

Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
LEB0244 – Recursos Energéticos e Ambiente

Energia Hidráulica

Piracicaba, 2013

## Conteúdo

Introdução.....	3
1. Energia Elétrica .....	3
2. Energia Hidráulica.....	4
3. Panorama da Energia Hidrelétrica .....	5
3.1 Panorama Nacional.....	5
Breve Histórico da Energia Hidrelétrica no Brasil.....	7
3.2 Panorama Mundial .....	8
4. Potencial hidráulico.....	8
4.1 Processo de obtenção de energia.....	9
5. Impactos sociais e ambientais .....	10
6. Aspectos físicos.....	11
7. Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) .....	12
8. Legislação .....	15
9. Viabilidade Econômica.....	19
10. Vantagens.....	21
11. Desvantagens.....	22
Conclusões.....	22
Referências .....	24

## **Introdução**

Na sociedade atual, a energia é elemento fundamental para sobrevivência, a partir da avaliação do desenvolvimento humano, é possível dizer que quanto mais complexa uma sociedade, mais energia ela consome, desta forma, afirma o Professor Dorival Gonçalves sobre a necessidade da sociedade capitalista de intensificar o uso da energia:

“A expansão da produção depende da possibilidade de disponibilizar maior quantidade de energia mecânica às máquinas. Estas, cada vez mais, reúnem um maior número de ferramentas, aumentando desse modo, a energia requerida. A energia animal não é mais suficiente.” (Gonçalves, D. 2002)

Há na vida do ser humano moderno uma variedade de serviços exteriores a ele, tais como, iluminação, aquecimento, refrigeração, telecomunicação, muitos produtos de consumo que necessitam de energia para produção. É um modo de vida estritamente dependente da exploração cada vez mais intensa dos recursos naturais existentes, que necessita de cada vez mais tecnologias de produção e produz cada vez mais impactos ambientais.

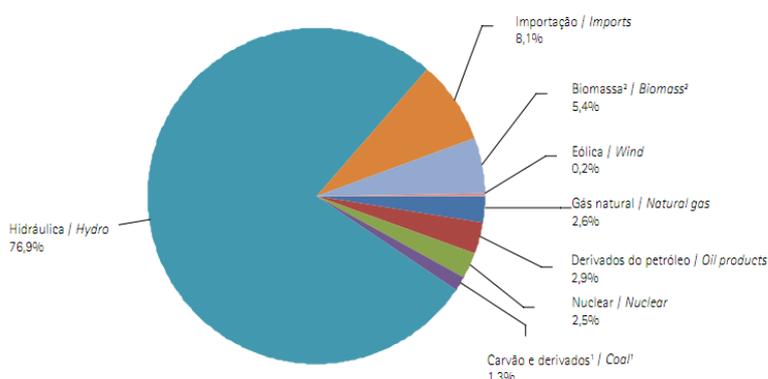
Essas reflexões iniciais são para introduzir um estudo sobre a energia hidrelétrica, seu panorama mundial e brasileiro, sua produção e seus impactos ambientais e sociais.

### **1. Energia Elétrica**

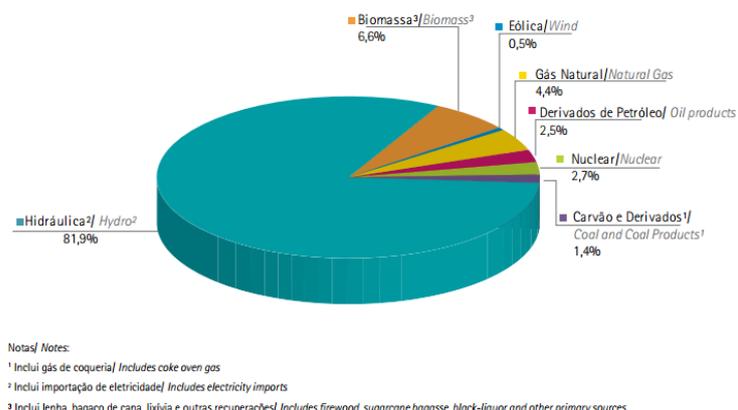
Energia elétrica é a forma de energia mais utilizada no mundo, cuja principal fonte provém das usinas hidrelétricas. A força da água é responsável pela geração de energia, o processo consiste em grandes volumes de águas represadas que caem pela ação da gravidade pelas tubulações fazendo girar turbinas acopladas a um gerador, produzindo assim energia elétrica.

No Brasil, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional 2010 e 2012, mais de 80% da energia elétrica é proveniente de usinas hidrelétricas, o que contribui em grande quantidade para que o Brasil tenha destaque mundial frente aos debates sobre desenvolvimento sustentável e energia renovável.

Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2009



Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2011



Adaptado: Balanço Energético Nacional 2010 e 2012

Essa energia elétrica produzida no Brasil, ainda segundo BEN 2010, é consumida principalmente pelos setores industrial (43,7%), residencial (23,9%) e comercial (15,1%).

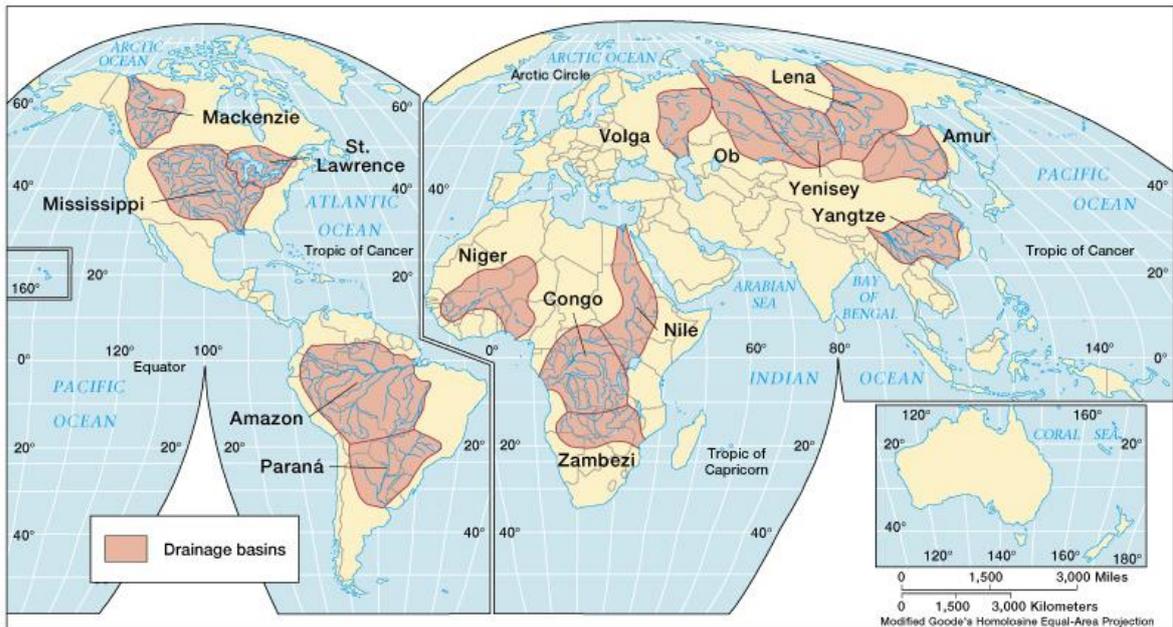
## 2. Energia Hidráulica

A energia hidráulica é o processo de obtenção de energia elétrica através do aproveitamento da energia potencial de uma queda d'água de um rio, que ao ser canalizado em uma coluna d'água movimenta uma turbina (energia mecânica) e esta movimentação das turbinas fazem funcionar um gerador elétrico, produzindo energia elétrica.

Muitas vezes para que essa energia potencial de um rio seja aproveitada, é necessário represar a água e construir barragens para instalação de turbinas nos locais de maior desnível de água, em alguns casos não se constroem represas, pois se aproveita o fio d'água do rio.

Portanto para obtenção de energia hidrelétrica é necessário que haja altura de queda da água (grande energia potencial) e alto volume de água durante todo o período do ano, isso garante que seja gerada energia mecânica nas turbinas sem interrupção.

Estima-se que a energia hidráulica efetivamente disponível na Terra, isto é, o potencial tecnicamente aproveitável, varie de 10.000 TWh a 20.000 TWh por ano (UN, 1992). A imagem abaixo representa as principais bacias hidrográficas do mundo, podendo-se fazer uma analogia direta ao potencial hidrelétrico de cada uma das regiões.



Como se observa, os maiores potenciais estão localizados na América do Norte, antiga União Soviética, China, Índia, Brasil. O Continente Africano é o que apresenta os menores potenciais.

### 3. Panorama da Energia Hidrelétrica

#### 3.1 Panorama Nacional

No Brasil primeira usina hidrelétrica foi construída em 1883, no município de Diamantina (MG), utilizando as águas do Ribeirão do Inferno, afluente do Rio Jequitinhonha, com 0,5MW de potência e linha de transmissão de 2km.

Entretanto, a primeira usina de utilidade pública só viria 6 anos depois (Usina Marmelos), em 1889, no município de Juiz de Fora, também em MG, utilizando o Rio Paraibúna. O panorama atual é representado na tabela abaixo, demonstrando o aumento na quantidade das usinas brasileiras:

## Maiores usinas hidrelétricas brasileiras\*

Usina	Localização	Capacidade	Suficiente para abastecer cidade de:
Tucuruí	Rio Tocantins	8.370 MW	16,7 milhões de pessoas
Itaipu Binacional /Parte brasileira	Rio Paraná	7.000 MW	14 milhões de pessoas
Ilha Solteira	Rio Paraná	3.440 MW	6,88 milhões de pessoas
Xingó	Rio São Francisco	3.162 MW	6,32 milhões de pessoas
Paulo Afonso	Rio São Francisco	3.984 MW	7,96 milhões de pessoas

\*Cada megawatt produzido é energia suficiente para atender o consumo de duas mil pessoas.

Fontes: Abrage e Aneel

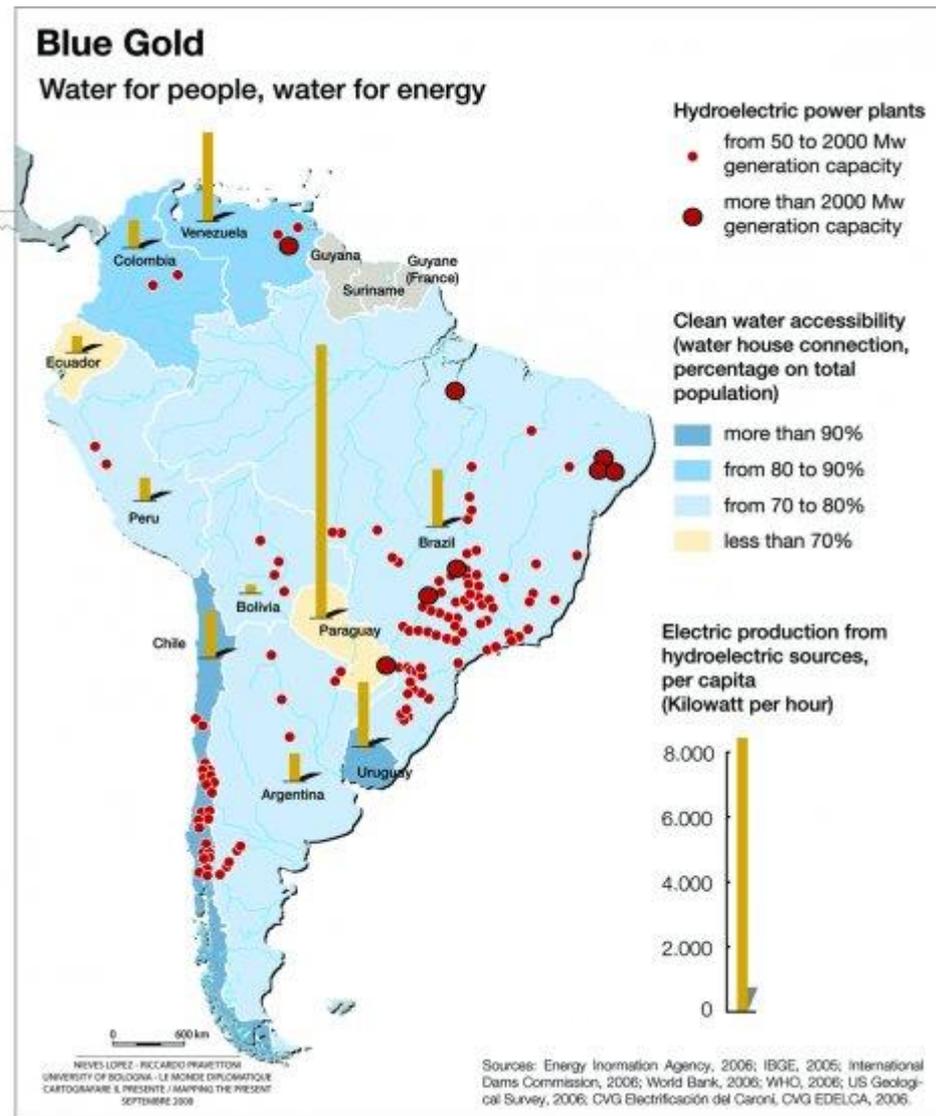
Segundo o Balanço Energético Nacional (2012), produção de energia hidráulica vem aumentando gradativamente, paralelo ao aumento da demanda social por energia, tal crescimento esta demonstrado na tabela abaixo:

### Energia Hidráulica

	GWh										
FLUXO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	FLOW
PRODUÇÃO	286.092	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	PRODUCTION
CONSUMO TOTAL	286.092	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO	286.092	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	TRANSFORMATION
GERAÇÃO PÚBLICA	274.338	294.274	308.584	325.053	335.761	359.256	354.285	371.670	382.599	405.621	PUBLIC SERVICE POWER PLANTS
GERAÇÃO DE AUTOPRODUTORES	11.754	11.342	12.213	12.404	13.044	14.759	15.271	19.318	20.690	22.712	SELF-PRODUCERS POWER PLANTS

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2012

A imagem seguinte apresenta dados sobre a água disponível para geração de energia e água acessível para a população, no Brasil e em alguns países da América Latina. Percebe-se que o Brasil possui vários pontos de capacidade de geração maior do que 2000MW, e uma média de 70 a 80% da população com acesso à água. Já Paraguai possui menos de 70% da população com acesso à água e a maior produção hidrelétrica per capita da América Latina, fator explicado pela presença da Usina de Itaipu. Podemos então afirmar que não há uma relação direta entre a capacidade de produzir energia e água disponível para consumo humano.



Fonte: Izquierdo & Pravettoni.

### Breve Histórico da Energia Hidrelétrica no Brasil

Alguns outros fatos históricos importantes para o país:

- 1952: Centrais de Minas Gerais (CEMIG);
- 1957: Centrais Elétricas de Furnas;
- 1966: Fusão de 3 usinas para formar as Centrais Elétricas de São Paulo (CESPE);
- 1984: Inicia o funcionamento de Itaipu, cuja capacidade total de geração só foi atingida em 2008;
- 2011: Inicia a construção da Usina de Belo Monte, na cidade de Altamira.

*Geração brasileira:*

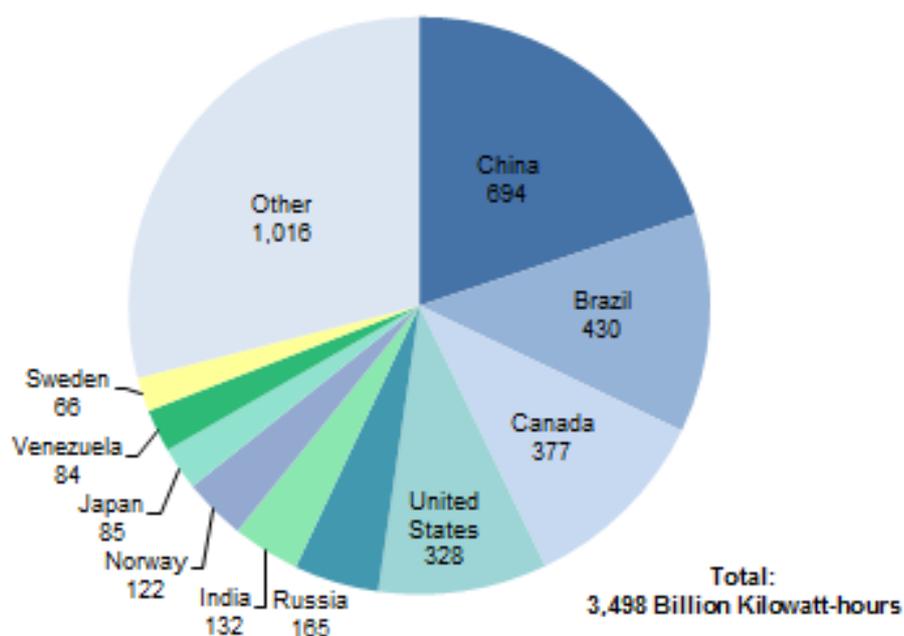
Norte – exclusivo hidrelétrica (Eletronorte);

Nordeste – CHESF e começa a implantação de uma termelétrica;  
Sul – Gerasul (hidro e termoelétrica – carvão mineral), Copel e Itaipu;  
Sudeste – Centro-Oeste: nuclear e honra aos contratos com a Itaipu.

### 3.2 Panorama Mundial

A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX – quando o carvão era o principal combustível e as pesquisas sobre petróleo ainda engatinhavam – junto às quedas d’água das Cataratas do Niágara. Até então, a energia hidráulica da região tinha sido utilizada apenas para a produção de energia mecânica.

Hydroelectric Generation by Country, 2011  
(Billion Kilowatt-hours)



Earth Policy Institute - [www.earth-policy.org](http://www.earth-policy.org)

Source: BP

### 4. Potencial hidráulico

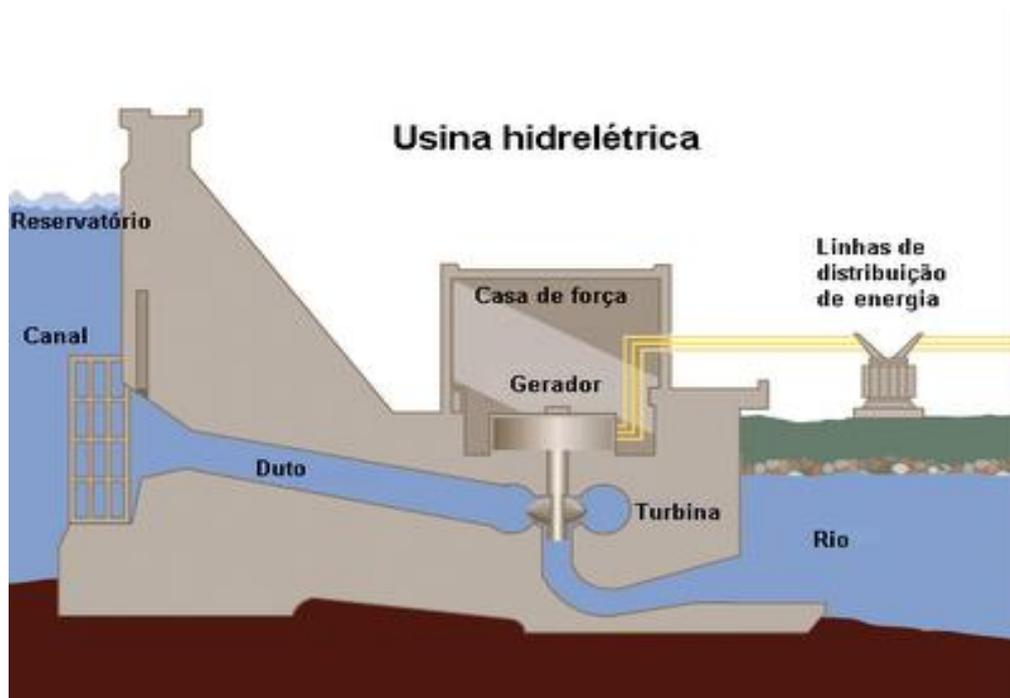
No Brasil temos um imenso potencial hidráulico, pois o país possui rios que têm todas as condições de se aproveitar seu potencial energético. Existem mais de 100 usinas hidroelétricas no país, entre hidrelétricas de pequenas e grande porte, sendo que as principais são:

Usina	Localização	Capacidade (MW)
<b>Região Norte</b>		
Tucuruí	Rio Tocantins	3.980
Balbina	Rio Uatumã	250
<b>Região Nordeste</b>		
Paulo Afonso	Rio São Francisco	2.460
Sobradinho	Rio São Francisco	1.050
Moxotó	Rio São Francisco	439,2
Itaparica	Rio São Francisco	1.500
Xingó	Rio São Francisco	3.000
<b>Região Sudeste</b>		
São Simão	Rio Paranaíba	1.715
Nova Ponte	Rio Araguari	510
Água Vermelha	Rio Grande	1.380
Três Irmãos	Rio Tietê	808
Emborcação	Rio Paranaíba	1.192
Ilha Solteira	Rio Paraná	3.230
Porto Primavera	Rio Paraná	1.854
Jaguara	Rio Grande	425,6
Três Marias	Rio São Francisco	387,6
<b>Região Sul</b>		
Foz do Areia	Rio Iguaçu	2.511
Capivara	Rio Paranapanema	640
Itaipu	Rio Paraná	12.600
Parigot de Souza	Rio Capivari	246,96
Itaúba	Rio Jacuí	625
Salto Osório	Rio Iguaçu	1.050
<b>Região Centro-Oeste</b>		
Ilha Solteira	Rio Paraná	3.230
Itumbiara	Rio Paranaíba	2.080
Jupia	Rio Paraná	1.411,2

Fonte: CEMIG.

#### **4.1 Processo de obtenção de energia**

A força da água em movimento é conhecida como energia potencial, essa água passa por tubulações da usina com muita força e velocidade, realizando a movimentação das turbinas. Nesse processo, ocorre a transformação de energia potencial (energia da água) em energia mecânica (movimento das turbinas). As turbinas em movimento estão conectadas a um gerador, que é responsável pela transformação da energia mecânica em energia elétrica.



A imagem acima demonstra um modelo básico de usina hidrelétrica, pois as usinas são construídas em locais distantes dos centros consumidores, esse fato eleva os valores do transporte de energia, que é transmitida por fios até as cidades. A eficiência energética das hidrelétricas é muito eficaz, em torno de 95%. O investimento inicial e os custos de manutenção são elevados, porém, o custo do combustível (água) é nulo. Atualmente, as usinas hidrelétricas são responsáveis por aproximadamente 18% da produção de energia elétrica no mundo.

## 5. Impactos sociais e ambientais

Apesar de ser uma fonte de energia renovável e não emitir poluentes, a energia hidrelétrica não está isenta de impactos ambientais e sociais. A inundação de áreas para a construção de barragens gera problemas de realocação das populações ribeirinhas, comunidades indígenas e pequenos agricultores, cidades inteiras têm que ser realocadas pelo represamento de rios, transferindo todos os moradores para outras áreas. O trabalho de realocação é imenso, pois a população quer manter os mesmos padrões de onde estavam acostumados, remoção da fauna local etc.

Foi lançado em 2011 o relatório Violação dos Direitos Humanos na Construção de Barragens, elaborado pela Comissão Especial "Atingidos por Barragens" do Conselho de Defesa de Direitos da Pessoa Humana. Neste relatório elaborado a partir do estudo de caso da construção de 7 usinas hidrelétricas ao longo do território brasileiro, é possível verificar a violação de 16 direitos humanos, sendo eles:

- Direito à informação e à participação;
- Direito à liberdade de reunião, associação e expressão;
- Direito ao trabalho e a um padrão digno de vida;
- Direito à moradia adequada;
- Direito à educação;
- Direito a um ambiente saudável e à saúde;
- Direito à melhoria contínua das condições de vida;
- Direito à plena reparação das perdas;
- Direito à justa negociação, tratamento isonômico, conforme critérios transparentes e coletivamente acordados;
- Direito de ir e vir;
- Direito às práticas e aos modos de vida tradicionais, assim como ao acesso e preservação de bens culturais, materiais e imateriais;
- Direito dos povos indígenas, quilombolas e tradicionais;
- Direito de grupos vulneráveis à proteção especial;
- Direito de acesso à justiça e a razoável duração do processo judicial;
- Direito à reparação por perdas passadas;
- Direito de proteção à família e a laços de solidariedade social ou comunitário.

O relatório completo pode ser encontrado em:

[http://www.direitoshumanos.gov.br/conselho/pessoa\\_humana/relatorios](http://www.direitoshumanos.gov.br/conselho/pessoa_humana/relatorios)

Os principais impactos ambientais ocasionados pelo represamento da água para a formação de imensos lagos artificiais são: destruição de extensas áreas de vegetação natural, matas ciliares, o desmoronamento das margens, o assoreamento do leito dos rios, prejuízos à fauna e à flora locais, alterações no regime hidráulico dos rios, possibilidades da transmissão de doenças, como esquistossomose e malária, extinção de algumas espécies de peixes. No site da Usina de Itaipu, fala-se que mais de 36 mil animais foram resgatados e soltos em outras reservas e unidades de conservação, porém muitos estudiosos dizem que isso foi uma medida inútil, pois os animais que já habitavam o local estavam em seu nicho ecológico, então com a entrada de outros organismos, seguramente houve uma competição e um deles acabou morrendo.

## **6. Aspectos físicos**

É baseada na geração de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos, que permitem estabelecer uma corrente elétrica entre ambos. Podem ser de corrente contínua (pilhas, baterias de automóveis, baterias de aparelhos eletroeletrônicos) ou corrente

alternada (geradores à diesel, hidro ou termoeletricidade, usinas nucleares). Mediante a transformação adequada é possível obter que tal energia mostre-se em outras formas finais de uso direto, em forma de luz, movimento ou calor, segundo os elementos da conservação da energia. É uma das formas de energia que o homem mais utiliza na atualidade, graças a sua facilidade de transporte, baixo índice de perda energética durante conversões.

A energia elétrica é produzida em tensões menores. Ao sair dos geradores, ela passa por uma estação elevadora, onde sua tensão chega a 440 mil volts. Então ela é direcionada às estações distribuidoras, que levarão a energia aos centros urbanos, onde ela passa por uma estação que reduz sua tensão a 11 mil volts. Essa tensão é distribuída então pelos postes de energia, dentro da cidade, onde sofre nova redução nos transformadores, ficando em três fases e um neutro, com a tensão variando em 127 ou 220 V.

As unidades de medições elétricas são:

- Volts (tensão)
- Watts (potência)
- Ohms (resistência)
- Ampère (corrente)
- kW, kWw

A energia elétrica é obtida principalmente através de termoelétricas, usinas hidroelétricas, usinas eólicas e usinas termonucleares.

## **7. Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs)**

Pequenas hidroelétricas ou PCHs são definidas de acordo com a resolução ANEEL 652/2003 como as usinas que atendem aos seguintes critérios:

- Destinada à produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma;
- Potência instalada compreendida entre 1.000 e 30.000 kW e área de reservatório menor que 3km<sup>2</sup>;
- Potência compreendida entre 1.000 e 30.000 kW e área de reservatório maior que 3km<sup>2</sup> desde que o reservatório tenha seu dimensionamento baseado em outros usos que não energia elétrica;
- Área do reservatório menor que ou compreendida entre 3,0 km<sup>2</sup> e 13 km<sup>2</sup> e atendendo à inequação:  $A \leq 14,3 P/H_b$  onde: A: área do reservatório em km<sup>2</sup>; P: Potência instalada em MW; H<sub>b</sub>: queda bruta em m.;
- PCHs são instalações que resultam em menores impactos ambientais e se prestam à geração descentralizada.

Este tipo de hidrelétrica é utilizada principalmente em rios de pequeno e médio porte

que possuam desníveis significativos durante seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas.

As resoluções elaboradas pela ANEEL permitem que a energia gerada nas PCH's entre no sistema de eletrificação, sem que o empreendedor pague as taxas pelo uso da rede de transmissão e distribuição. O benefício vale para quem entrou em operação até 2003. As PCH's são dispensadas ainda de remunerar municípios e Estados pelo uso dos recursos hídricos.

Pelo fato de uma PCH ser considerada uma construção de menor impacto ambiental e não necessitar de EIA/RIMA, algumas grandes obras que não conseguem seus licenciamentos ambientais estão sendo projetadas para algumas pCHs ao longo do mesmo rio, assim não há impedimentos técnicos e a energia e os impactos acontecem da mesma forma.

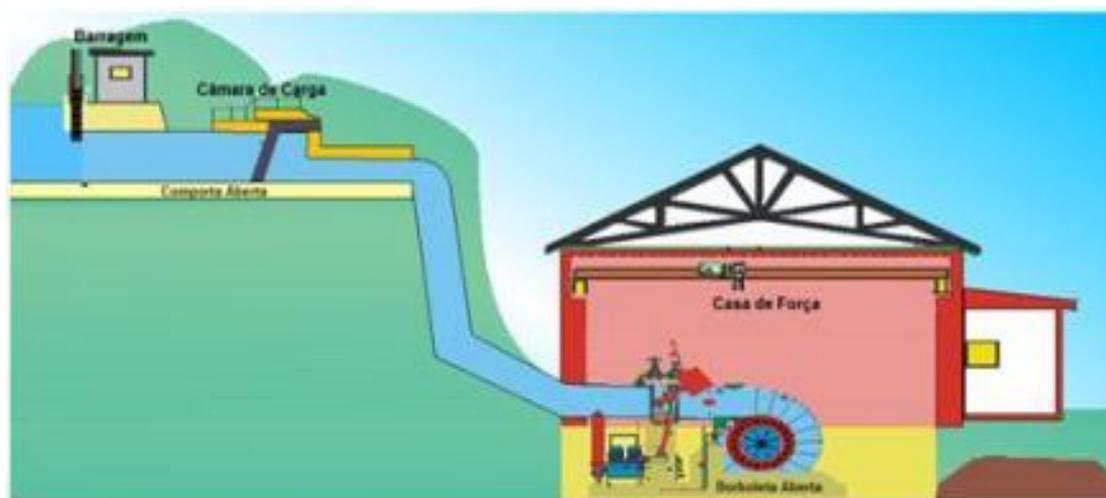
Uma PCH média opera em reservatórios que não permitem a regularização do fluxo de água. Resultando, durante períodos de estiagem, a ociosidade da hidrelétrica devido à menor disponibilidade de vazão e conseqüentemente, menor capacidade das turbinas.

Também há casos onde as vazões são maiores que a capacidade das máquinas, permitindo a passagem da água pelo vertedor.

Esses casos resultam em um custo da energia elétrica produzida pelas PCHs maior que o de uma usina hidrelétrica de grande porte, onde o reservatório pode ser operado de forma a diminuir a ociosidade ou os desperdícios de água.

Nos casos de implantação no sistema isolado da Região Norte, podem também receber incentivo do Fundo formado com recursos da Conta Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC), para financiar os empreendimentos, caso substituam as geradoras térmicas a óleo diesel nos sistemas isolados da Região Norte.

Abaixo, demonstração genérica de uma PCH:



O processo de autorização de exploração de PCHs difere do processo de concessão dos demais aproveitamentos pela ausência de licitação, com critérios menos objetivos, e mais dependentes das características das empresas participantes do que de critérios técnicos e econômicos. O estabelecimento desses critérios foi feito em 2001 (Resolução ANEEL 398/2001) e o processo de licenciamento e regulação de obras de PCHs é dividido em fases, desde a sua concepção até o início da geração comercial, a saber, inventário, projeto básico, licenciamento ambiental e conexão com a rede.

Para montar uma pequena central hidrelétrica é necessário uma aprovação dos estudos de inventário pela ANEEL, que após validados, se tornam públicos e qualquer interessado pode requerer o registro dos estudos de viabilidade e projeto básico de um ou mais aproveitamentos definidos nos estudos. O registro do projeto básico é o instrumento administrativo que permite ao empreendedor realizar os trabalhos de engenharia e solicitar o direito de exploração do empreendimento.

A resolução ANEEL 395/1998 estabelece os procedimentos gerais para o registro e aprovação dos estudos de viabilidade e projeto básico, assim como para autorização para exploração de PCHs. As etapas desse processo estão listadas abaixo:

- Elaboração do projeto básico de engenharia;
- Levantamentos complementares de campo;
- Estudos Hidrometeorológicos;
- Estudos Geológicos;
- Estudos Energéticos;
- Estudos Ambientais;
- Negociação Proprietários;
- Estudos de Interligação;
- Detalhamento do Projeto.

Após a apresentação e aceite do primeiro projeto básico, os demais interessados na exploração do empreendimento serão notificados para entregar seus projetos básicos no prazo de 90 dias.

Um projeto básico tradicional de uma PCH de 30 MW pode chegar à casa de R\$ 1,0 milhão ou mais, incluindo modelos reduzidos de hidráulica e sondagens de subsolo em quantidades suficientes para a execução da obra.

Porém é possível fazer um projeto básico com apenas as especificações mínimas exigidas pela Aneel por R\$ 300 mil ou menos. Obviamente esse projeto de custo baixo leva a criação de projetos precários que podem conter diversas falhas e riscos tanto para o ambiente quanto para os próprios empreendedores que são forçados a desistir de seus projetos por falta de base para a construção.

As PCHs são interligadas ao sistema de distribuição de energia elétrica por meio das redes de distribuição, em tensão variando de 13,8 kV a 138 kV. Em alguns casos, existe a possibilidade de conexão da PCH a uma linha de transmissão requerendo a implantação de uma subestação elevadora na usina, bem como prover adequação aos padrões de flexibilidade e confiabilidade do sistema elétrico, necessários à operação da linha de transmissão em questão.

Além disso, a hidrelétrica se torna o responsável na eventualidade de interrupção do fluxo de potência passante causado por problemas de operação e manutenção inerentes a subestação elevadora da PCH. A conexão elétrica pode ser mais ou menos complexa, e essa complexidade dependerá de certos fatores tais como: a capacidade instalada, a localização geográfica e o nível de tensão disponível na região.

A companhia responsável pela hidrelétrica está incumbida da implantação das instalações de conexão desde sua usina até o ponto de conexão. As PCHs geralmente estão situadas em locais de difícil acesso, distantes das redes de distribuição e de linhas de transmissão, e podem apresentar custos elevados para sua integração ao sistema elétrico.

Após o término da construção da Linha de Conexão e da instalação dos equipamentos exigidos pela Concessionária de Distribuição a empresa doa a Linha de Acesso para a Concessionária visando a evitar custos de operação e manutenção da Linha.

## **8. Legislação**

O Brasil vem produzindo, desde o início do século passado, legislação e políticas que buscam paulatinamente consolidar uma forma de valorização de seus recursos hídricos.

A crise econômica de fins do século XIX e início do século XX, centrada na troca do modelo econômico - de agrário para industrial, exige uma maior utilização da energia elétrica para a geração de riquezas. Neste contexto sócio econômico foi publicado o Decreto 24.643 em 10 de Julho de 1934, que aprovou o Código de Águas Brasileiro.

Mesmo voltado para a priorização da energia elétrica, o Código de Águas de 34, como ficou conhecido, inicia um trabalho de mudança de conceitos relativos ao uso e a propriedade da água. No transcorrer das mudanças econômicas e sociais, que se deram no Brasil e no mundo, abriram espaço para o estabelecimento de uma Política Nacional de Gestão de Águas.

Assim, com o olhar voltado para a história das águas no Brasil, podemos considerar que: o Código de Águas Brasileiro, criado com a finalidade de estabelecer o regime jurídico das águas no Brasil, dispõe sobre sua classificação e utilização, bem como sobre o aproveitamento do potencial hidráulico, fixando as respectivas limitações administrativas de interesse público. (CETESB, 2010).

De acordo com Milaré, o Código de Águas, decreto 24.643, de 10.07.1934 foi o

primeiro diploma legal que possibilitou ao Poder Público disciplinar o aproveitamento industrial da água e, de modo especial, o aproveitamento e exploração da energia hidráulica.

Segue abaixo os principais pontos do Código de Águas referente à energia hidráulica e seu aproveitamento:

Art. 139. O aproveitamento industrial das quedas de águas e outras fontes de energia hidráulica, quer do domínio público, quer do domínio particular, far-se-há pelo regime de autorizações e concessões instituído neste Código.

§ 1º Independe de concessão ou autorização o aproveitamento das quedas d'agua já utilizadas industrialmente na data da publicação deste Código, desde que sejam manifestadas na forma e prazos prescritos no Art. 149 e enquanto não cesse a exploração; cessada esta cairão no regime deste Código.

§ 2º Também ficam excetuados os aproveitamentos de quedas d'agua de potência inferior a 50 kws. Para uso exclusivo do respectivo proprietário.

§ 3º Dos aproveitamentos de energia hidráulica que, nos termos do parágrafo anterior não dependem de autorização, deve ser todavia notificado o Serviço de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral do Ministério da Agricultura para efeitos estatísticos.

§ 4º As autorizações e concessões serão conferidas na forma prevista no Art. 195 e seus parágrafos.

§ 5º Ao proprietário da queda d'agua são assegurados os direitos estipulados no Art. 148.

Art. 140. São considerados de utilidade pública e dependem de concessão.

a) os aproveitamentos de quedas d'agua e outras fontes de energia hidráulica de potência superior a 150 kws. Seja qual for a sua aplicação.

b) os aproveitamentos que se destinam a serviços de utilidade pública federal, estadual ou municipal ou ao comércio de energia seja qual for a potência.

Art. 141. Dependem de simples autorização, salvo o caso do § 2º do 139, os aproveitamentos de quedas de água e outras fontes de energia de potência até o máximo de 150 kws. Quando os permissionários forem titulares de direitos de ribeirinidades com relação à totalidade ou ao menos à maior parte da seção do curso d'água a ser aproveitada e destinem a energia ao seu uso exclusivo.

Art. 142. Entendem-se por potência para os efeitos deste Código a que é dada pelo produto da altura da queda pela descarga máxima de derivação concedida ou autorizada.

Art. 143. Em todos os aproveitamentos de energia hidráulica serão satisfeitas exigências acauteladoras dos interesses gerais:

- a) da alimentação e das necessidades das populações ribeirinhas;
- b) da salubridade pública;
- c) da navegação;
- d) da irrigação;
- e) da proteção contra as inundações;
- f) da conservação e livre circulação do peixe;
- g) do escoamento e rejeição das águas.

Art. 144. O Serviço de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral do Ministério da Agricultura, é o órgão competente do Governo Federal para:

- a) proceder ao estudo e avaliação de energia hidráulica do território nacional;
- b) examinar e instruir técnica e administrativamente os pedidos de concessão ou autorização para a utilização da energia hidráulica e para produção, transmissão, transformação e distribuição da energia hidroelétrica;
- c) fiscalizar a produção, a transmissão, a transformação e a distribuição de energia hidroelétrica; (Alterado pelo DL-003.763-1941)
- d) exercer todas as atribuições que lhe forem conferidas por este Código e seu regulamento.

Art. 145. As quedas d'água e outras fontes de energia hidráulica são bens imóveis e tidas como coisas distintas e não integrantes das terras em que se encontrem. Assim a propriedade superficial não abrange a água, o álveo do curso no trecho em que se acha a queda d'água, nem a respectiva energia hidráulica, para o efeito de seu aproveitamento industrial.

A questão da energia elétrica também está prevista no nosso mais importante ordenamento jurídico nacional, Constituição Federal, que assegura que cabe aos Estados, ao Distrito Federal, e aos Municípios participação no resultado da exploração de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica. Entretanto os recursos hídricos e potencial hidráulico das águas pertence a União, conforme abaixo:

Art. 20. São bens da União:

VII- os potenciais de energia hidráulica;

§ 1º É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de

energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração (Constituição Federal, 1988).

Neste contexto, é importante comentar sobre os instrumentos legais de interesse de empreendimentos elétricos, visto que estes são empreendimentos causadores de significativos impactos ambientais negativos. De acordo com a Resolução CONAMA n 001/86 de 23 janeiro de 1986, resolve-se:

Artigo 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA e em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230KV;

VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;

Sendo assim, para a instalação e operação de um usina hidrelétrica deve ser realizado um Estudo de Impacto Ambiental.

Por intermédio da Lei nº 9.427, de 26/12/96, é instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal, bem como a articulação com os Estados e o Distrito Federal, para o aproveitamento energético dos cursos de água e a compatibilização com a política nacional de recursos hídricos, dispondo o seu artigo 3º:

“Art. 3º: Além das incumbências prescritas nos artigos 29 e 30 da Lei nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, aplicáveis aos serviços de energia elétrica, compete especialmente à ANEEL:

I- implementar as políticas e diretrizes do governo federal para a exploração de energia elétrica e o aproveitamento dos potenciais hidráulicos, expedindo atos regulamentadores necessários ao cumprimento das normas estabelecidas pela Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995;

II- promover as licitações destinadas à contratação de concessionárias de serviço público para produção, transmissão e distribuição de energia elétrica e para a outorga de concessão para aproveitamento de potenciais hidráulicos;

III- definir o aproveitamento ótimo de que trata os §§ 2º e 3º do art. 5º da Lei nº

9.074, de 07 de julho de 1995;

IV- celebrar e gerir os contratos de concessão ou de permissão de serviços públicos de energia elétrica, de concessão de uso de bem público, expedir autorizações, bem como fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões e a prestação dos serviços de energia elétrica;

V- dirimir, no âmbito administrativo, as divergências entre concessionárias, permissonárias, autorizadas, produtores independentes e autoprodutores, bem como entre esses agentes e seus consumidores;

VI- fixar os critérios para cálculo do preço de transporte de que trata o § 6º do art. 15 da Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995, e arbitrar seus valores nos casos de negociação frustrada entre os agentes envolvidos.

VII- articular com o órgão regulador do setor de combustíveis fósseis e gás natural os critérios para fixação dos preços de transporte desses combustíveis, quando destinados à geração de energia elétrica, e para arbitramento de seus valores, nos casos de negociação frustrada entre os agentes envolvidos.

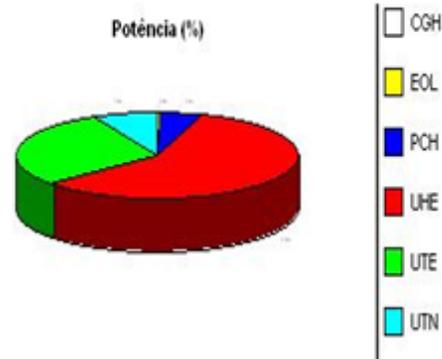
## 9. Viabilidade Econômica

No Brasil, de acordo com o Banco de Informações da Geração da Aneel, em novembro de 2008, existem em operação 227 CGHs, com potência total de 120 MW; 320 PCHs (2,4 mil MW de potência instalada) e 159 UHE com uma capacidade total instalada de 74,632 mil MW. Em novembro de 2008, as usinas hidrelétricas, independentemente de seu porte, respondem, portanto, por 75,68% da potência total instalada no país, de 108,594 mil MW.

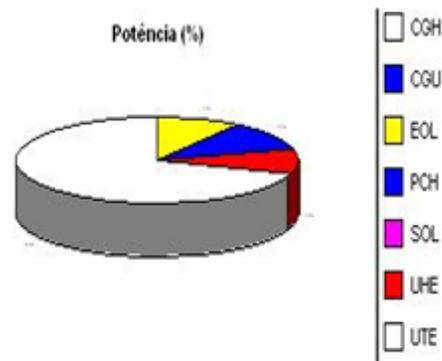
Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	315	181.301	179.700	0,17
EOL	44	769.130	765.534	0,70
PCH	368	3.171.460	3.128.387	2,88
SOL	1	20	20	0
UHE	167	75.559.377	75.803.799	69,80
UTE	1.337	29.158.097	26.709.778	24,60
UTN	2	2.007.000	2.007.000	1,85
<b>Total</b>	<b>2.234</b>	<b>110.846.385</b>	<b>108.594.218</b>	<b>100</b>

Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

Empreendimentos em Construção			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0
EOL	3	98.850	0,56
PCH	64	877.391	4,94
UHE	17	10.244.500	57,63
UTE	52	5.204.271	29,28
UTN	1	1.350.000	7,59
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>17.775.860</b>	<b>100</b>



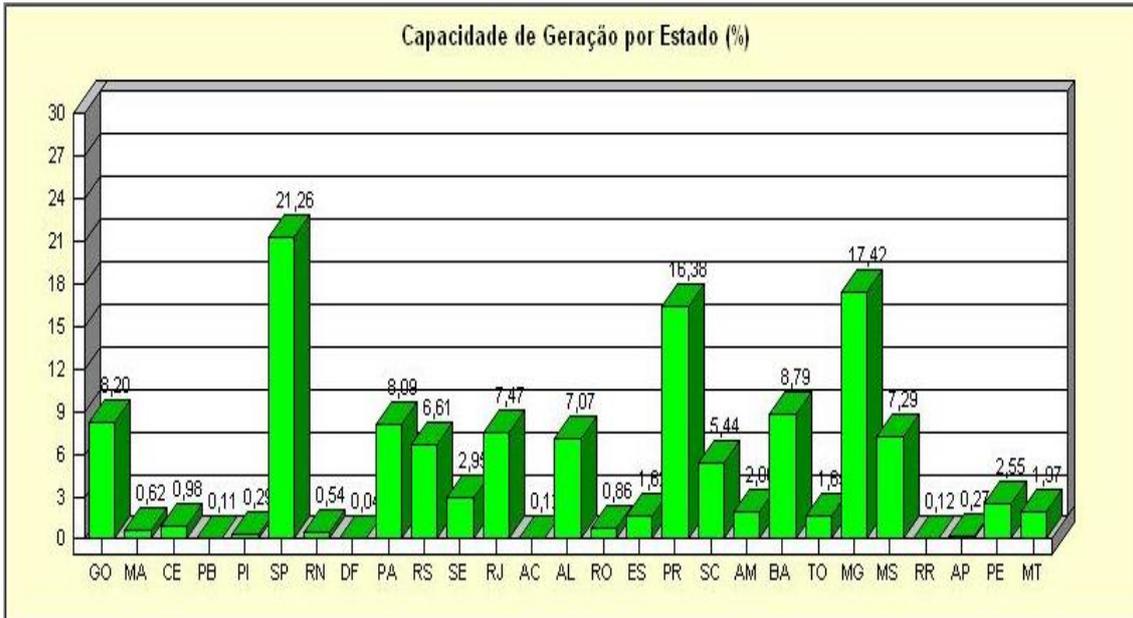
Empreendimentos Outorgados entre 1998 e 2010 (não iniciaram sua construção)			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	71	47.630	0,24
CGU	1	50	0
EOL	35	1.906.281	9,50
PCH	148	2.073.367	10,34
SOL	1	5.000	0,02
UHE	11	2.190.000	10,92
UTE	166	13.837.569	68,98
<b>Total</b>	<b>433</b>	<b>20.059.897</b>	<b>100</b>



Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-Elétrica
EOL	Central Geradora Eolielétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
SOL	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTE	Usina Termelétrica de Energia
UTN	Usina Termonuclear

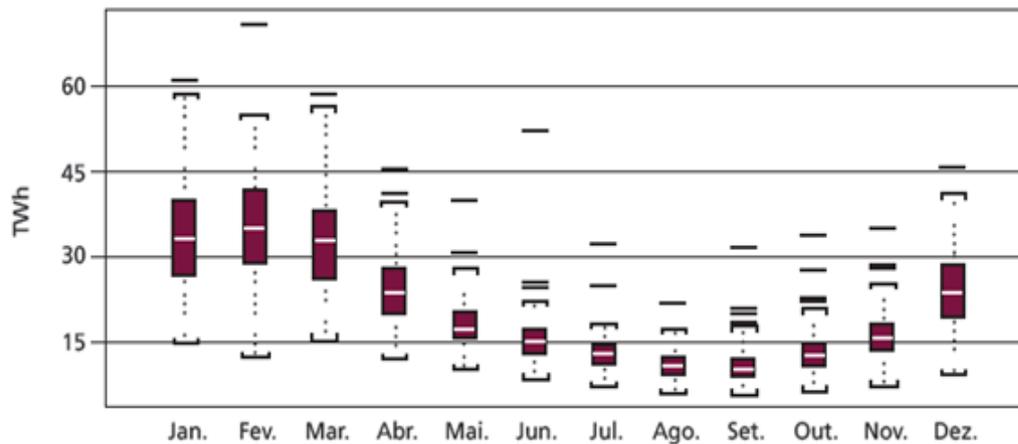
Mundialmente o Brasil se destaca como o país com maior potencial hidrelétrico: um total de 260 mil MW, segundo o Plano 2015 da Eletrobrás, último inventário produzido no país em 1992. Destes, pouco mais de 30% se transformaram em usinas construídas ou outorgadas. O Brasil ainda possui 70% de potencial não explorado de produção de energia hidrelétrica. A maioria das grandes centrais hidrelétricas brasileiras localiza-se nas bacias do São Francisco e, principalmente, do Paraná, particularmente nas sub-bacias do Paranaíba, Grande e Iguaçu, apesar da existência de unidades importantes na região Norte.

Os potenciais da região Sul, Sudeste e Nordeste já estão, portanto, quase integralmente explorados:



Devido a estes fatos, o estudo sobre energia hidrelétrica constante do PNE 2030 relaciona o potencial de aproveitamento ainda existente em cada uma das bacias hidrográficas do país.

Há que se lembrar, entretanto, do efeito da sazonalidade na capacidade de geração no Sistema Elétrico:



Fonte: Ipea.

Obs.: Os limites inferiores e superiores do gráfico de caixas mostram as flutuações no fluxo de energia para a região Sudeste – Centro-Oeste a partir de uma série histórica de 70 anos (1933-2002). A linha branca determina a mediana para cada mês. A caixa vermelha representa os segundo e terceiro quartis.

## 10. Vantagens

- Fonte considerada renovável e mais eficiente;
- Baixo custo e abundância de fontes hídricas (Brasil);

- Matéria Prima (água) não tem custo;
- Financiamento do governo para construção das obras;
- Aproveitamento da madeira inundada – Tucuruí;
- Comparativamente;
- Menos GEE do que termelétricas movidas a combustíveis fósseis;
- Não envolve riscos como de usinas nucleares (vazamento, contaminação etc.).

### **11. Desvantagens**

- Altos custos de implantação;
- Alterações nas características climáticas, hidrológicas e geomorfológicas locais;
- Morte de espécies que vivem nas áreas de inundação e nas proximidades;
- Propagação de endemias como a esquistossomose, a malária e o tracoma;
- Violação de direitos humanos na construção de barragens, expulsão das comunidades de seus locais de origem;
- Grandes áreas inundadas, mudança da paisagem local;
- Problemas nos lagos das barragens: formação de lodo, acidez da água, desgaste de peças.

### **Conclusões**

Retomando a discussão apresentada na introdução, quando à forma de vida e ao consumo de energia necessário para o desenvolvimento do sistema capitalista, poderíamos concluir que mudanças profundas na nossa forma de vida e na matriz energética do Brasil e do mundo são necessárias. Porém o que está colocado a esse trabalho é uma análise de uma das fontes de energia do Brasil, sendo assim, o Brasil é um país extremamente rico em potencial para a produção de energia hidrelétrica, tem rios grandes e bastante caudalosos. Na região sul e sudeste boa parte deste potencial já foi explorado e na região norte há um potencial não explorado, apesar de ser questionável esse potencial, uma vez que há grande volume de água, porém há pouco desnível na região.

Há necessidade de maiores pesquisas sobre a repotencialização das hidrelétricas já existentes, bem como avaliação da eficiência e contribuição da expansão de pequenas centrais hidrelétricas. Junto a isso é também continuar pesquisas com fontes de energia alternativas que sejam renováveis e de menores impactos ambientais e sociais, uma vez que se analisarmos a fundo todos os impactos da construção de uma barragem, não mais construiríamos barragens em nosso país.

Também há necessidade de rever as formas de distribuição da energia elétrica nacional e os principais consumidores, as indústrias, se instalando no Brasil para produzir e exportar materiais, à custa de nossa energia barata.

## Referências

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);  
Atlas de Energia Elétrica - 3ª Edição  
[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf) (acessado em 20/5/2011)
- Balanco Energético Nacional 2012  
Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf)
- CETESB, 2010. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em:  
[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta\\_historico.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_historico.asp) . Acesso: maio/2010;
- Código das Águas;
- Constituição Federal, 1988;
- Gonçalves, Dorival Junior. Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro: Estratégia de retomada da taxa de acumulação do capital?. Programa interunidades de pós graduação em energia Universidade de São Paulo. 2002.  
([http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/dissertacao\\_dorival.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/dissertacao_dorival.pdf))
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea);
- Markus, Otávio: Circuitos Elétricos em Corrente Contínua e Alternada, Editora Érica,1997.
- Relatório Final Balanço Energético Nacional 2010  
(<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2010.aspx>)
- Resolução CONAMA;
- Voith Energy Wave Power Clean Renewable Electricity Generation – Wavegen. Disponível em: <http://www.wavegen.co.uk/> ;  
[www.brasilecola.com](http://www.brasilecola.com) ; (visitado em 06/06/2010)  
[www.tiosam.net](http://www.tiosam.net) ; (visitado em 06/06/2010)  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) ; (visitado em 06/06/2010)  
[www.discoverybrasil.com/guia\\_tecnologia/energia\\_alternativa/energia\\_hidraulica/index.shtml](http://www.discoverybrasil.com/guia_tecnologia/energia_alternativa/energia_hidraulica/index.shtml) ; (visitado em 06/06/2010)