

# Matriz Energética Brasileira: *As hidroelétricas e seus impactos ambientais*



**Amilcar Guerreiro**

*Economia da Energia e do Meio Ambiente*

*Diretor*



**IX Simpósio  
Internacional de  
Qualidade Ambiental**

**Centro de Eventos  
Hotel Plaza São Rafael  
Porto Alegre • RS • Brasil**

**19 a 21 de maio de 2014**

# Matriz Energética Brasileira: *As hidroelétricas e seus impactos ambientais*



## AGENDA

- 1 Energia hidráulica na Matriz Energética Brasileira
- 2 Avaliação dos impactos ambientais da expansão hidroelétrica
- 3 Mitigação e compensação dos impactos
- 4 Considerações finais

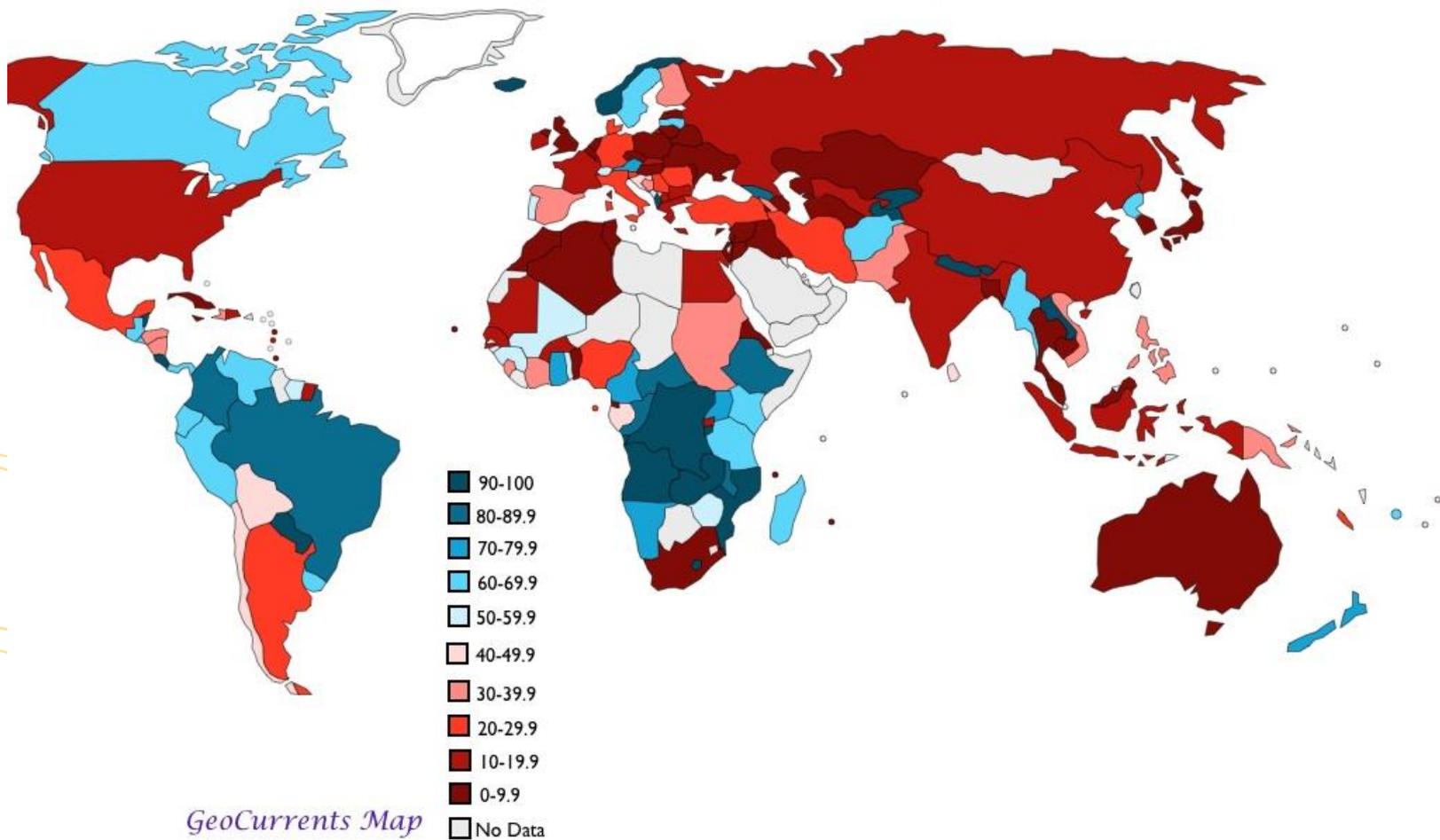


# 1

## Energia hidráulica na Matriz Energética Brasileira

# Percentage of Electricity Generation from Renewable Sources

(Hydro, Geothermal, Solar, Biomass, Wind)



Data Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_electricity\\_production\\_from\\_renewable\\_sources](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_electricity_production_from_renewable_sources)

# Matriz energética brasileira, 2012

**RENOVÁVEIS ▶ 42.4%**

Oferta interna bruta: 283,6 Mtoe

**Biomassa da  
cana-de-açúcar  
15.4%**



**Hidráulica  
13.8%**



**Lenha e  
carvão vegetal  
9.1%**



**Licor negro e  
outras  
4.1%**



**NÃO RENOVÁVEIS ▶ 57.6%**

**Petróleo  
39.2%**



**Gás natural  
11.5%**



**Carvão  
5.4%**



**Urânio  
1.5%**

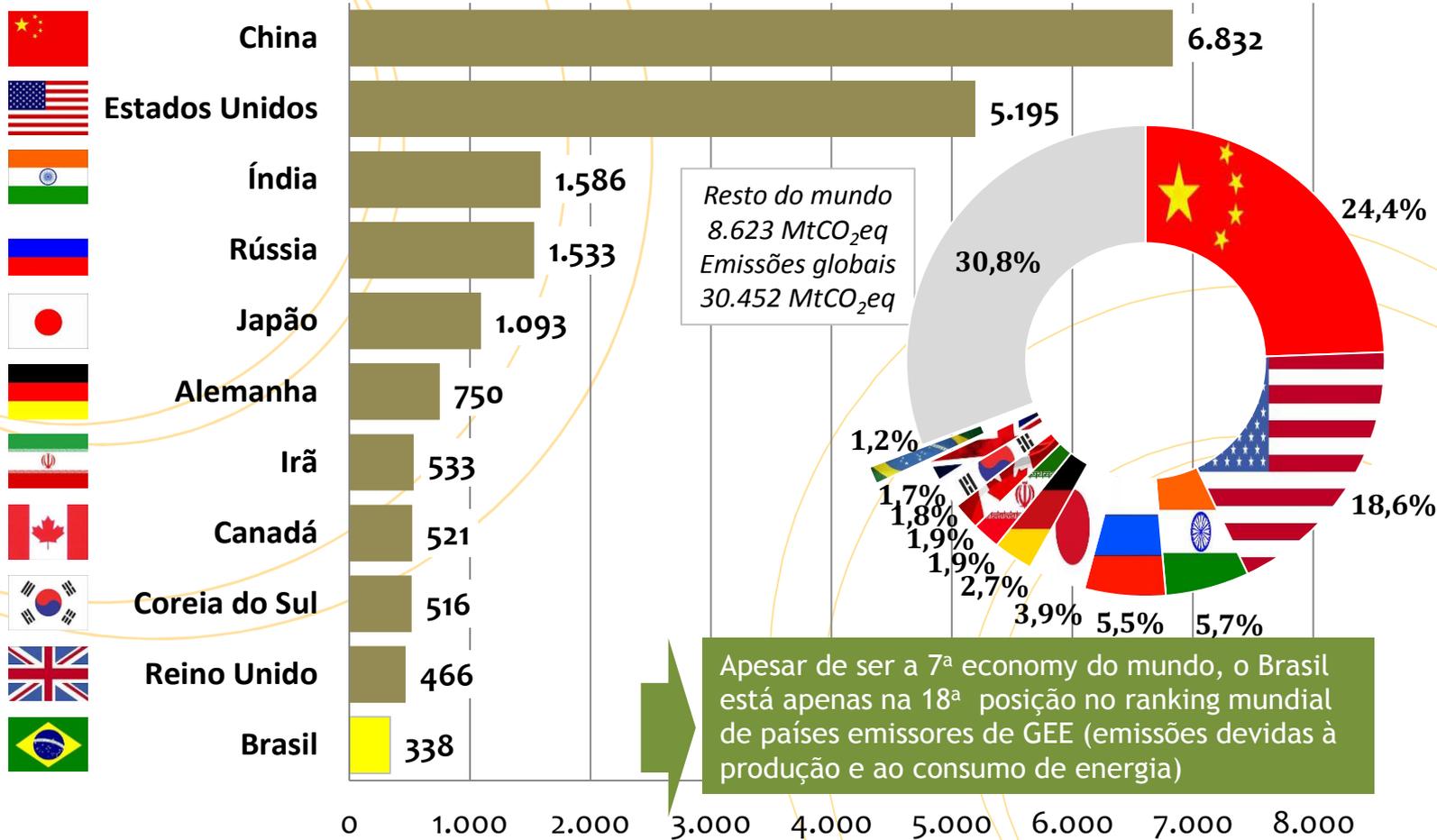


*Note: não inclui perdas  
Fonte: EPE, BEN 2013*



# Emissões de GEE, MtCO<sub>2</sub>eq, 2009

## Produção e consumo de energia



Apesar de ser a 7ª economy do mundo, o Brasil está apenas na 18ª posição no ranking mundial de países emissores de GEE (emissões devidas à produção e ao consumo de energia)

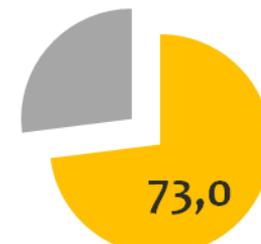
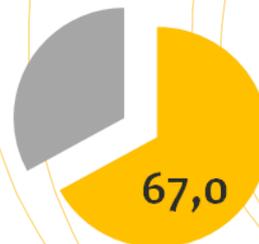
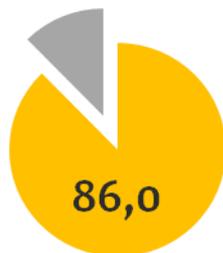
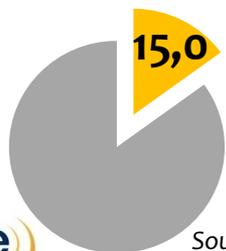
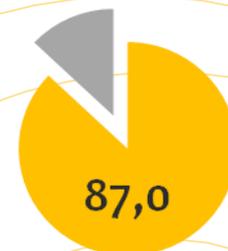
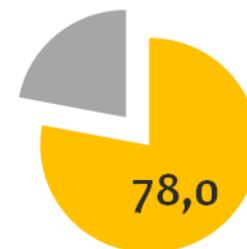
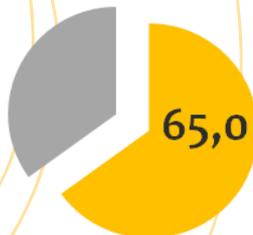
Fontes: AIE, EPE



# Emissões antrópicas de GEE

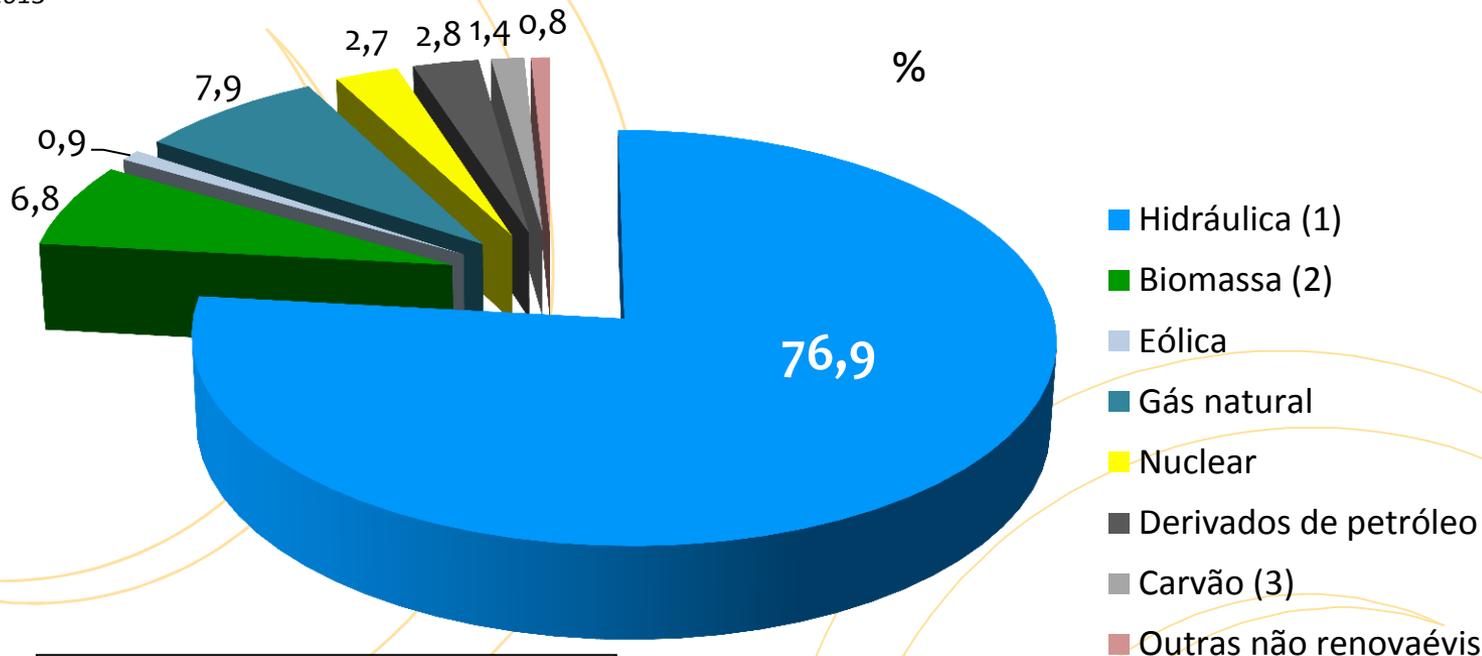
## Participação do setor energético nas emissões totais

Nota: Dados de 2005. Inclui mudanças no uso do solo, desmatamento e consumo de "bunker".  
Fonte: WRI/CAIT (2011)



# Matriz elétrica brasileira, 2012

Fonte: EPE, BEN 2013



Geração hidráulica +  
importação em 2012:  
**455,6 TWh**

- <sup>1</sup> Inclui importação
- <sup>2</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, licor negro e outras recuperações
- <sup>3</sup> Inclui gás de coqueria

Notas: 1) Não inclui perdas na transformação; 2) Inclui perdas elétricas.

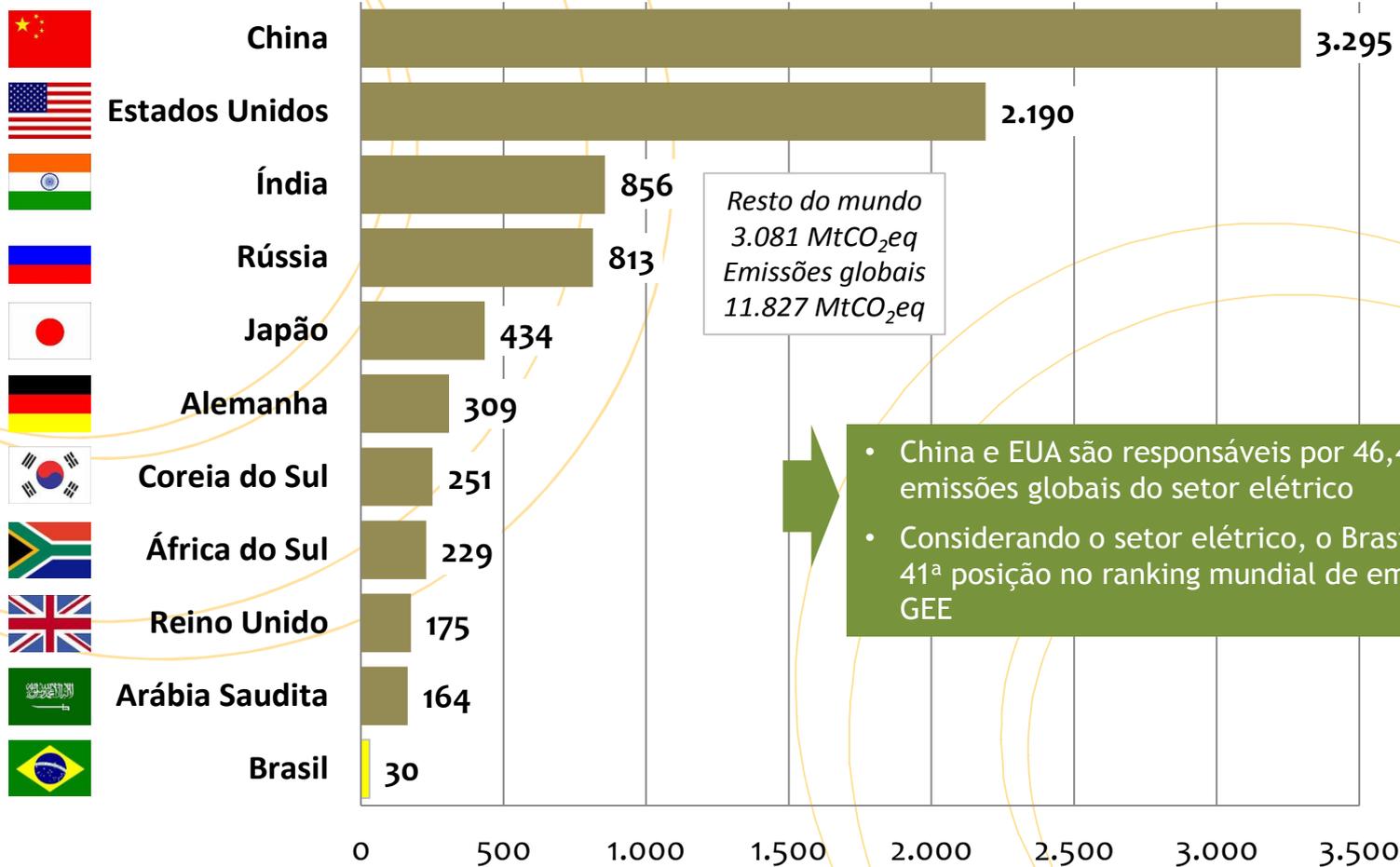
Renováveis representaram 84,6% da matriz elétrica brasileira em 2012

**Oferta interna total de eletricidade: 592,8 TWh**



# Emissões de GEE, MtCO<sub>2</sub>eq, 2009

## Produção e consumo de eletricidade



- China e EUA são responsáveis por 46,4% das emissões globais do setor elétrico
- Considerando o setor elétrico, o Brasil ocupa a 41ª posição no ranking mundial de emissões de GEE

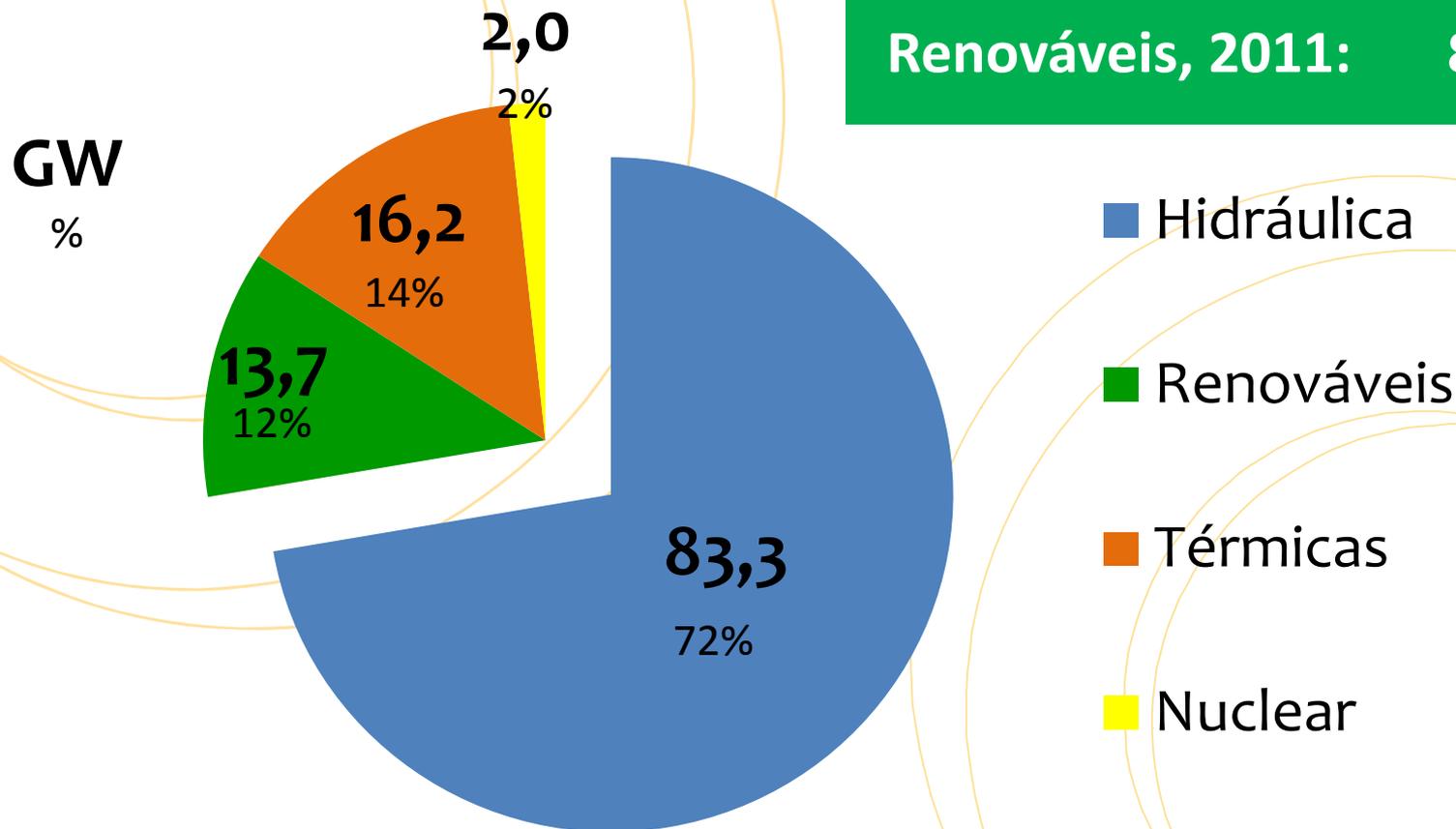
Fontes: AIE, EPE



# CAPACIDADE INSTALADA NO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN), 2011

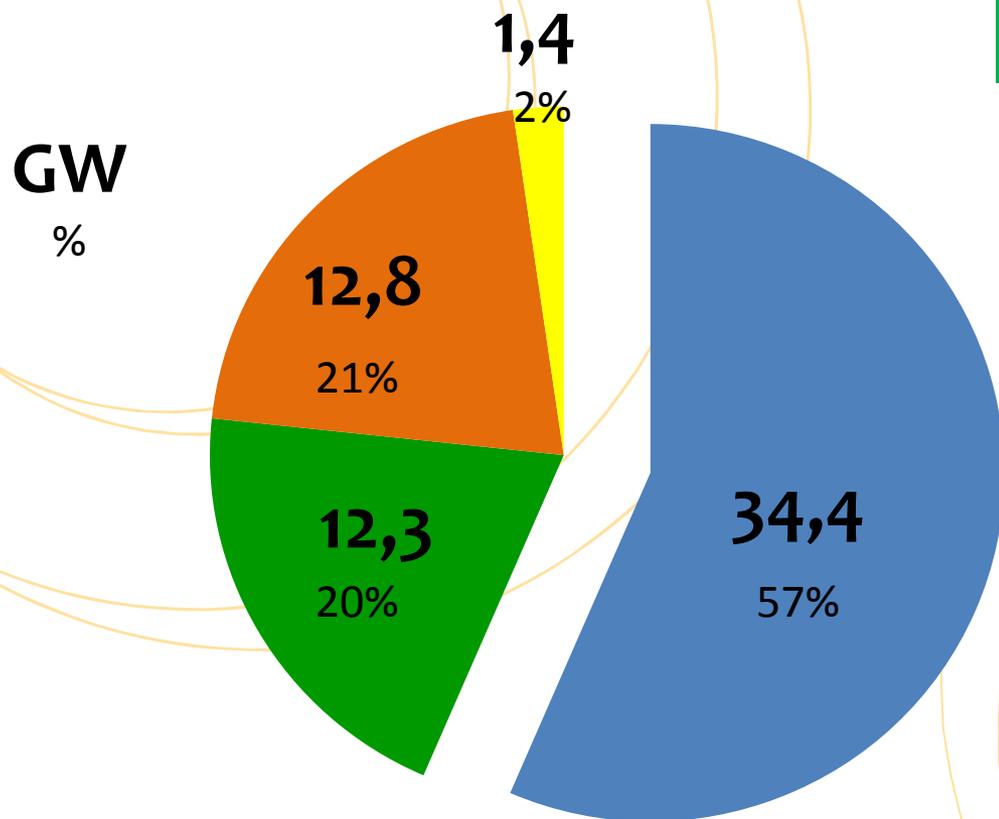
*SIN compreende 99,8% do consumo de eletricidade na rede (exclusive autoprodução)*

**Renováveis, 2011: 84%**



SOURCE: EPE (PDE 2021)

# SIN: EXPANSÃO JÁ CONTRATADA 2008-2017



**Renováveis: 77%**

■ Hidráulica

■ Renováveis

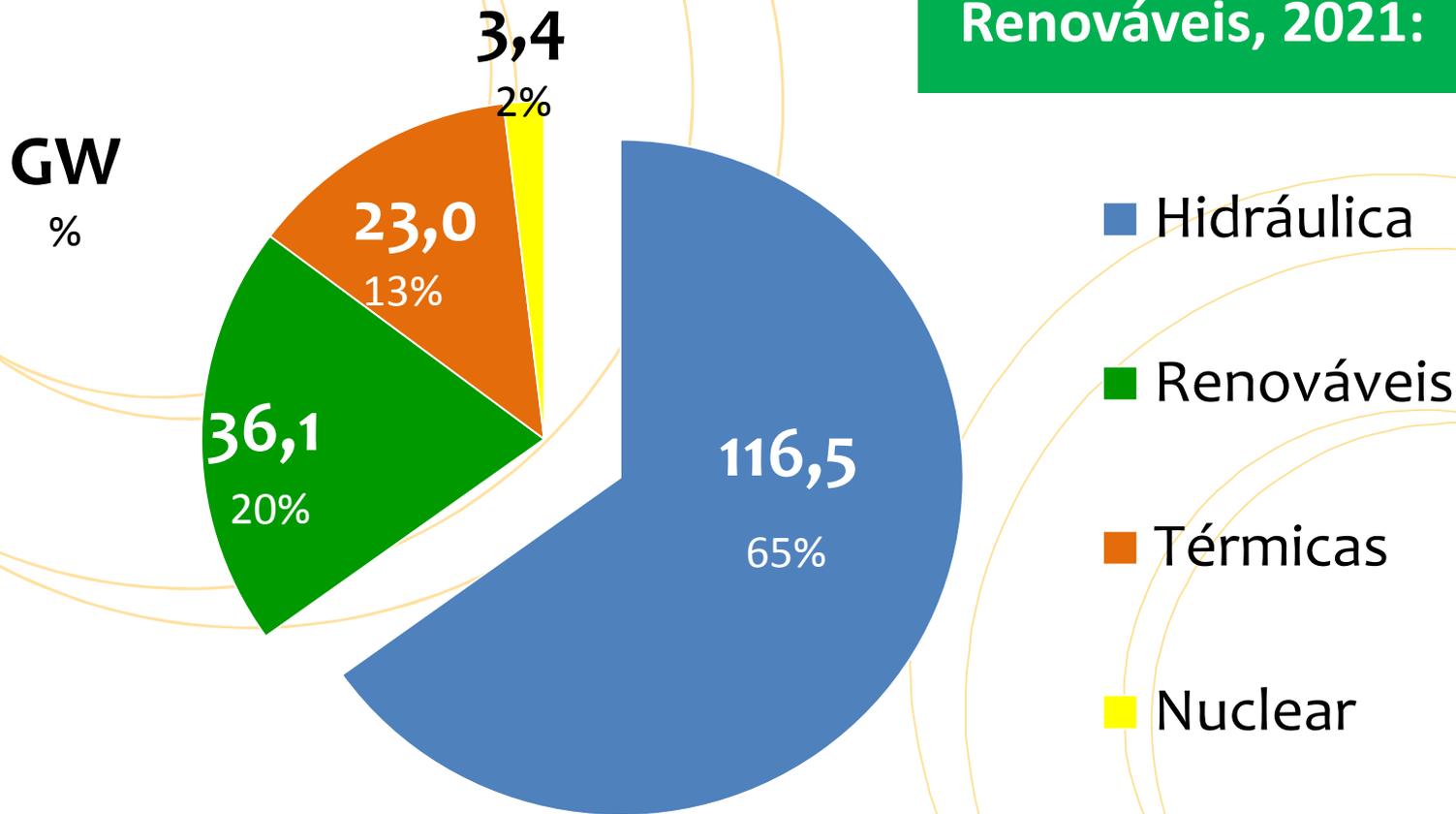
■ Térmicas

■ Nuclear

FONTE: EPE (PDE 2021)

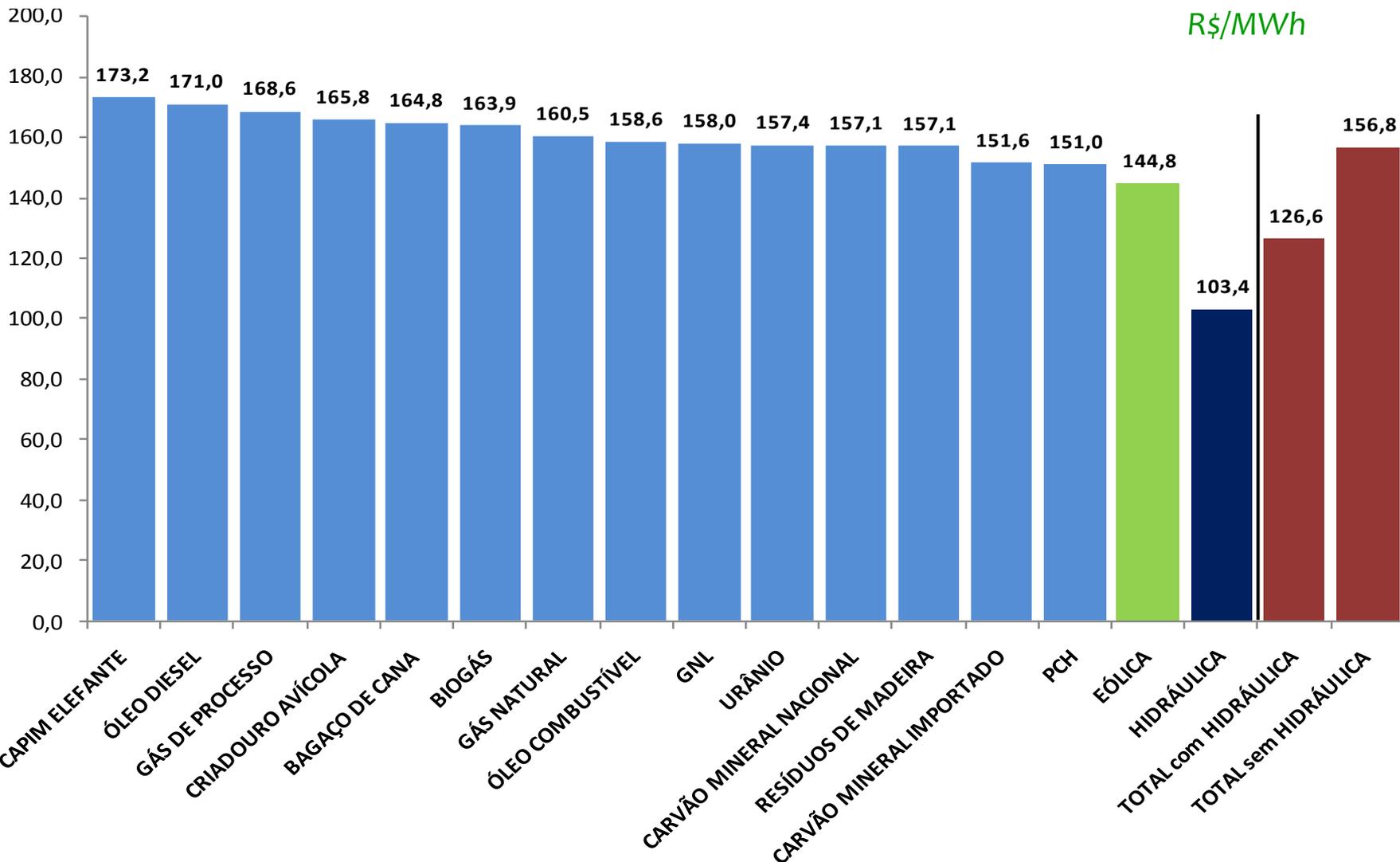
# SIN: CAPACIDADE INSTALADA EM 2021 (PROJEÇÃO)

**Renováveis, 2021: 85%**



FONTE: EPE (PDE 2021)

# Preço médio da energia nos leilões de expansão da oferta

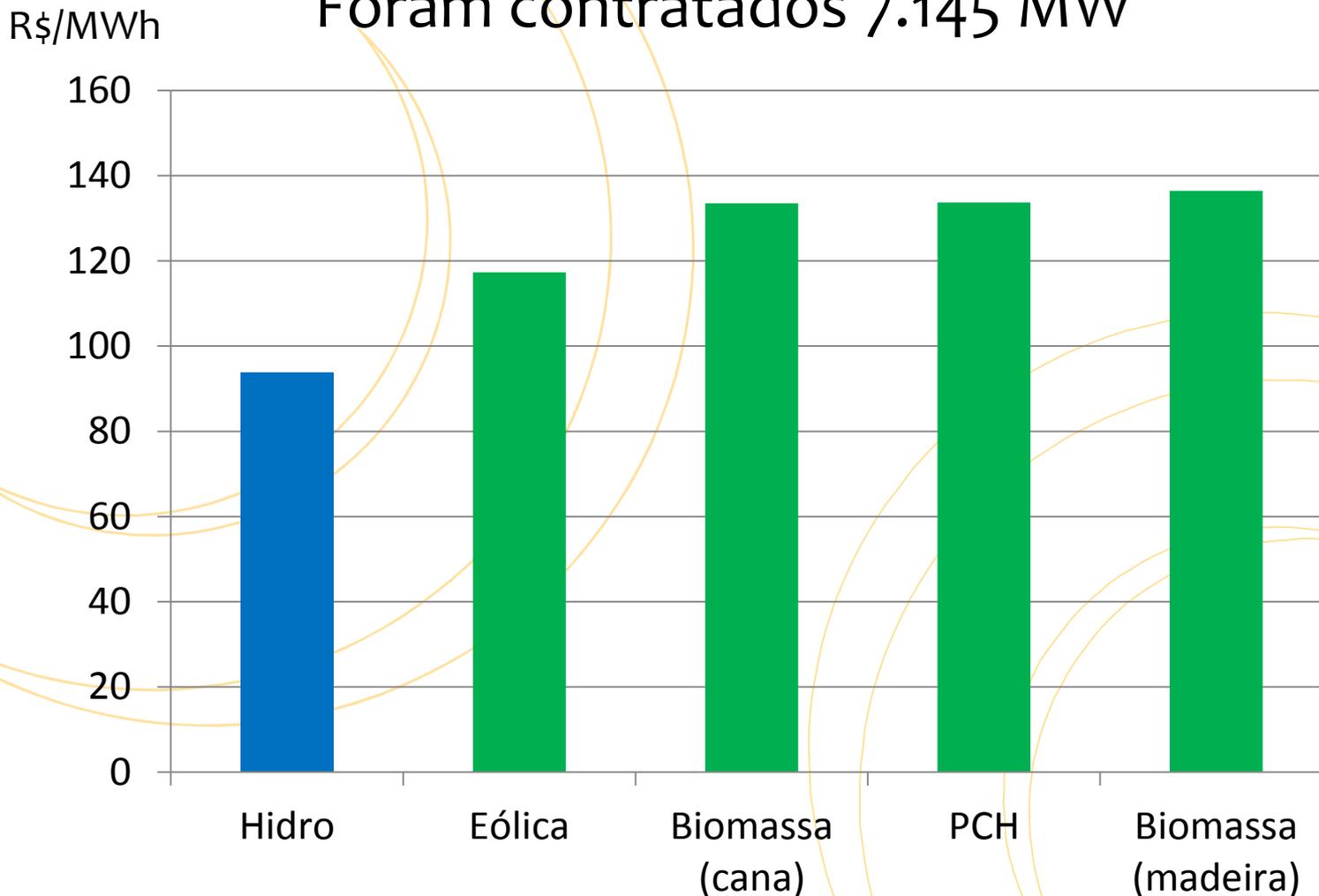


Nota: valores referidos a janeiro de 2011

Fonte: EPE

# Preço médio da energia nos leilões de 2013

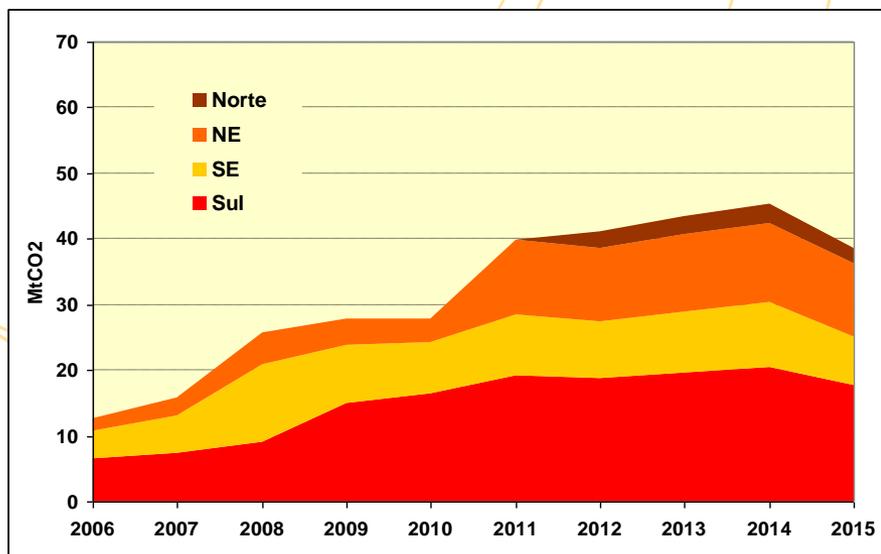
Foram contratados 7.145 MW



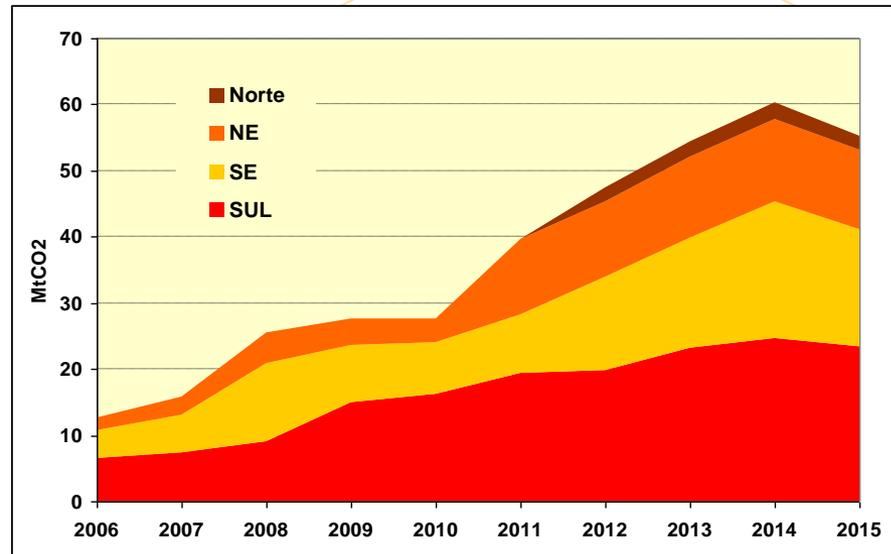
# Hidráulicas x Emissões CO2

Emissões de CO2 pelo menos 50% mais altas somente na produção de eletricidade

Expansão **COM** hidráulicas



Expansão **SEM** hidráulicas

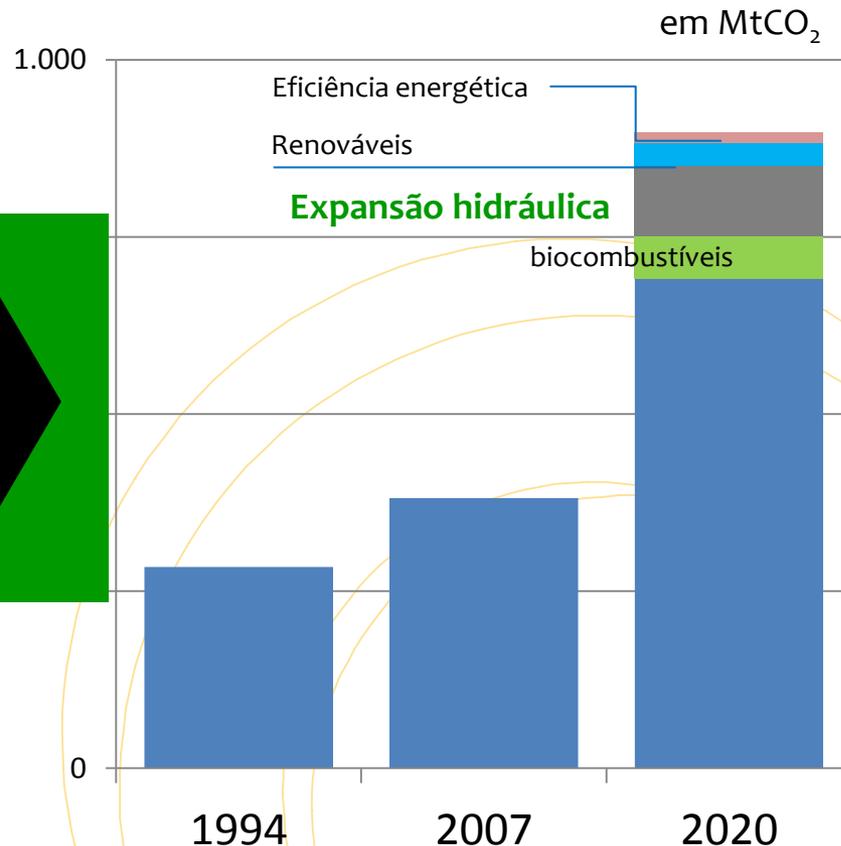
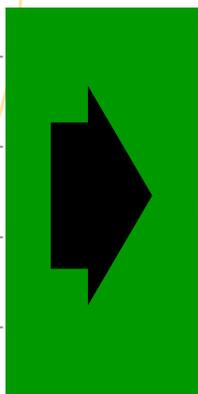
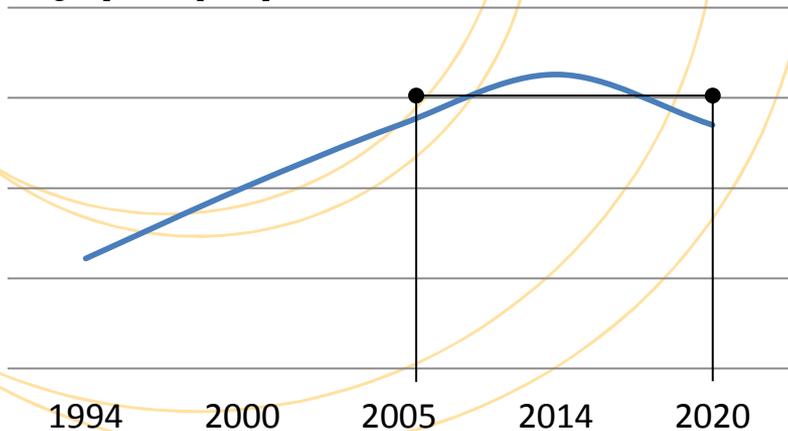


# Renováveis e metas brasileiras de emissões de CO<sub>2</sub>

(metas anunciadas na COP 15 e formalizadas no Decreto nº 7.390/10)

**Intensidade de carbono na economia**

kgCO<sub>2</sub>/10<sup>3</sup> R\$ [2007]





# 2

## Avaliação dos impactos ambientais da expansão hidroelétrica

# Avaliação de impactos

## ► *Metodologia geral*

**A**

Diagnóstico ambiental

**B**

Identificação, descrição e caracterização dos impactos

**C**

Avaliação

**D**

Proposição de medidas e programas para mitigar e/ou compensar os impactos

# Avaliação de impactos de projetos hidroelétricos

## ► *Tipos de impacto*

**Meio físico**

*Solos*  
*Geologia*  
*Relevo*  
*Clima*  
...

**Meio biótico**

*Vegetação*  
*Fauna terrestre*  
*Fauna aquática*  
*Qualidade da água*  
...

**Meio socioeconômico**

*População*  
*Economia*  
*Relações sociais*  
*Relações culturais*  
...

**Populações tradicionais**

*Populações indígenas*  
*Comunidades quilombolas*  
*Populações ribeirinhas*  
...

# Avaliação de impactos

## ► 2 dimensões de análise

Dimensão do meio físico-biótico

N N

Dimensão socioeconômica e cultural

## ► Se utiliza uma escala de avaliação (nível do impacto em cada uma das duas dimensões)



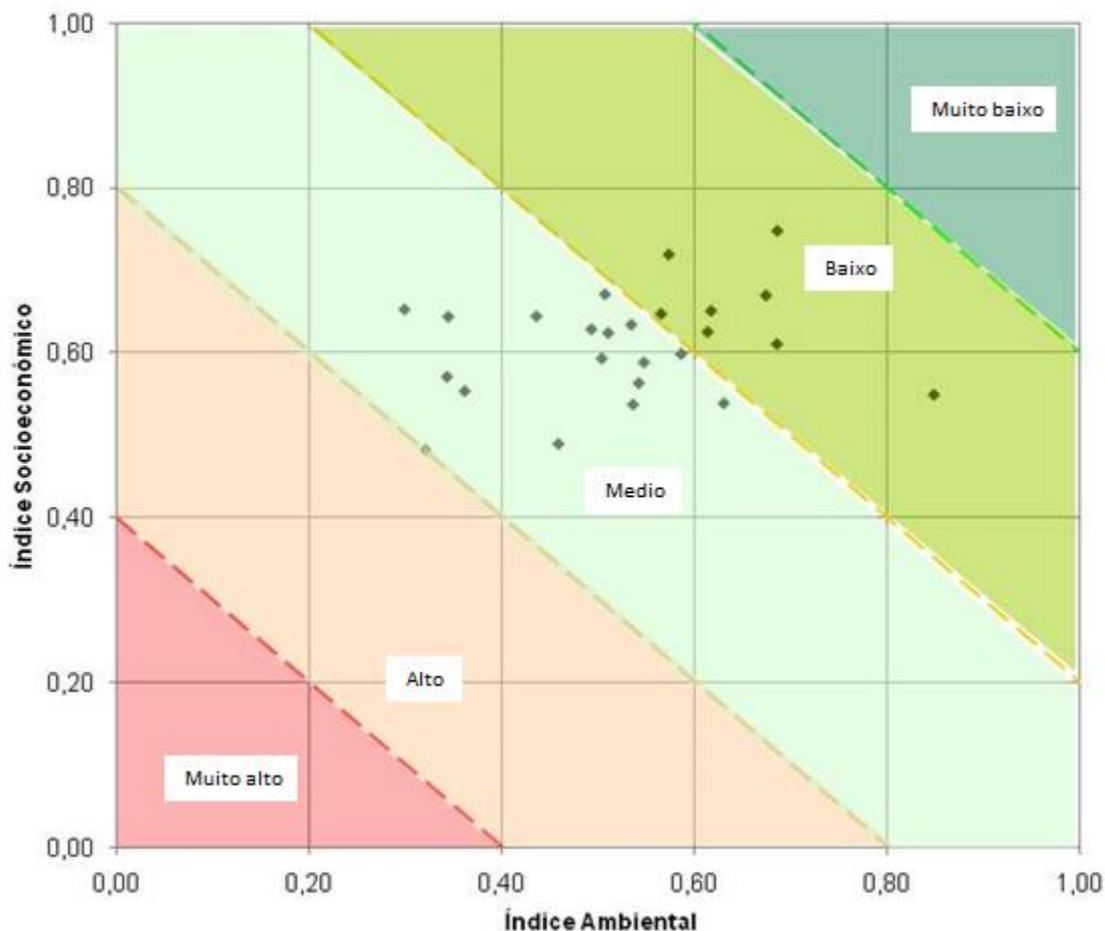
# Matriz de impactos de um projetos hidroelétrico

► *Os projetos são classificados de acordo com a respectiva avaliação*

Dimensão socioeconômica e populações tradicionais	Dimensão físico-biótica				
	E	D	C	B	A
A	Yellow	Green	Green	Blue	Blue
B	Brown	Yellow	Green	Green	Green
C	Brown	Brown	Yellow	Yellow	Yellow
D	Red	Brown	Brown	Yellow	Yellow
E	Red	Brown	Brown	Yellow	Yellow

# Matriz de impactos dos projetos hidroelétricos

► *Conjunto de projetos hidroelétricos analisados para elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia*





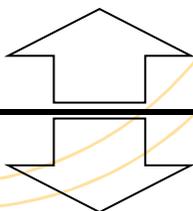
# 3

## Mitigação e compensação dos impactos

# Etapas de estudos de projetos hidroelétricos

► *Fluxo geral*

BACIA  
 PROJETO



		Duração
<b>1</b>	Estimativa do potencial	6 meses
<b>2</b>	Estudos de inventário	2 a 3 anos
<b>3</b>	Viabilidade	2 anos
<b>4</b>	Projeto Básico/ Projeto Executivo	4 a 5 anos
<b>5</b>	Operação	50   100 anos

# Estudos ambientais de projetos hidroelétricos

## ▶ Fluxo geral

**1**

### **Estimativa do potencial**

*tipicamente avaliação de escritório*

**2**

### **Estudos de inventário**

*dados secundários*

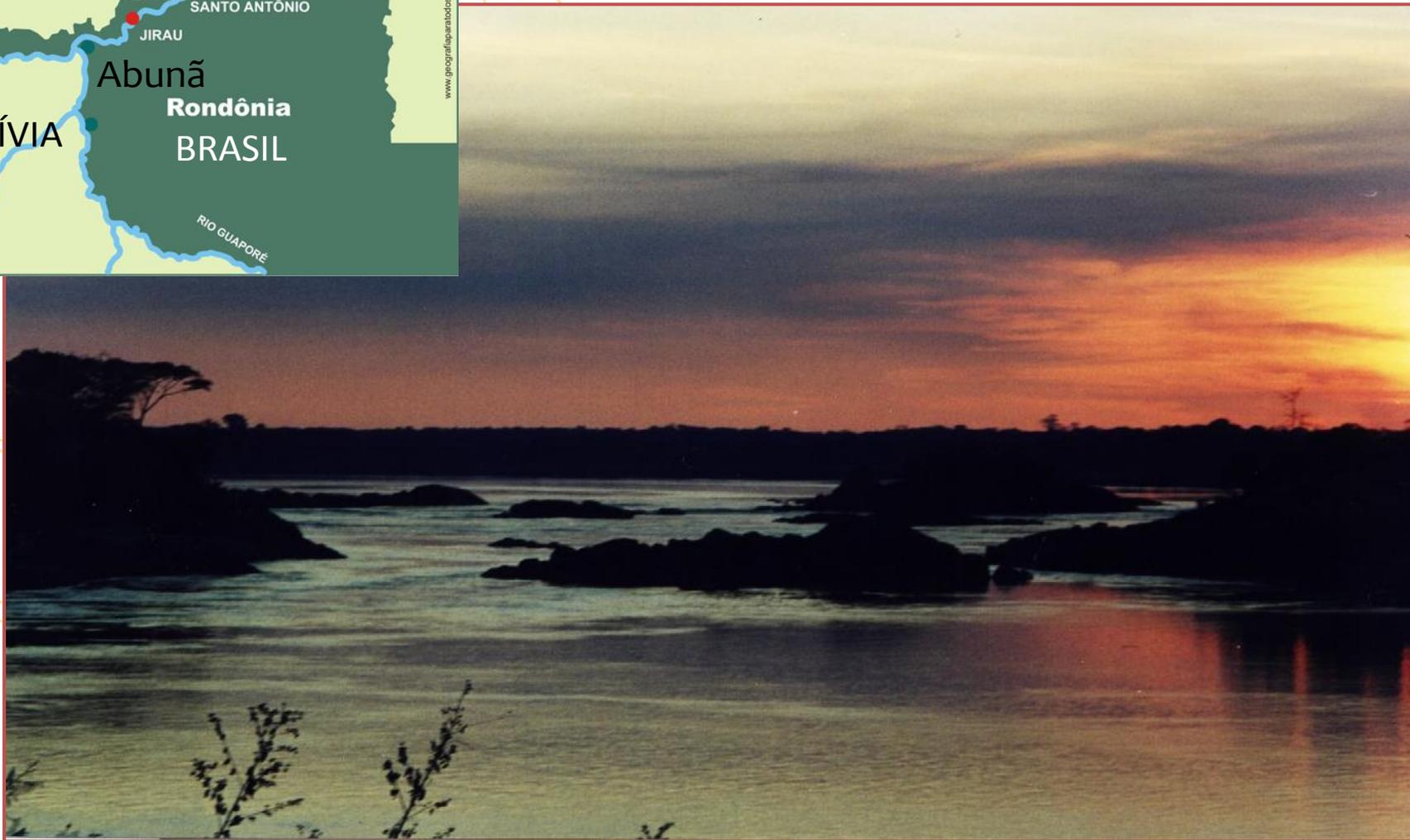
*Investigações complementares de campo*

***análise de alternativas***

***avaliação ambiental integrada***

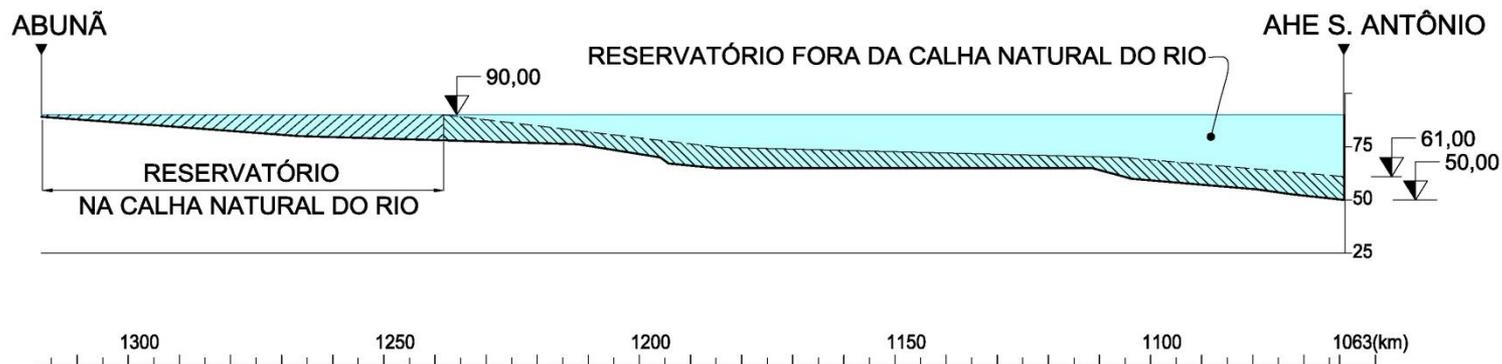
***impactos cumulativos e sinérgicos***

# Aproveitamento hidroelétrico do rio Madeira



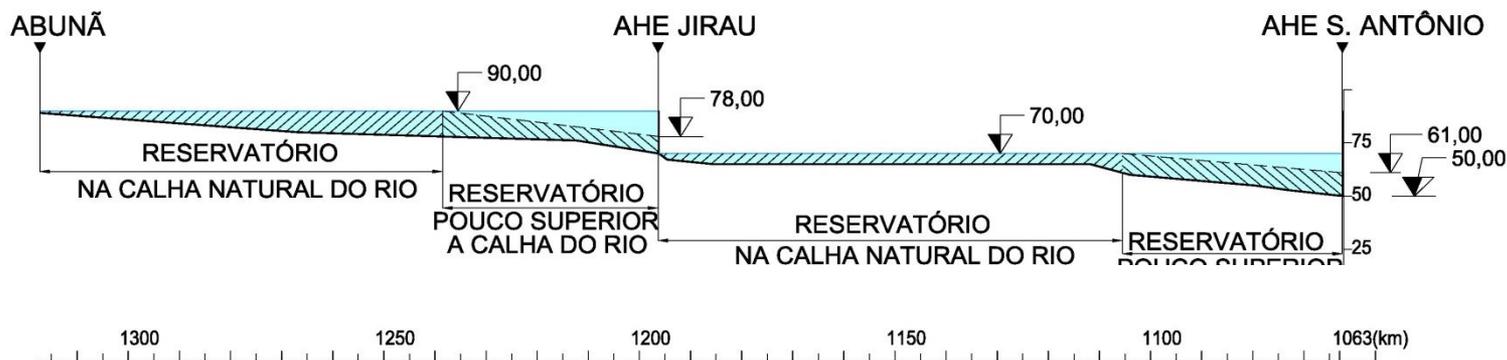


# Aproveitamento hidroelétrico do rio Madeira





# Aproveitamento hidroelétrico do rio Madeira



para reduzir o impacto ambiental

abandonada a alternativa com uma única represa

escolhida a concepção com projetos de baixa queda

reservatórios limitados a níveis pouco maiores do que a cota do curso natural do rio

# Estudos ambientais de projetos hidrelétricos

▶ *Fluxo geral*

## **3** Viabilidade

***Estudo de Impacto Ambiental – EIA**  
coleta de dados primários  
avaliação de impactos  
programas de mitigação e compensação  
audiências públicas*

**LP**

# Projeto hidroelétrico de Belo Monte

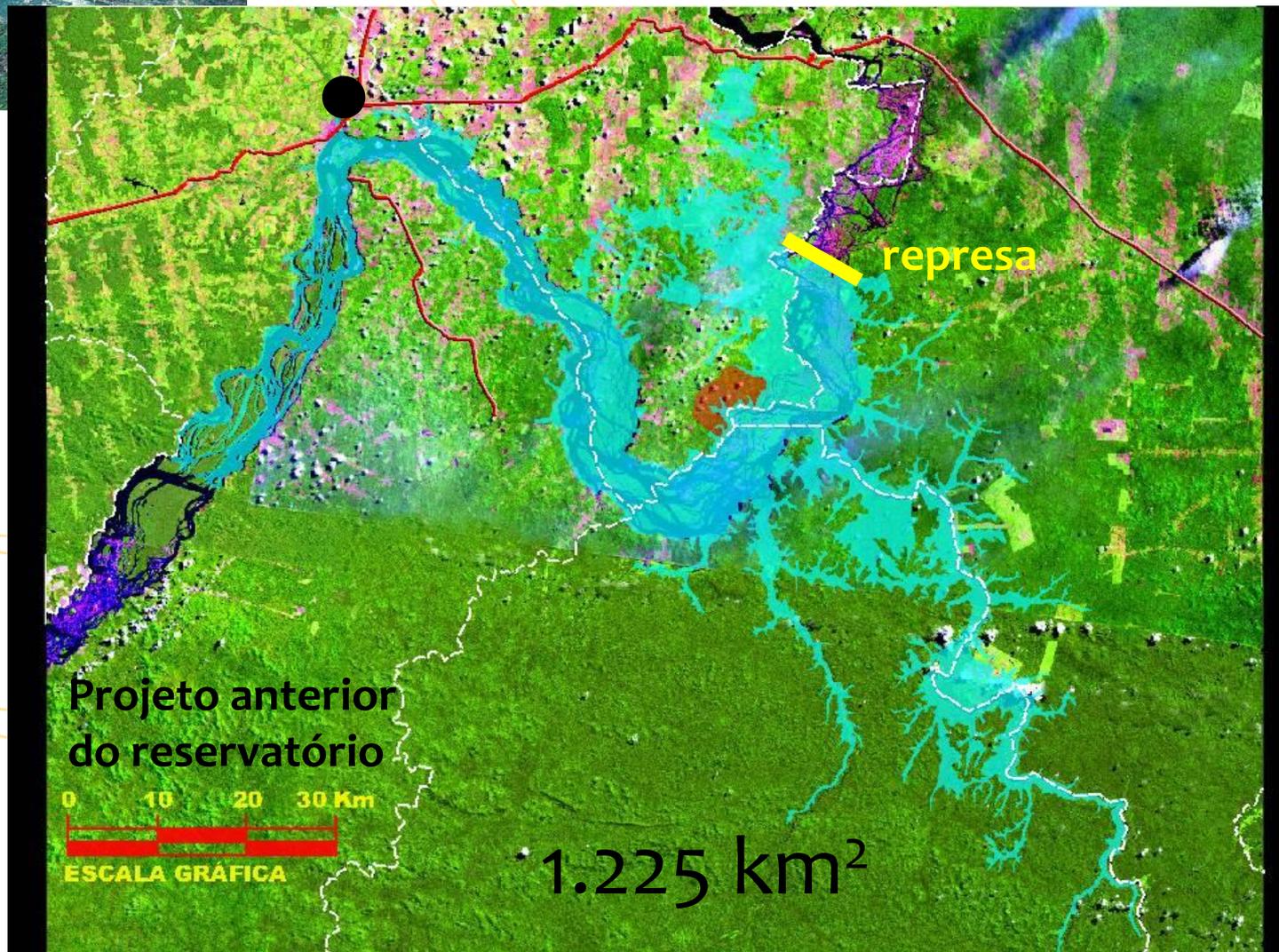


Fontes: Eletrobrás, Eletronorte, EPE, Leme Engenharia

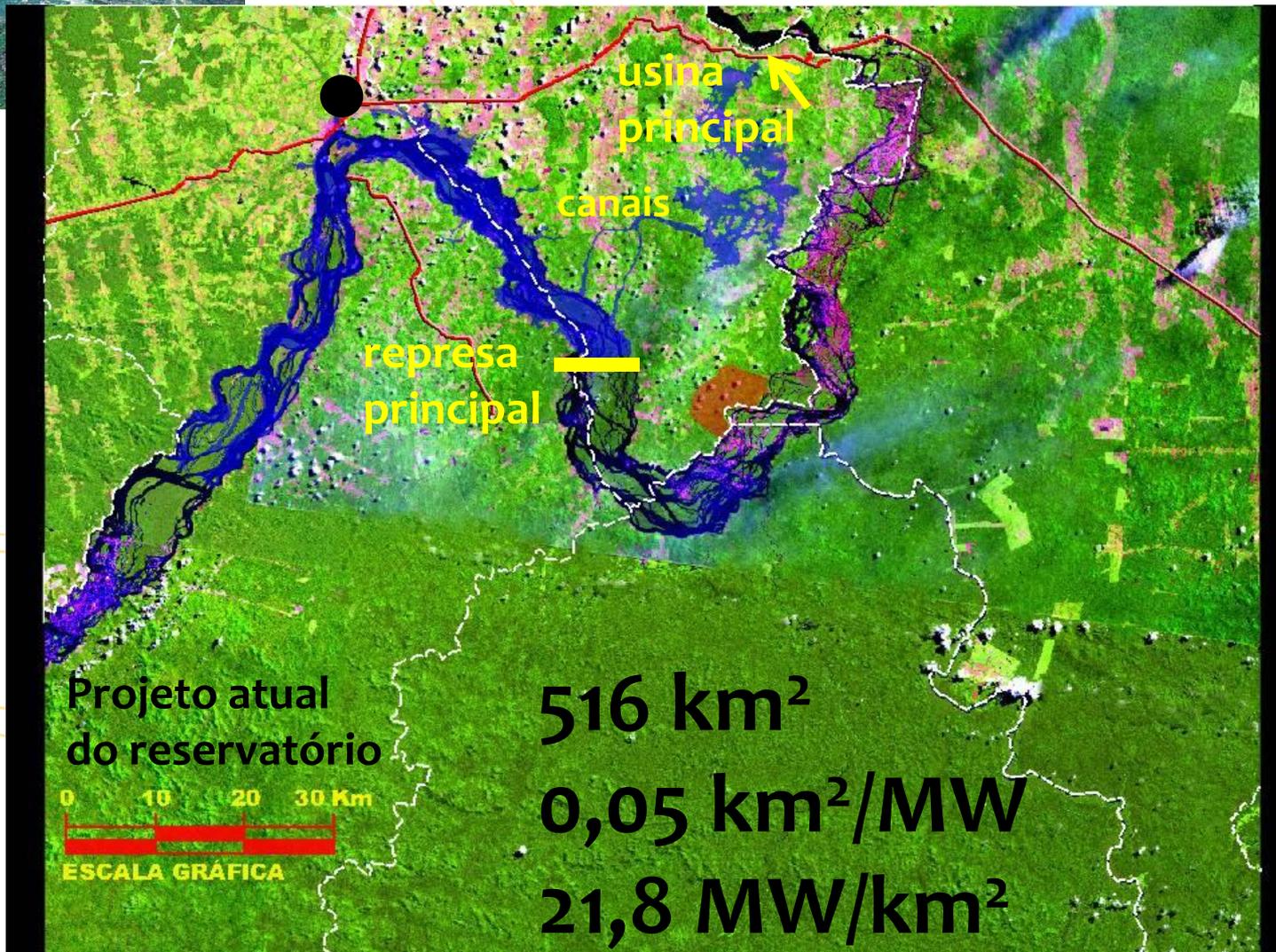
# Projeto hidroelétrico de Belo Monte



# Projeto hidroelétrico de Belo Monte



# Projeto hidroelétrico de Belo Monte



*Ilustração extraída de uma apresentação da Eletrobras, junho del 2009*

# Hidroelétrica de Santo Antonio

Potência instalada: 3.150 MW (foi ampliada)  
Energia garantida: 2.218 MWmed (70%)



# Hidroelétrica de Santo Antonio



**Sistema de Transposição de Peixes (STP)**  
 Vazão de 40 m<sup>3</sup>/s

# Hidroelétrica de Santo Antonio

*Ilustração do sistema de transposição de peixes*



# Estudos ambientais de projetos hidrelétricos

## ► Fluxo geral

**4**

### Projeto Básico

*Projeto Básico Ambiental – PBA  
detalhamento dos programas de  
mitigação e compensação*

LI

### Projeto Ejecutivo

*ximplementação dos programas*

LO

**5**

### Operação

*monitoramento  
reavaliação dos impactos  
atualização dos programas*

LO

# Compensação e mitigação de impactos

## ► *Tipos de programas*

**A**

Programas vinculados diretamente à construção

**B**

Programas de monitoramento, manejo e proteção do meio ambiente

**C**

Programas compensatórios

**D**

Programas para apoiar o plano de gestão ambiental

**E**

Programas especiais

# Compensação e mitigação de impactos

## ▶ *Exemplos de programas*

**A**

### Programas vinculados diretamente à construção

- resgate de fauna
- reassentamento de população
- limpeza do reservatório
- contratação e desmobilização da mão-de-obra
- recuperação de áreas degradadas

# Hidroelétrica de Santo Antonio

## Reassentamento de população

**Residência a ser relocada**



**Reassentamento rural**



**Reassentamento de pequeno núcleo urbano**



*(Novo Engenho Velho)*

# Aproveitamento hidroelétrico de Serra do Facão

## Resgate de fauna

- Biólogos, veterinários e especialistas em resgate de animais acompanham o enchimento do reservatório
- Ao longo da área inundada, equipes treinadas utilizam barcos para a captura dos animais isolados ou incapazes de se mover
- São classificadas todas as espécies resgatadas
- Depois de identificados, registrados e marcados, os animais são deixados em áreas previamente autorizadas



# Hidroelétrica de Tucuruí (2ª etapa)

## Recuperação de áreas degradadas



1. áreas erodidas e degradadas
2. viveiro de plantas nativas
3. preparação do solo para receber as espécies cultivadas no viveiro
4. área em processo de regeneração

*Recuperação de áreas degradadas pela extração de solo utilizado na construção da segunda etapa da hidroelétrica de Tucuruí*

# Compensação e mitigação de impactos

## ▶ *Exemplos de programas*

**B**

### **Programas de monitoramento, manejo e proteção do meio ambiente**

- monitoramento da *hidrossedimentação*
- monitoramento da sismicidade
- monitoramento das atividades de mineração
- monitoramento da estabilidade das margens
- controle e prevenção de doenças

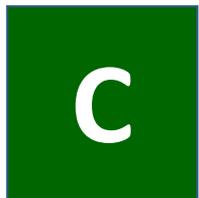
# Hidroelétrica de Itaipu

## Monitoramento da ictiofauna



# Compensação e mitigação de impactos

## ▶ *Exemplos de programas*



### **Programas compensatórios**

- reflorestamento
- implementação de áreas de proteção permanente
- revitalização e incentivo ao turismo

# Hidroelétrica de Itaipu

## Reflorestamento e áreas de proteção permanente



O programa de reflorestamento da usina já promoveu, desde 1979, o plantio de mais de 44 milhões de mudas, o equivalente a 100.000 ha, ou 60% da área do Parque Nacional de Iguaçu.

A recomposição da vegetação nativa nas margens do reservatório se baseou em levantamento, realizado em 1976, das florestas remanescentes na região.

A margem brasileira conservava somente 23% de floresta e 25% de bosques explorados em fase de regeneração natural, enquanto a agricultura já ocupava 50% das terras.

No Paraguai, as florestas ocupavam 81,5% da margem e a agricultura somente 13%.

# Compensação e mitigação de impactos

## ▶ *Exemplos de programas*



### **Programas para apoiar o plano de gestão ambiental**

- apoio a prefeituras e comunidades
- comunicação social
- educação ambiental

# Hidroelétrica de Santo Antonio

## Apoio a prefeituras e comunidades



Reforma e modernização da unidade de saúde de São Carlos

# Hidroelétrica de Santo Antonio

## Apoio a prefeituras e comunidades



Melhorias no  
cemitério de Santo Antonio

# Compensação e mitigação de impactos

## ▶ Exemplos de programas

**E**

### Programas especiais

•

#### PACUERA

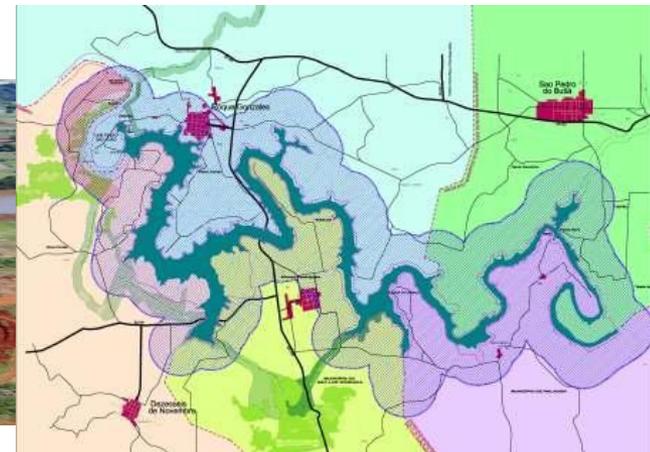
Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais

*(todas as hidroelétricas estão obrigadas a implementar um PACUERA)*

•

apoio a comunidades tradicionais

# PACUERA



*Hidroeléctrica Paso de San Juan*

**Objetivo:** combinar o uso do reservatório artificial e seu entorno com a proteção ambiental e patrimonial dessas áreas, tendo em conta as condições de geração de energia e a segurança.

**Conceito:** conjunto de diretrizes e propostas para regular a proteção, recuperação, uso e ocupação de áreas no entorno dos reservatórios artificiais, dentro dos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA n.302/2002.

**Importante:** a participação da comunidade em todas as etapas (concepção; desenvolvimento; implementação) é essencial para o sucesso do plano.



# 4

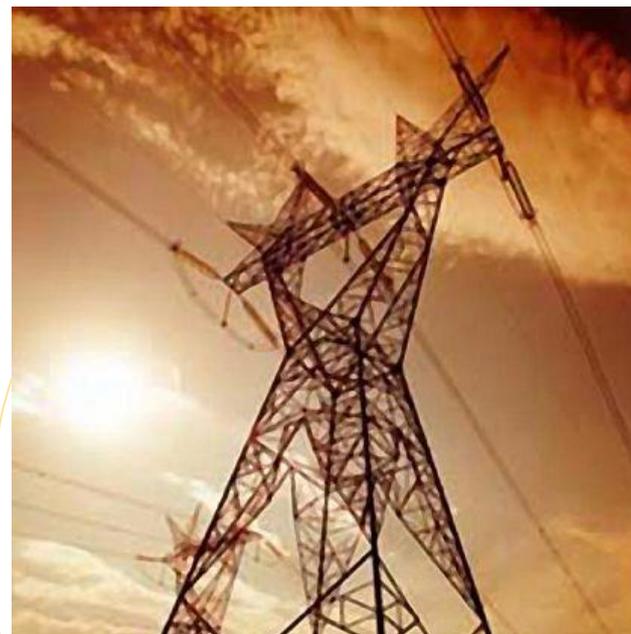
## Considerações finais

# BENS COLETIVOS

## MEIO AMBIENTE



## ENERGIA



**FORNECER ENERGIA E PRESERVAR O MEIO AMBIENTE É RESPONSABILIDADE DO ESTADO  
(CONSTITUIÇÃO FEDERAL)**



# CONSTITUIÇÃO FEDERAL

**Art. 21.** Compete à União:

XII – explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão:  
b) os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos d’água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos;

**Art. 175.** Incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

*[entre os quais se inscreve o fornecimento de energia elétrica]*

**Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.



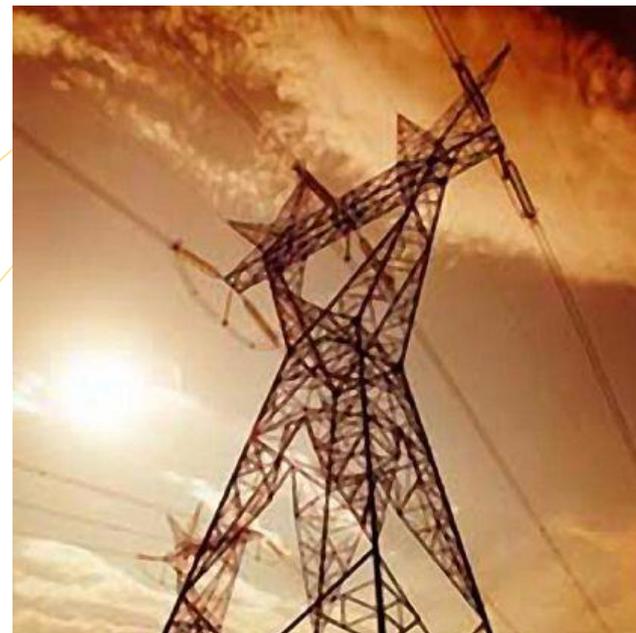
# POR VEZES ESSES OBJETIVOS PODEM SER CONFLITANTES

**MEIO  
AMBIENTE**

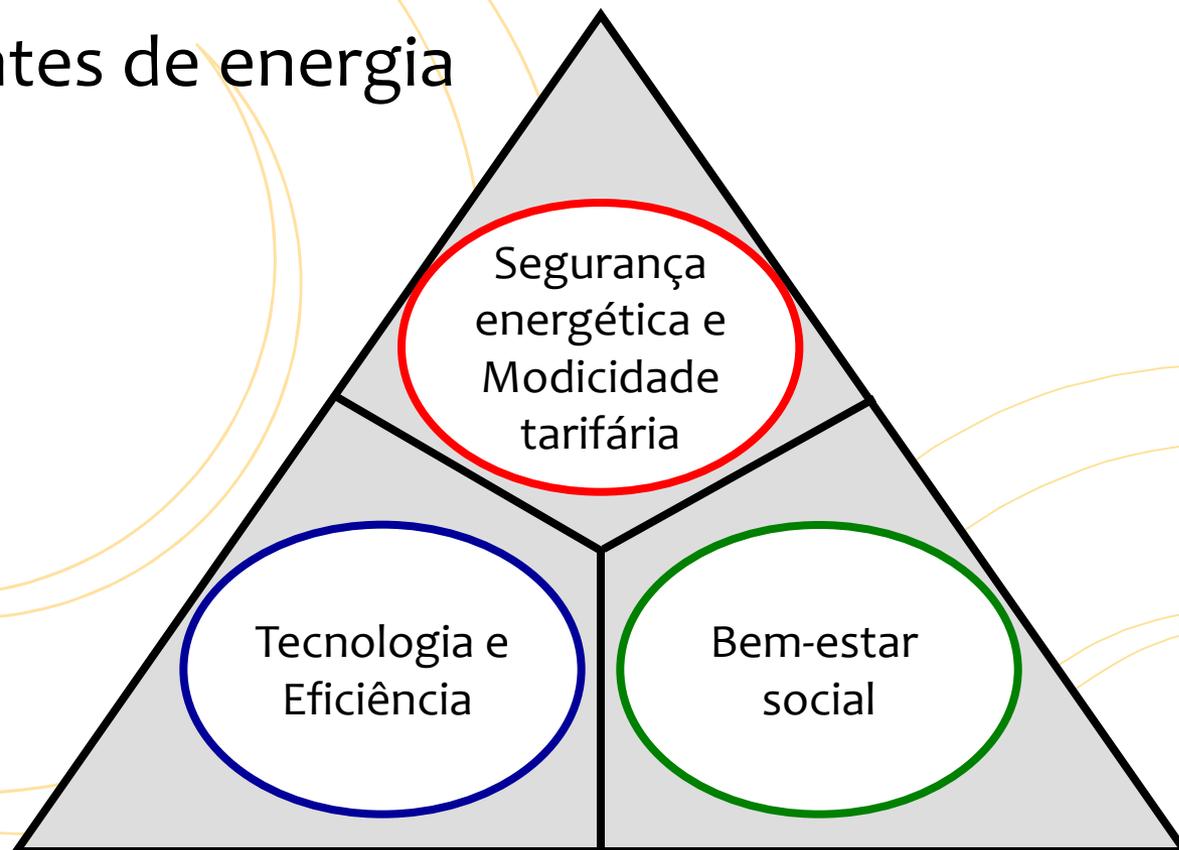


**X**

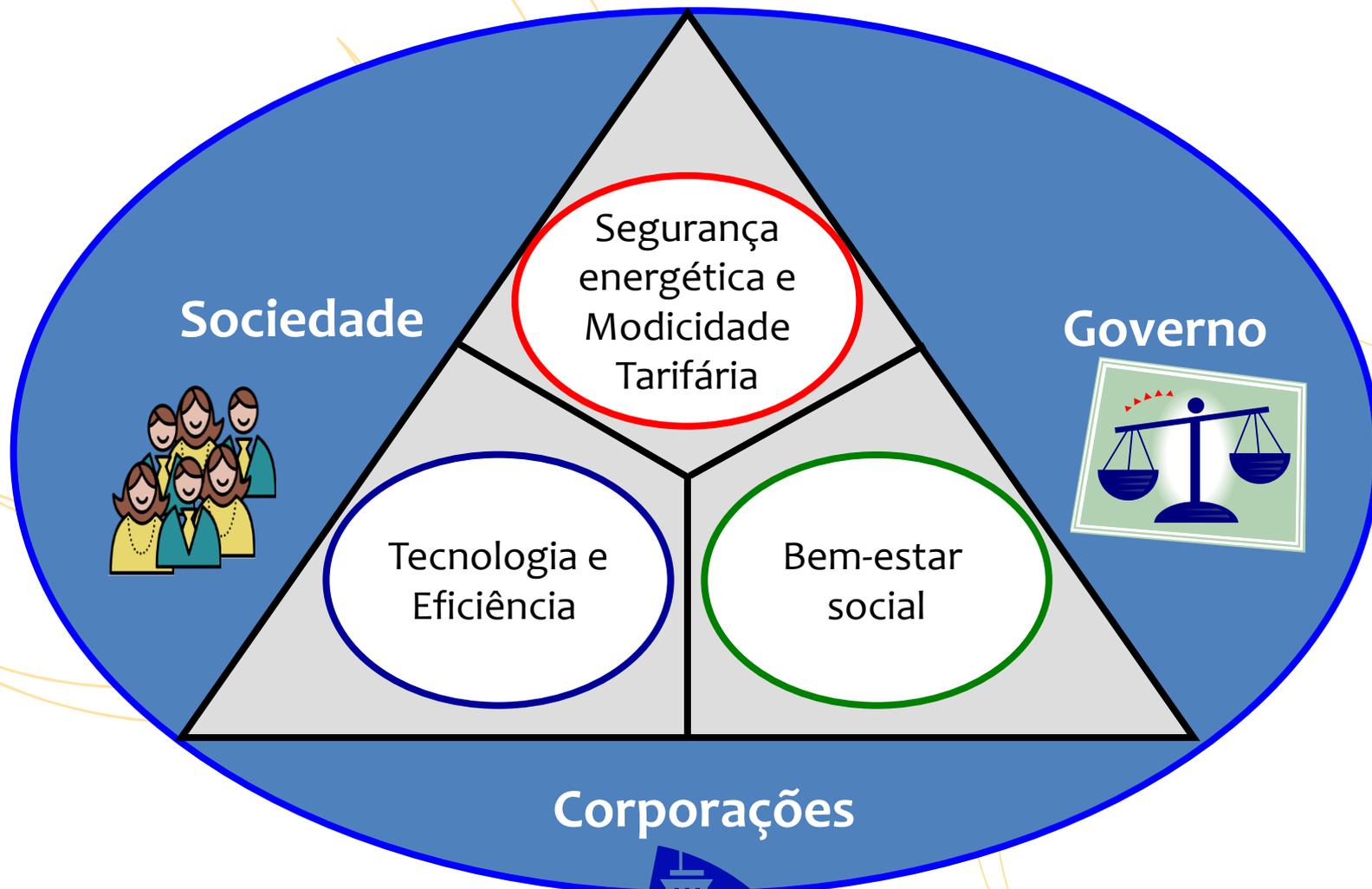
**ENERGIA**

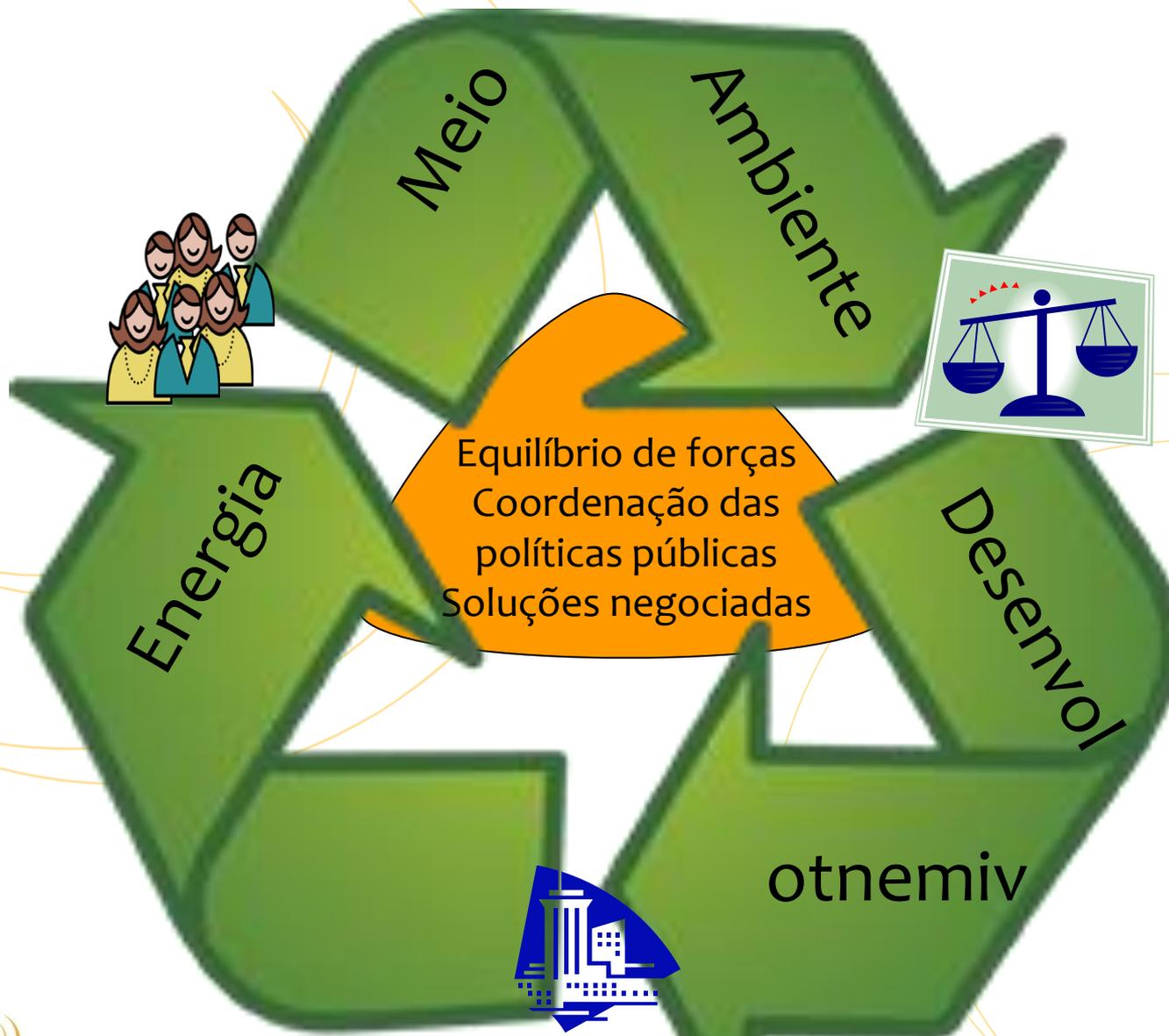


Deve-se ter em conta os **fatores críticos** no uso das fontes de energia

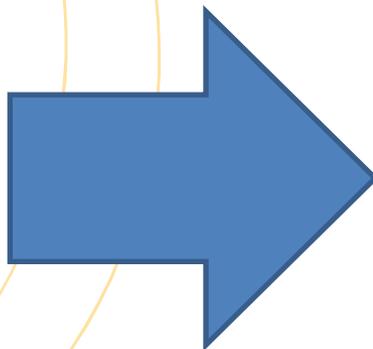


# e envolver todos os interessados





**TODA ATIVIDADE ECONÔMICA PROVOCA ALGUM IMPACTO AMBIENTAL**



## **LICENCIAMENTO AMBIENTAL**

**É UM DOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA CONCILIAR ATIVIDADE ECONÔMICA E BEM-ESTAR DA SOCIEDADE**

# Por fim...





# Obrigado!



**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE**



<http://www.epe.gov.br>

Av. Rio Branco, 1 – 11º andar  
20090-003 Rio de Janeiro RJ  
Tel.: + 55 (21) 3512 - 3101