conclusões e Considerações Finais:

Neste trabalho foi apresentado o tema Energia Elétrica e Sustentabilidade Ambiental: da Geração aos Usos Finais. A busca da sustentabilidade requer planejamento e inserção de novas fontes de energia, que sejam renováveis e impactem o mínimo possível o meio ambiente.

Inúmeros são os impactos ambientais provocados por ações antropogênicas, entretanto, neste trabalho, serão enfocadas apenas as relações entre o aspecto de obtenção, transmissão e usos da energia elétrica.

No estabelecimento de políticas energéticas baseadas no desenvolvimento sustentável os seguintes aspectos devem ser contemplados:

- Garantia de suprimento, mediante diversificação das fontes, emprego de novas tecnologias e descentralização da produção;
- Uso, adaptação e desenvolvimento racional de recursos;
- Custo mínimo da energia;
- Valor agregado a partir dos usos, gerados pela e na otimização dos recursos;
- Custos reais na energia, contemplando impactos ambientais e sociais, devido a represamento, extração, produção, transmissão e distribuição, armazenamento, e uso das energias negociadas no mercado, inclusive definindo métodos específicos de internalização.

Conforme foi visto, várias são as fontes de energia primária que podem ser utilizadas para a obtenção de energia elétrica, entre elas as hidráulicas, carvão, petróleo, biomassa, solar, eólica, geotérmica, hidrogênio, marés, óleos vegetais, álcool, gás natural.

O Planejamento Integrado de Recursos (PIR) inclui análises das características da região, identificando quais os recursos energéticos disponíveis, levantamento de dados de oferta e demanda, levantamento das características e interesses de envolvidos e interessados, análise de custo completo, considerando, inclusive, os custos relacionados a impactos ambientais, econômicos e sociais. Nesta abordagem a análise de possíveis estratégias de Gerenciamento do Lado Demanda para uma utilização otimizada da energia envolve o tratamento de incertezas, mediante simulações de cenários e iterações temporais, atribuindo pesos aos componentes do planejamento para a criação de um plano preferencial, incorporando não só os custos financeiros, mas também os custos ambientais de implantação de um projeto.

A utilização de uma determinada fonte de energia ou a introdução de novas tecnologias com vistas à eficiência dos sistemas elétricos, deve ser precedida de um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE).

Da Geração (Conversão) de energia Elétrica aos seus usos finais vários são os impactos causados ao meio ambiente, dentre os quais os que foram destacados neste trabalho.

Na transmissão de energia elétrica os principais impactos ao meio ambiente são:

- *Impacto no meio físico* (Alteração da rede de drenagem; Alteração na Paisagem Regional; Interferência em sítios Paleontológicos; Processos Erosivos; Interferência em áreas de Autorização e Concessões de Minerais; Instabilidade das Encostas)
- *Impactos no Meio Biótico* (Caça; Perturbações na Fauna; Acidentes e Colisões; Perda e Fragmentação de Áreas de Vegetação Nativa)
- *Impacto sobre o Meio Atrópico* (Criação de Expectativas e Incertezas; Alteração na Dinâmica cotidiana da População; Aumento da Oferta de Posos de Trabalho; Aumento da Demanda por Bens e Serviços; Aumento no Tráfego de Veículos, Ruído, Poeiras; Interferência com o uso e Ocupação das Terras; Interferência com o

Patrimônio Arqueológico; Alterações no Quadro da Saúde Pública; Melhorias no Fornecimento de Energia Elétrica)

Na Distribuição de energia elétrica os principais impactos ao meio ambiente são basicamente os relacionados à poda e corte de árvores, a utilização de veículos automotores, a destinação do lixo e/ou resíduos e a utilização dos recursos naturais.

O uso eficiente de energia está estritamente relacionado com a conservação de importantes recursos, como por exemplo:

- Contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico;
- Reduzir ou postergar as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição;
- Reduzir impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a produção de eletricidade;
- Reduzir custos de energia para o consumidor final.

Existem várias maneiras de se implementar melhorias no uso de energia. De um modo geral elas compreendem três categorias de ações: a) As que visam melhorar a qualidade das tecnologias de energia (entendidas aqui como equipamentos, edifícios, processos ou sistemas energéticos); b) Medidas que garantam a qualidade da energia (tensão uniforme, harmônicos, etc); c) Adoção de práticas que conduzam ao uso eficiente da energia elétrica, sem comprometer a qualidade da mesma.

Em fim, o uso sustentável dos recursos energéticos deve ser buscado e para tanto é fundamental a aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos dentro de uma visão sistêmica.

## 11 - Bibliografia

- ALHO, C. J. R. *et al. Fauna Silvestre da região do rio Manso, MT*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Edições IBAMA; Centrais Elétricas do Norte do Brasil, 2000;
- ALVAREZ, André Luiz Montero, Dissertação de Mestrado: “Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos usos Finais em Instalações de Ensino e Similares”, São Paulo, 1998;
- ANEEL, SRH & IBAMA, 1998. Atlas Hidrológico Brasileiro (CR ROM, versão 1.0), ANEEL, Brasília, DF;
- ANEEL/ELETOBRÁS/MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – 1997. SIPOT – Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro.
- BEN, 2006. Balanço Energético Nacional, Ministério das Minas e Energia, Brasília, DF;
- CAMARGO, Arilde Sutil & OUTROS – “Proposta de Definição de Indicadores de Sustentabilidade para a Geração de Energia Elétrica” – revista Educação & Tecnologia: Periódico Técnico Científico dos Programas de pós-graduação em tecnologia dos CEFETs – PR/MG/RJ
- CÓDIGO DE ÁGUAS, 1934 (Arts 36 e 143). Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, Brasília, DF;
- ESPINDOLA, Caroline Luckfett – “Estudo da Relação Economia, Sociedade e Meio Ambiente: Crescimento Econômico, Alcance Social e os Impactos Ambientais na Geração de Energia – O Caso Brasileiro” - Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis (SC), 2006;
- INATOMI, Thais Aya Hassan & UDAETA, Miguel Edgar Morales – “Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos” – USP;

- JANNUZZI, Gilberto de Martino – “Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil” – Departamento de Energia e Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – São Paulo, 2001;
- LUCIANO, Benedito Antonio – Notas de aula da disciplina de gerenciamento de energia, UFCG – Campina Grande – Paraíba, 2005;
- MENEZES, José Renato Sobral, “Impactos Ambientais Causados por Linhas de Transmissão”, Universidade Federal de Campina Grande, 2005;
- MÜLLER, ANTÔNIO C. Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento. McGraw-Hill Ltda, São Paulo.
- OLIVEIRA, Leimar – Notas de aula da disciplina de geração de energia elétrica, UFCG – Campina Grande – Paraíba, 2005;
- OMOTO, João Akira – “A visão do Ministério Público sobre o EIA e o RIMA e o Licenciamento Ambiental” – II Seminário de Energia e Meio Ambiente – Manaus, 2006;
- PEIXOTO, A . B. – “ Gerenciamento de Recursos Hídricos: A experiência do Ceará”;
- SCHREIBER, GERHAD P. Usinas Hidrelétricas. Edgard Blücher Ltda, São Paulo. 1978;
- SILVEIRA, Jose Luiz & GOUVEA, Paulo Eduardo Migoto, “Uso Racional de Energia”, Lorena ,maio de 2004;
- SOUSA, Wanderley Lemgruber, “Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa de Duas Abordagens”, Rio de Janeiro, 2000;
- VIEIRA, V.P.P.B., Gouveia Neto, A . , Miranda, A . N. e Malveira, V. T. C. – “Roteiro para Projeto de Pequenas Açudes” – Centro de Tecnologia – UFC – Fortaleza – Ceará – 1996;
- Revista Metalurgia & Materiais, ABM, Vol 61, No. 554, pp. 167-170, Abril 2005.

Internet – Páginas visitadas entre 01/02/05 e 26/02/06

- <http://ecen.com/eee18/enerequi.htm>;
- <http://cultvox.locaweb.com.br/>;
- <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/impacto.htm>;
- [http://jorenob.blogspot.com/2005\\_04\\_01\\_jorenob\\_archive.html](http://jorenob.blogspot.com/2005_04_01_jorenob_archive.html);
- <http://libdigi.unicamp.br>;
- <http://paginas.terra.com.br/educacao/arqueologia/PDF/RL10.pdf>
- <http://www.abradee.org.br/>;
- [http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&cont\\_eudo](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&cont_eudo);
- <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto09.htm>;
- <http://www.cepetro.unicamp.br/>;
- <http://www.cgtee.gov.br/content/unidades>;
- [http://www.cgtee.gov.br/content/unidades/ute\\_presidente\\_medici.php](http://www.cgtee.gov.br/content/unidades/ute_presidente_medici.php);
- [http://www.cnen.gov.br/publique/media/cap7\\_energia\\_nuclear\\_cbpf.pdf#search=%22roberto%20nassau%20energia%22](http://www.cnen.gov.br/publique/media/cap7_energia_nuclear_cbpf.pdf#search=%22roberto%20nassau%20energia%22);
- [http://www.cnpq.br/gpesq2/garea3/apg304/reg\\_s](http://www.cnpq.br/gpesq2/garea3/apg304/reg_s);
- [http://www.comitepcj.sp.gov.br/UGECarioba/USP\\_GPEA\\_QUESTAO\\_AR\\_AGUA\\_SUSTENTABILIDADE.pdf#search=%22pir%20%22planejamento%20integrado%20de%20recursos%22%20%22impactos%20ambientais%22%22](http://www.comitepcj.sp.gov.br/UGECarioba/USP_GPEA_QUESTAO_AR_AGUA_SUSTENTABILIDADE.pdf#search=%22pir%20%22planejamento%20integrado%20de%20recursos%22%20%22impactos%20ambientais%22%22);
- <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE>;
- [http://www.cteep.com.br/sobre\\_meioambiente.shtml](http://www.cteep.com.br/sobre_meioambiente.shtml)
- <http://www.cursoanglo.com.br/>;
- <http://www.ebanataw.com.br/roberto/energia/index.php>;
- <http://www.educared.net/concurso2001/331/MAREMOTRIZ.htm>;

- <http://www.enersul.com.br;>
- <http://www.etail.hpg.ig.com.br;>
- [http://www.feam.br/Licenciamento\\_Ambiental/Formularios\\_e\\_Manuais\\_Para\\_Licenciamento\\_Ambiental/kitlicen.asp;](http://www.feam.br/Licenciamento_Ambiental/Formularios_e_Manuais_Para_Licenciamento_Ambiental/kitlicen.asp;)
- <http://www.guiafloripa.com.br/energia/energia/eficiencia.php;>
- [http://www.heliodinamica.com.br/;](http://www.heliodinamica.com.br/)
- <http://www.ibama.gov.br/licenciamento/conama023dez1994.php;>
- [http://www.icb.ufmg.br/~bentos/impactos%20ambientais.htm;](http://www.icb.ufmg.br/~bentos/impactos%20ambientais.htm)
- <http://www.ief.mg.gov.br/copam/tipos.htm;>
- <http://www.inda.org.br;>
- <http://www.juristas.com.br/noticias/noticia.jsp?idNoticia=23541>
- <http://www.maisprojetos.com.br/conteudos/temas/normas/EIA.pdf>
- <http://www.mme.gov.br/sen/energia/eletricidade.htm;>
- [http://www.rge-rs.com.br/;](http://www.rge-rs.com.br/)
- <http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n2/4186.pdf>
- [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-47442002000300012;](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442002000300012;)
- <http://www.sectec.go.gov.br/especiais/02.htm;>
- [http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CISEMALIE2005/cimaie/Brasil/BR%20-%20BONATTO%20-%20CEPEL%20CIER\\_ambientrans\\_compl.pdf](http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CISEMALIE2005/cimaie/Brasil/BR%20-%20BONATTO%20-%20CEPEL%20CIER_ambientrans_compl.pdf)
- <http://www.sindipetro.org.br/extra/cartilha-cut/14energia.htm;>
- [http://www.unificado.com.br/fisica/energia\\_eolica.htm;](http://www.unificado.com.br/fisica/energia_eolica.htm;)
- [www.aneel.gov.br;](http://www.aneel.gov.br;)
- [www.chesf.gov.br;](http://www.chesf.gov.br;)
- [www.if.ufrj.br;](http://www.if.ufrj.br;)
- [www.ufrj.br;](http://www.ufrj.br;)
- [www.uniagua.org.br/default.asp?tp=3&pag=hidraulica.htm;](http://www.uniagua.org.br/default.asp?tp=3&pag=hidraulica.htm;)