

# **Futuro Energético e Geração Nuclear**

Centro de Estudos e Debates Estratégicos

Câmara dos Deputados

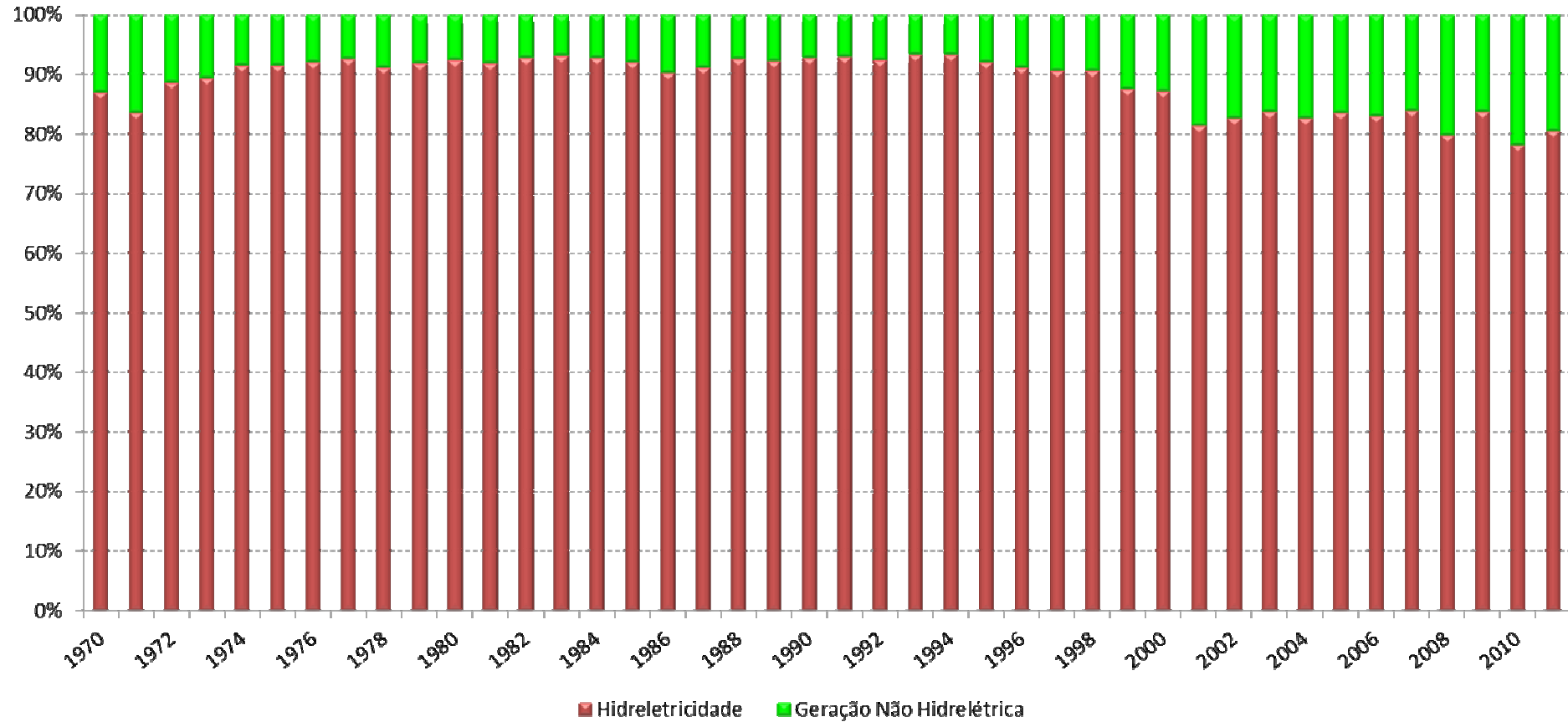
21 de agosto de 2013



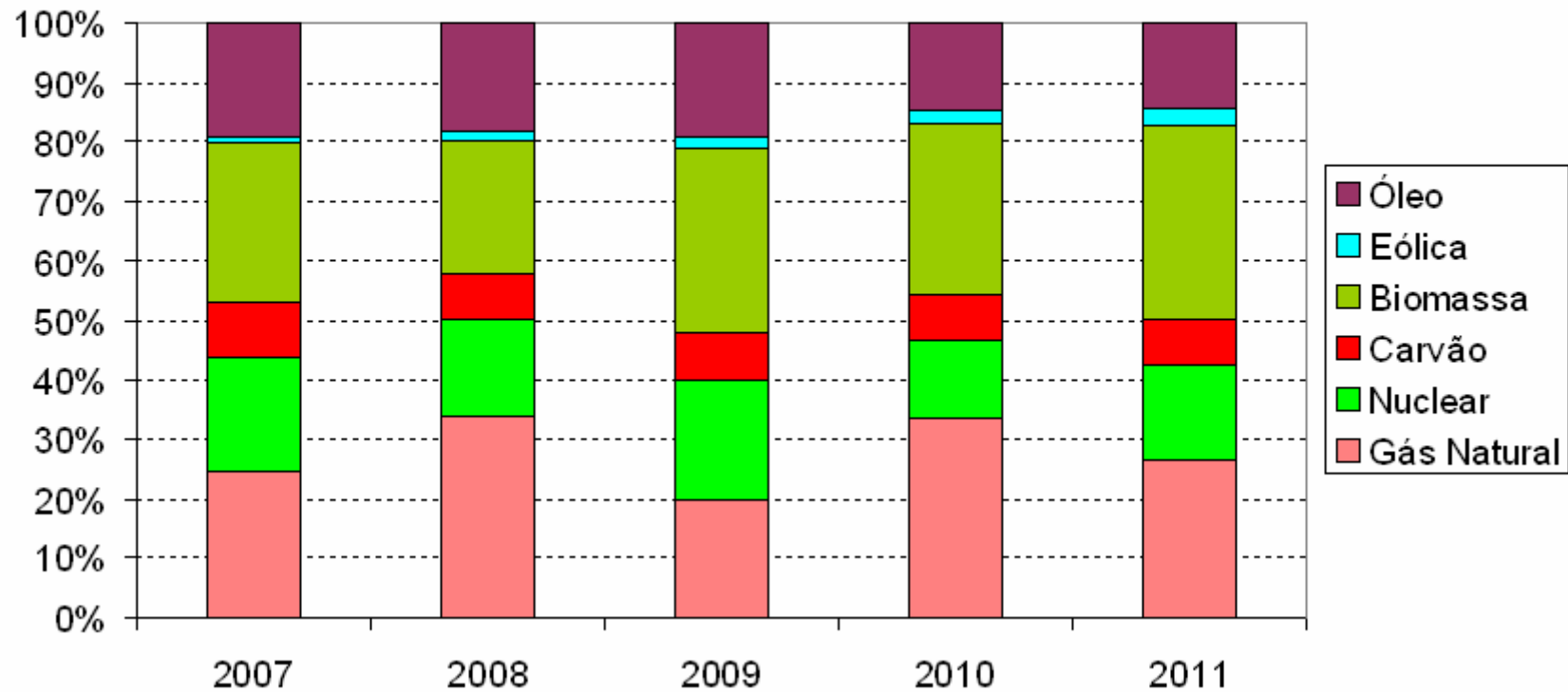
## Sumário

- 1 – Evolução do Sistema Elétrico
- 2 – Descrição dos Cenários
- 3 – Expansão da Geração Elétrica
- 4– Matriz Elétrica em 2040
- 5– Participação da Geração Nuclear
- 6 - Recomendações

# Evolução da geração elétrica

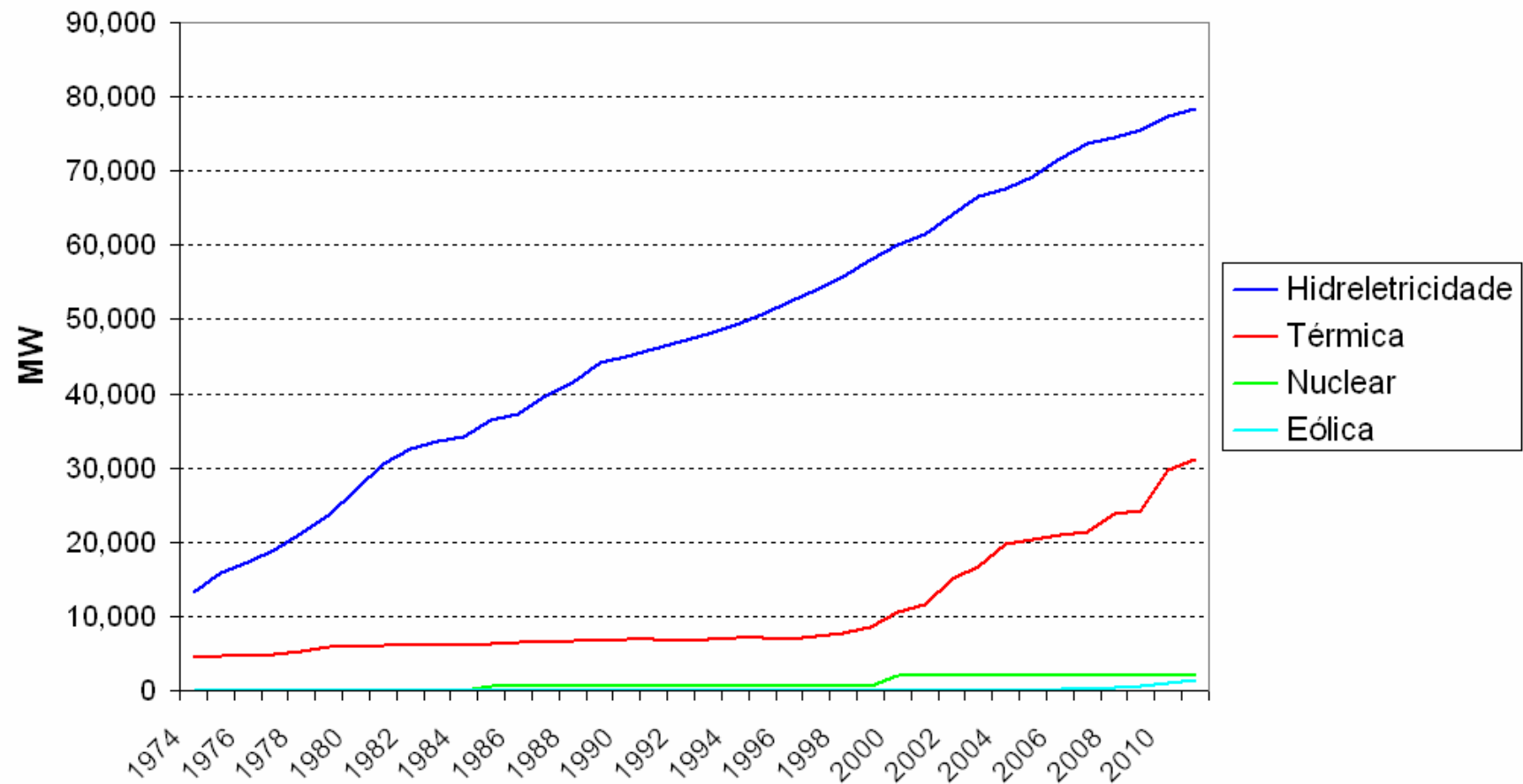


## Geração de Energia Elétrica Não Hidrelétrica

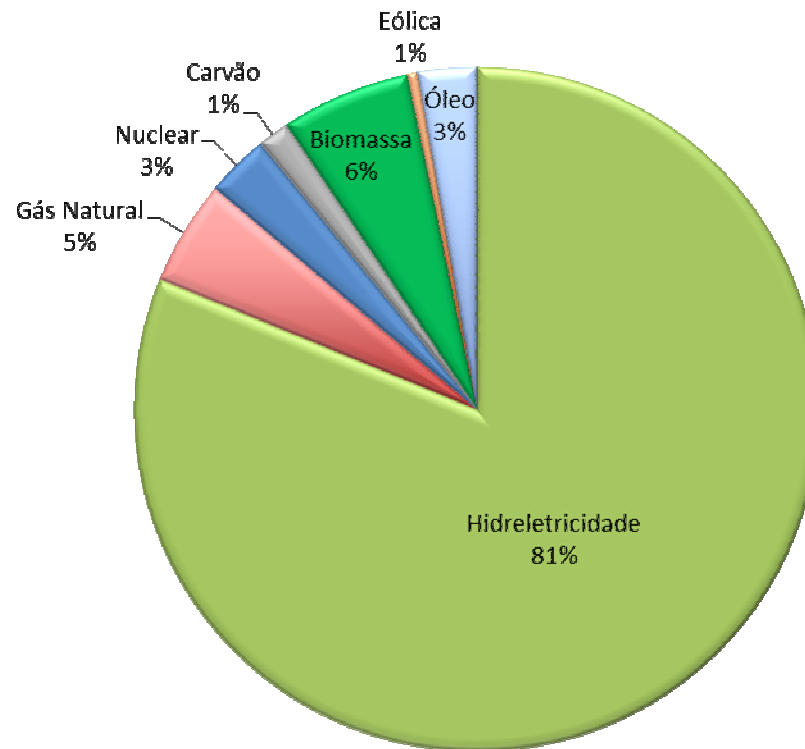


# Evolução do sistema elétrico

## Evolução da Capacidade Instalada (Brasil)



# Matriz elétrica em 2013




|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 428.571 |
| Gás Natural       | 26.242  |
| Nuclear           | 15.659  |
| Carvão            | 7.883   |
| Biomassa          | 32.197  |
| Eólica            | 2.705   |
| Óleo              | 14.402  |

A geração de energia elétrica no Brasil resulta de um sistema que funcionou por 50 anos e agora apresenta sinais de saturação

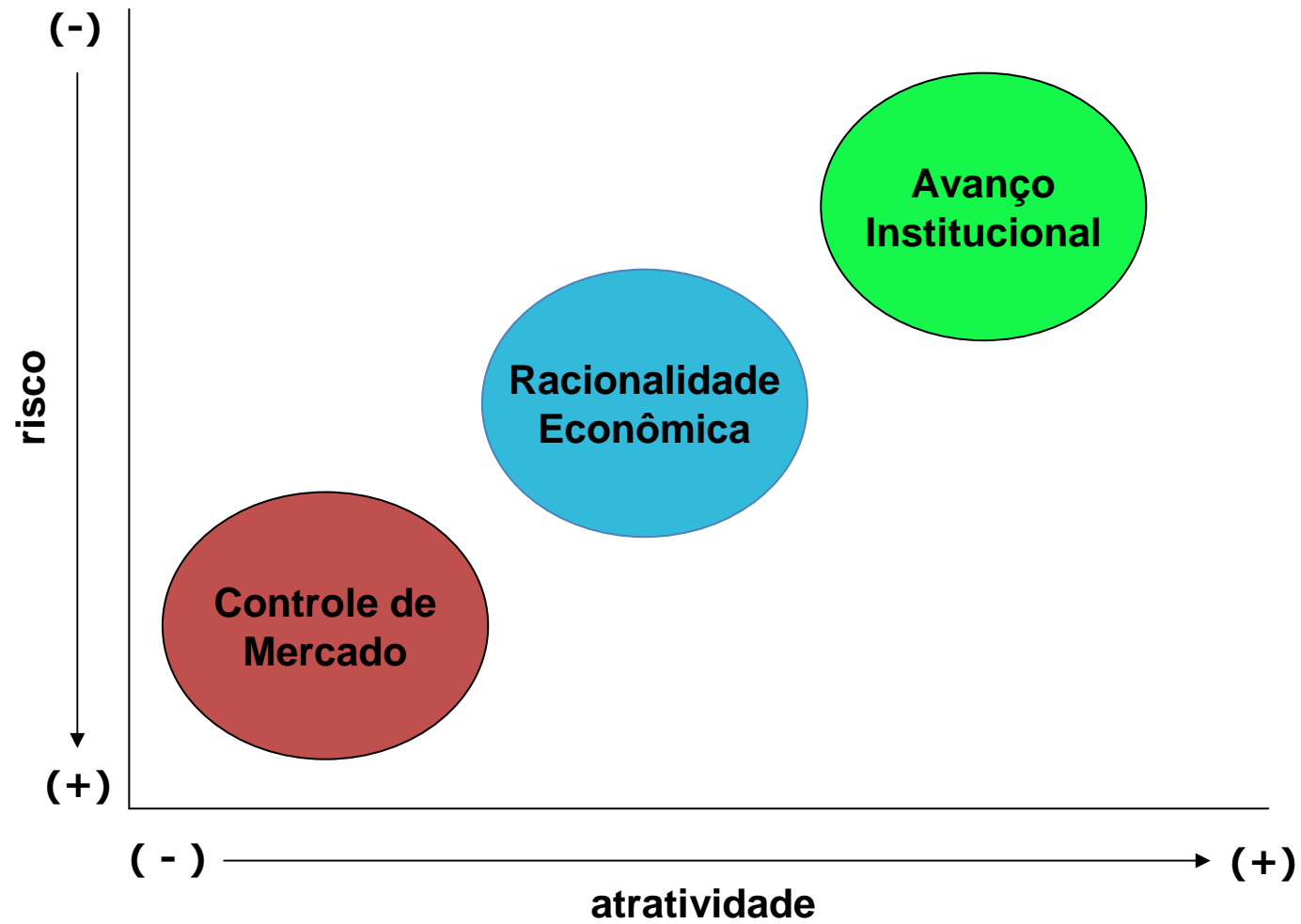
- ❑ O sistema elétrico está em **transição** (econômica, energética, regulatória)
- ❑ Um dos aspectos centrais dessa transição está na exigência de **sustentabilidade** (física, tecnológica, econômica e financeira) **do fornecimento de energia elétrica**
- ❑ **Diversificação** (física, tecnológica) em um quadro de **atratividade** (econômica e financeira)





## **2 – Descrição dos Cenários**

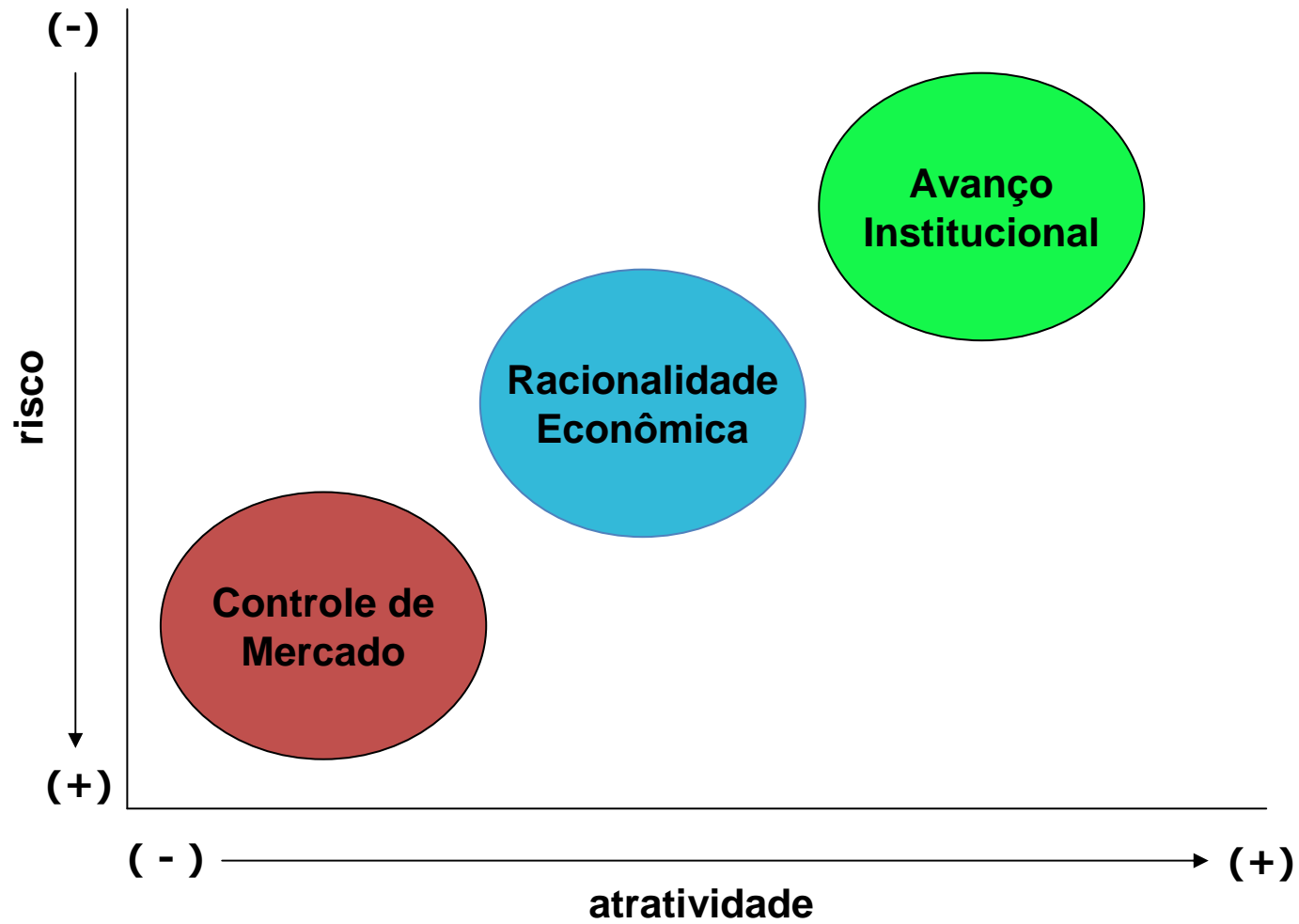
# Quadro geral do estudo prospectivo



### Controle de Mercado

- ❑ Tarifas de energia seguem uma lógica política
- ❑ Revisão tarifária e investimentos
- ❑ Demanda cresce no residencial e moderada no industrial
- ❑ Hidreletricidade é fonte preferencial, articulada a biomassa e eólica
- ❑ Condições de oferta de energia elétrica dadas pelo governo

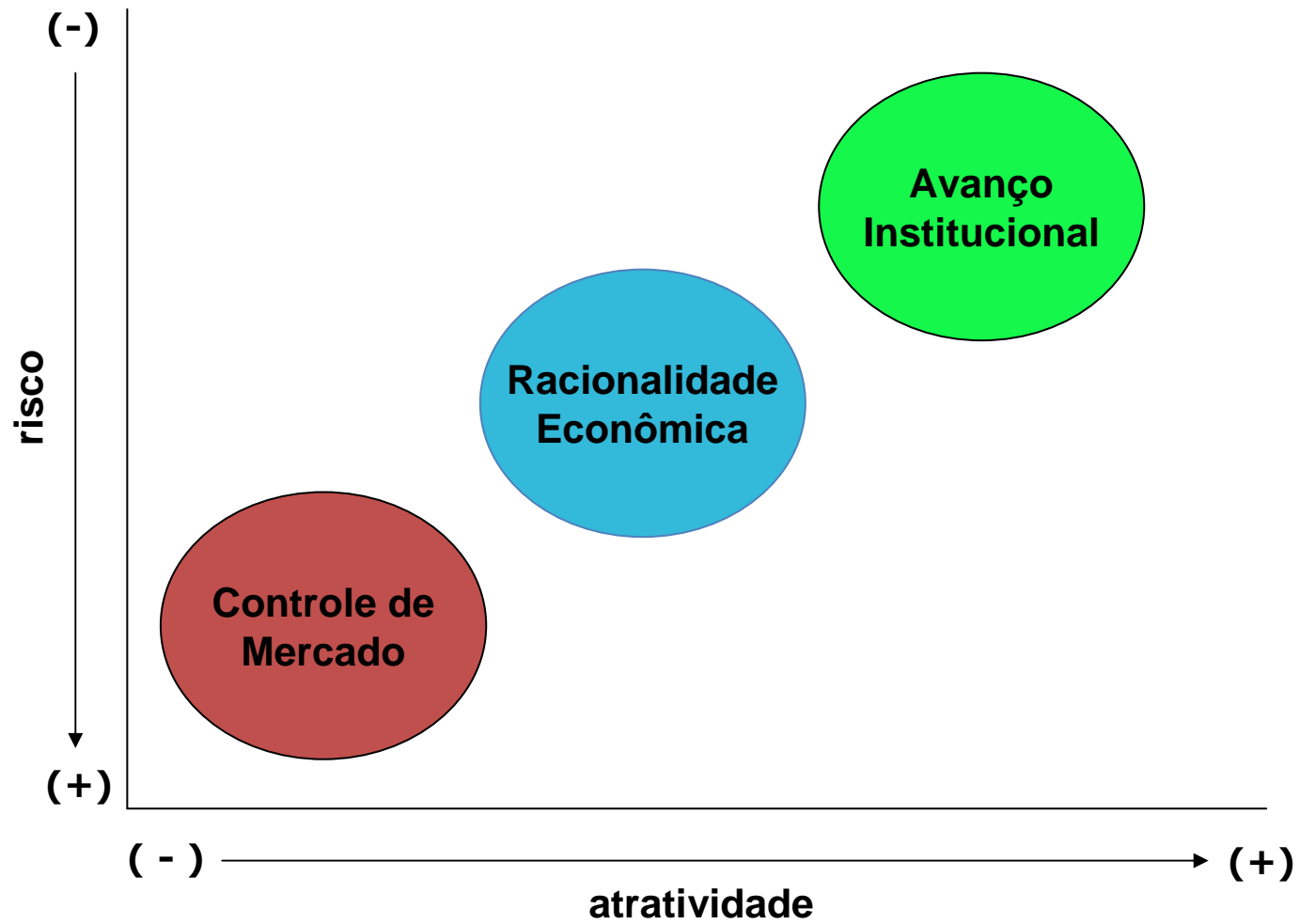
# Quadro geral do estudo prospectivo



### Racionalidade Econômica

- ❑ Externalidades são precificadas e tornam mais competitivas as fontes limpas
- ❑ Fontes energéticas de custo mais elevado moderam a trajetória do consumo
- ❑ Variações no custo médio da energia são parcialmente refletidas na tarifa
- ❑ Estímulo aos investimentos privados pela redução do risco regulatório sobre as decisões de longo prazo

# Quadro geral do estudo prospectivo



### Avanço Institucional

- Evolução institucional reduz riscos e amplia garantias para investimentos de longo prazo
- Forte estímulo aos investimentos privados
- Regimes de concessão inovadores atraem massivamente investimentos de tecnologia avançada que se inserem em cadeias produtivas globais
- Diversificação da matriz elétrica em quadro de aumento da demanda (maior acesso) e da oferta (redução de custos)

- ❑ Cenário Demográfico (0,5% ao ano)
- ❑ Crescimento da demanda de energia elétrica

| Controle de Mercado |
|---------------------|
| 3,1%                |

| Racionalidade Econômica |
|-------------------------|
| 3,8%                    |

| Avanço Institucional |
|----------------------|
| 3,9%                 |

- ❑ Critérios da cenarização adotada
  - ❑ econômico
  - ❑ tecnológico
  - ❑ regulatório
  - ❑ politico-institucional



The slide features two large, solid green geometric shapes. The first is a large trapezoid on the left side, and the second is a smaller trapezoid on the right side. Both shapes have a diagonal edge and a slanted top edge.

### **3 – Expansão da Geração Elétrica**

## Hidreletricidade

- ❑ Fronteira de expansão (Amazonia e Cerrado)
- ❑ Restrições energéticas, ambientais e econômicas
- ❑ Custo marginal tende a ser crescente

Controle de Mercado

Opção preferencial

Racionalidade Econômica

Critério locacional na precificação da transmissão

Avanço Institucional

Concorre com oportunidades mais rentáveis

## Gás Natural

- ❑ Elevado volume de reservas
- ❑ Necessidade de ampliar o mercado
- ❑ Preço depende do gás de xisto (tendências opostas)

Controle de Mercado

Aproveitamento do gás natural da camada pré-sal

Racionalidade Econômica

Encarecimento com precificação da emissão de CO<sub>2</sub>

Avanço Institucional

Introdução de tecnologia CCS

## Energia Nuclear

- ❑ Reservas de urânio
- ❑ Nova geração de reatores e redução no custo de construção
- ❑ Desempenho econômico e segurança de operação

Controle de Mercado

Expansão limitada

Racionalidade Econômica

Custo competitivo com precificação das externalidades

Avanço Institucional

Novos regimes de concessão e entrada do setor privado

## Carvão

- ❑ Usinas localizadas próximo às jazidas
- ❑ Reservas de carvão e carvão importado
- ❑ Novas tecnologias em desenvolvimento

Controle de Mercado

Expansão contida

Racionalidade Econômica

Precificação das emissões reduz competitividade

Avanço Institucional

Introdução de novas tecnologias com CCS

## Biomassa

- ❑ Expansão da geração em função da evolução da indústria sucro-alcooleira
- ❑ Condições de comercialização
- ❑ Restrições de acesso à rede elétrica

Controle de Mercado

Valorizada por complementaridade com hidreletricidade

Racionalidade Econômica

Precificação das externalidades melhora competitividade

Avanço Institucional

Novas condições de comercialização estimulam biomassa

## Eólica

- ❑ Regime de vento apropriado (Nordeste e Sul)
- ❑ Conjuntura favorável no pós-crise (2009)
- ❑ Expansão com utilização gradual dos melhores sítios e manutenção de incentivos

Controle de Mercado

Valorizada por complementaridade com hidreletricidade

Racionalidade Econômica

Precificação das externalidades melhora competitividade

Avanço Institucional

Novos regimes de concessão viabilizam expansão da eólica

## Óleo (Diesel e Combustível)

- ❑ Sistemas isolados e ponta do sistema
- ❑ Substituição gradual pelo gás natural
- ❑ Custo de geração elevado

Controle de Mercado

Utilização contida

Racionalidade Econômica

Precificação das emissões reduz utilização

Avanço Institucional

Rigoroso controle de emissões restringe a geração a óleo



The image features two large, solid green geometric shapes. The shape on the left is a large triangle with a horizontal top edge and a vertical left edge, with a diagonal hypotenuse. The shape on the right is a smaller, inverted triangle with a horizontal top edge and a vertical right edge, with a diagonal hypotenuse. Both shapes are positioned in the upper half of the page.

## 4 – Matriz Elétrica em 2040

## Custos Nivelados de Energia Elétrica

- ❑ Para cada tecnologia, foram estabelecidos fluxos de caixa descontados ao longo da vida operacional
- ❑ Duas abordagens (para integrar a evolução dos cenários):
  - ❑ Regime Regulado
  - ❑ Regime de Concorrência
- ❑ **Regime Regulado** a taxa de retorno é determinada pelo regulador
- ❑ **Regime de Concorrência** a taxa de retorno é determinada pelo custo de oportunidade do capital próprio (estatal e privado)

## Custos nivelados de energia elétrica

- ❑ **Regime Regulado** considera parâmetros técnicos (custo de investimento, fator de capacidade, custo de combustível, custos de O&M)
- ❑ **Regime de Concorrência** considera parâmetros técnicos, estrutura de capital e riscos envolvidos para cada fonte e tecnologia

## Regime de Concorrência – TIR Real

| Fonte             | Controle de Mercado | Racionalidade Econômica | Avanço Institucional |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| (2012US\$)        |                     | (US\$/MWh)              |                      |
| Hidroeletricidade | 42.63               | 52.60                   | 53.91                |
| Gás Natural       | 45.15               | 51.13                   | 62.47                |
| Nuclear           | 62.47               | 64.60                   | 63.52                |
| Carvão            | 48.44               | 71.68                   | 67.15                |
| Biomassa          | 71.64               | 68.47                   | 64.99                |
| Eólica            | 74.90               | 66.88                   | 60.66                |
| Óleo              | 118.71              | 134.90                  | 135.72               |

# Custos nivelados de energia elétrica



Regime Regulado – TIR a 7%

| Fonte             | Controle de Mercado | Racionalidade Econômica | Avanço Institucional |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| (2012US\$)        |                     | (US\$/MWh)              |                      |
| Hidroeletricidade | 46.81               | 52.55                   | 53.52                |
| Gás Natural       | 46.72               | 50.62                   | 62.15                |
| Nuclear           | 72.76               | 68.91                   | 63.47                |
| Carvão            | 44.77               | 68.72                   | 66.07                |
| Biomassa          | 67.03               | 66.47                   | 64.66                |
| Eólica            | 59.81               | 59.72                   | 59.54                |
| Óleo              | 126.43              | 141.16                  | 137.71               |

# Custos nivelados de energia elétrica

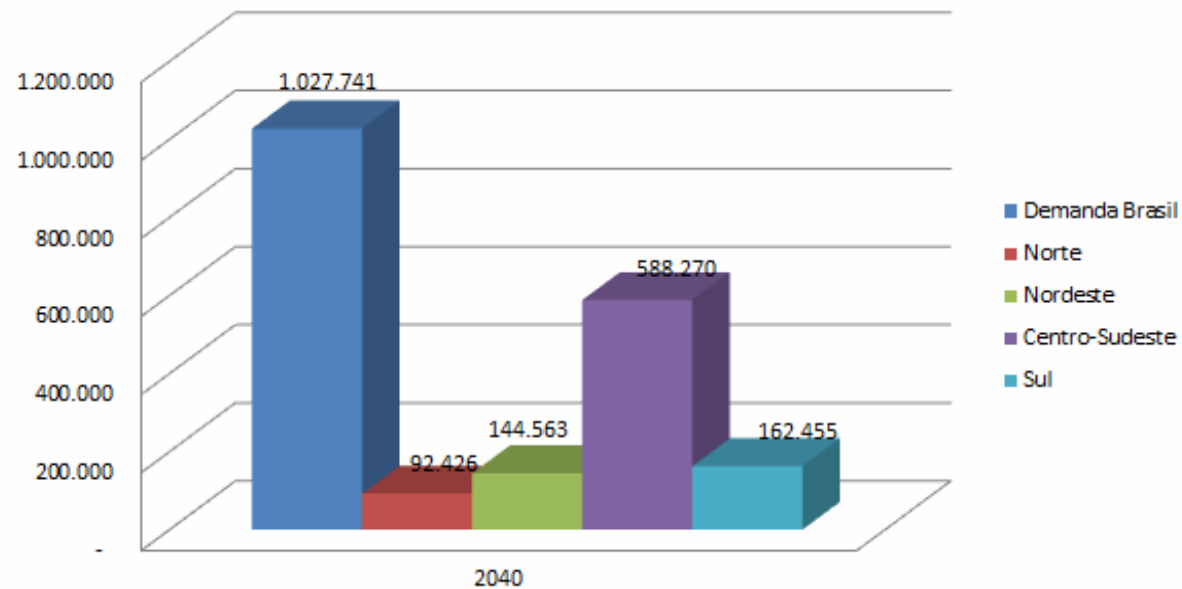


Regime Regulado – TIR a 10%

| Fonte            | Controle de Mercado | Racionalidade Econômica | Avanço Institucional |
|------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| (2012US\$)       |                     | (US\$/MWh)              |                      |
| Hidreletricidade | 59.92               | 66.92                   | 67.60                |
| Gás Natural      | 53.45               | 55.00                   | 70.71                |
| Nuclear          | 89.18               | 83.56                   | 76.71                |
| Carvão           | 50.41               | 74.54                   | 75.10                |
| Biomassa         | 70.32               | 69.80                   | 68.09                |
| Eólica           | 70.49               | 70.40                   | 70.23                |
| Óleo             | 139.22              | 154.60                  | 151.72               |

# Demanda de energia elétrica (2040)

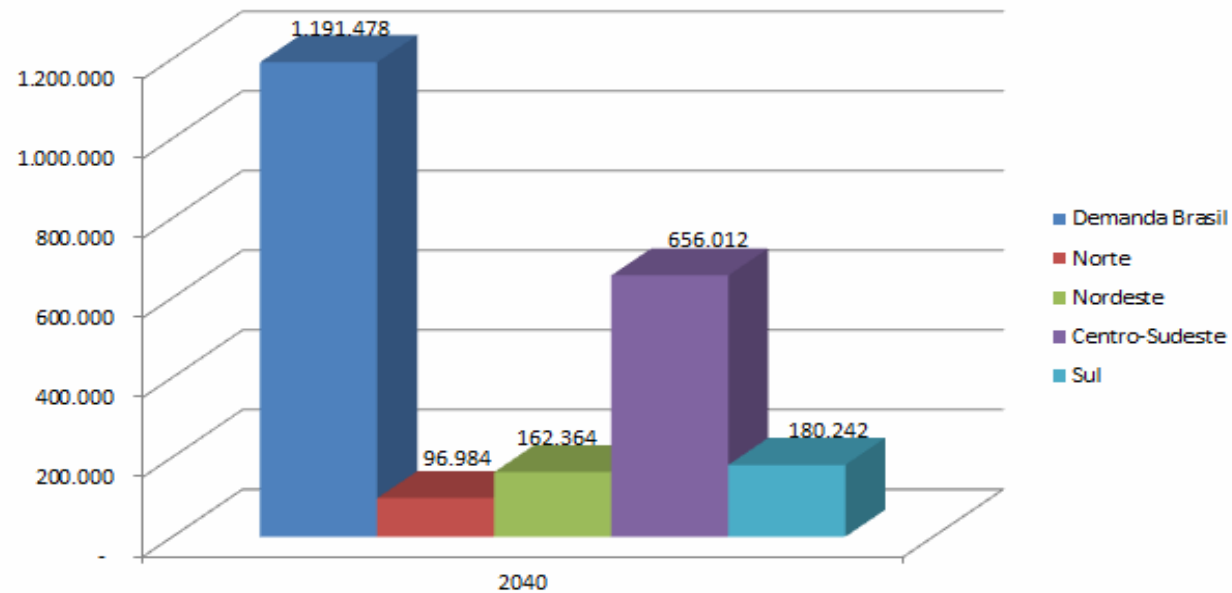
**Gráfico 1 - Demanda de Energia Elétrica  
Controle de Mercado**



# Demanda de energia elétrica (2040)



**Gráfico 2 - Demanda de Energia Elétrica  
Racionalidade Econômica**

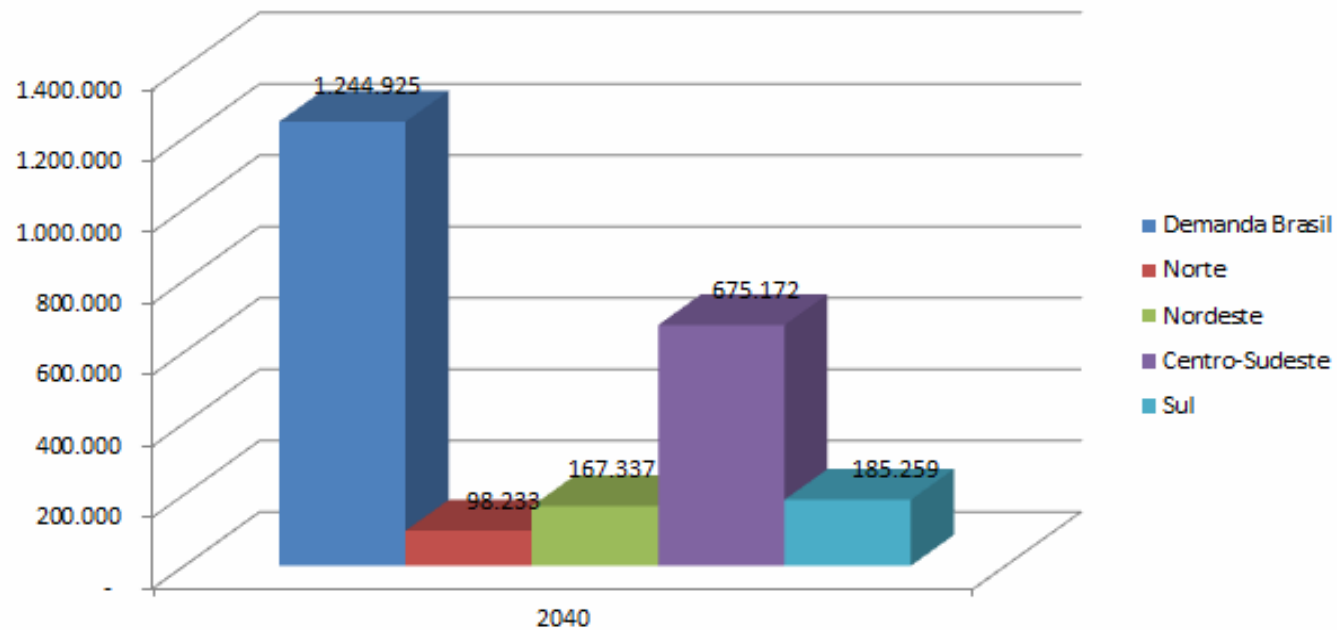




# Demanda de energia elétrica (2040)

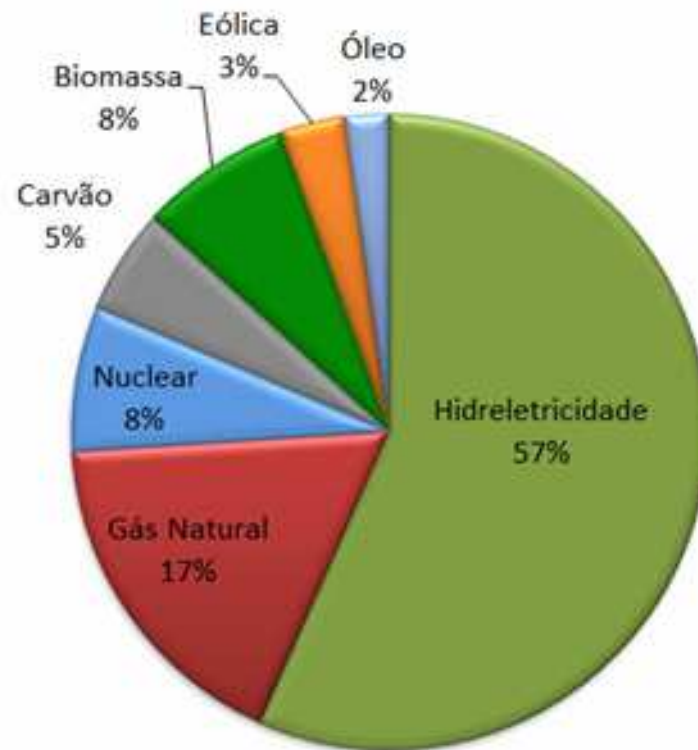


**Gráfico 3 - Demanda de Energia Elétrica  
Avanço Institucional**



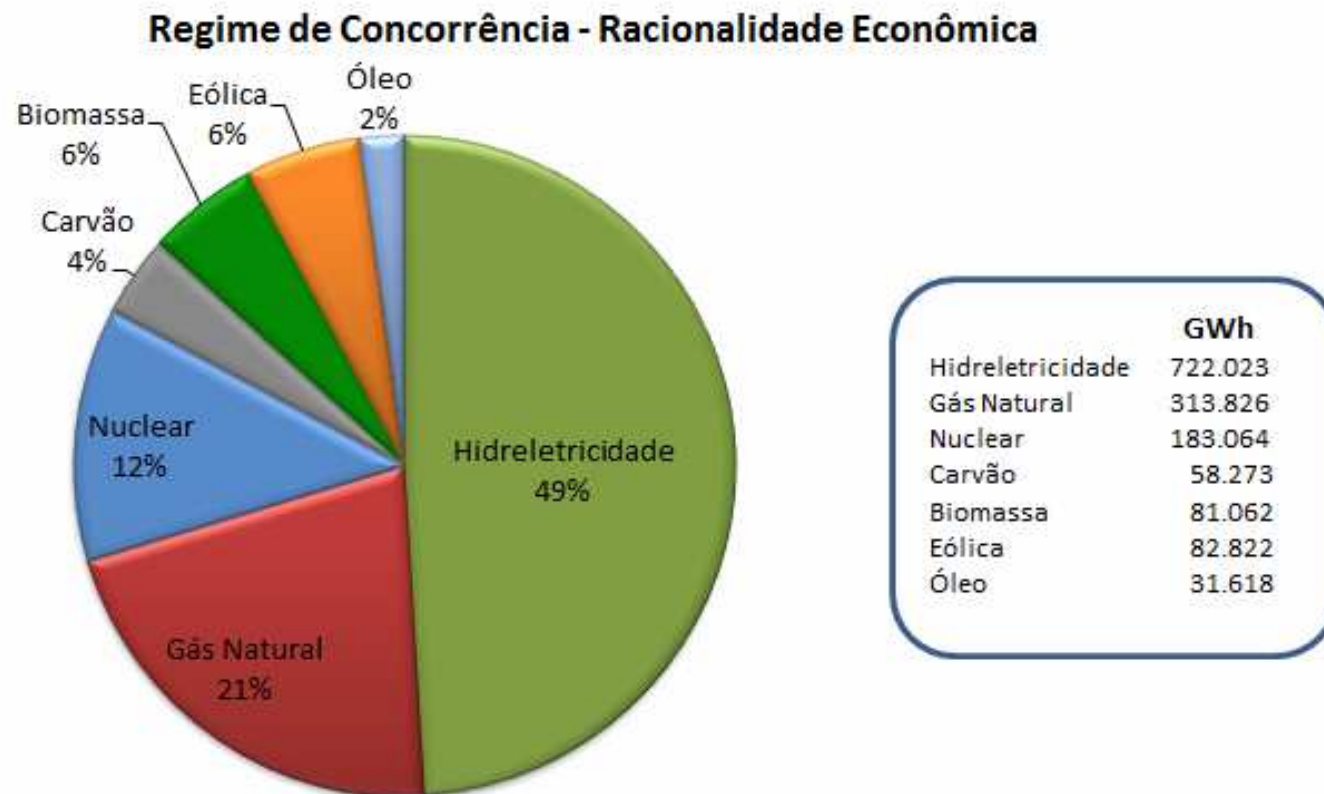
## Regime de Concorrência – TIR Real

Regime de Concorrência - Controle de Mercado



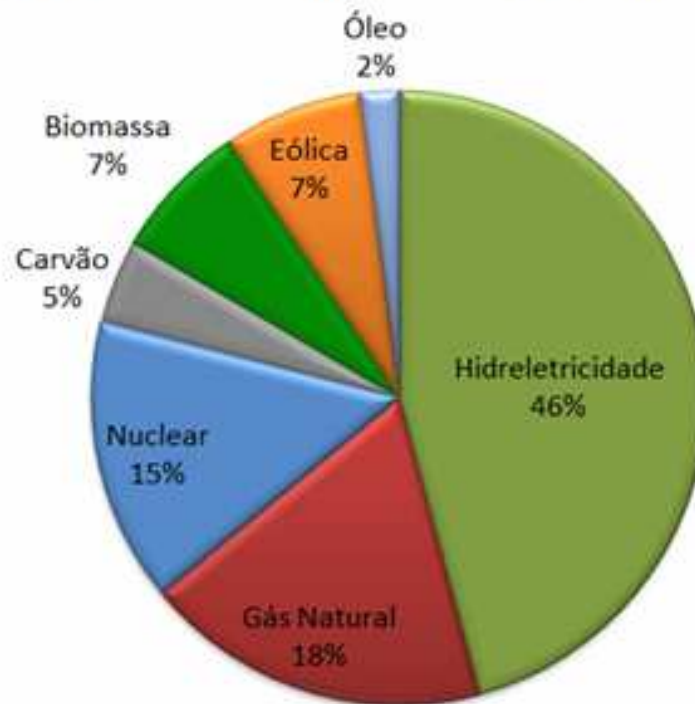
|                   | <b>GWh</b> |
|-------------------|------------|
| Hidroeletricidade | 724.385    |
| Gás Natural       | 221.471    |
| Nuclear           | 94.603     |
| Carvão            | 68.498     |
| Biomassa          | 98.771     |
| Eólica            | 41.789     |
| Óleo              | 28.721     |

## Regime de Concorrência – TIR Real



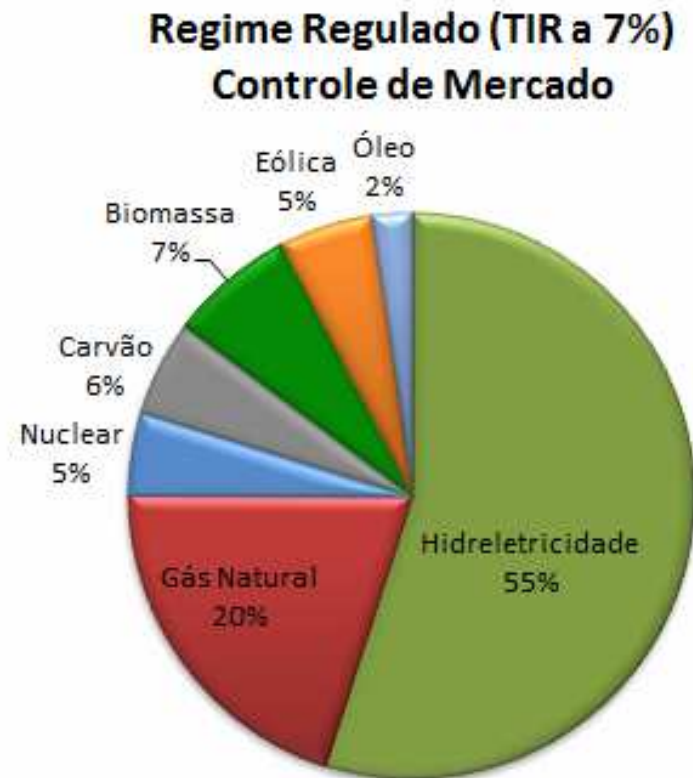
## Regime de Concorrência – TIR Real

Regime de Concorrência - Avanço Institucional



|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 696.850 |
| Gás Natural       | 277.868 |
| Nuclear           | 228.139 |
| Carvão            | 66.919  |
| Biomassa          | 110.856 |
| Eólica            | 110.769 |
| Óleo              | 31.297  |

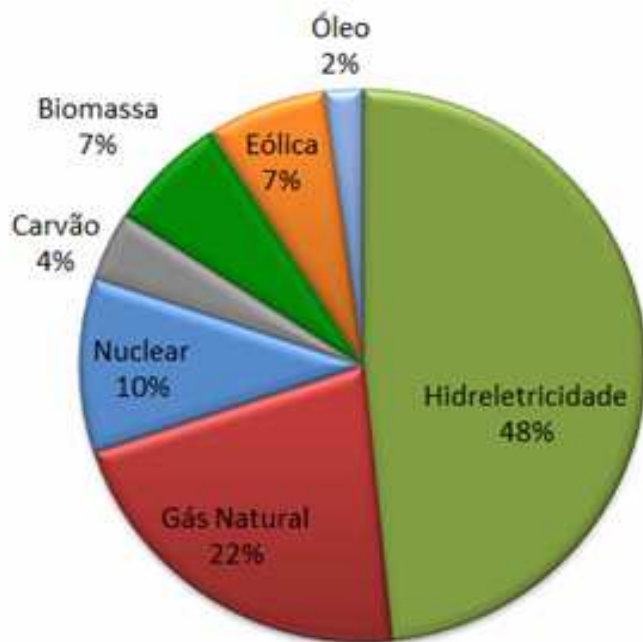
## Regime Regulado – TIR a 7%



|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 692.249 |
| Gás Natural       | 253.022 |
| Nuclear           | 59.568  |
| Carvão            | 68.696  |
| Biomassa          | 89.832  |
| Eólica            | 67.498  |
| Óleo              | 28.721  |

Regime Regulado – TIR a 7%

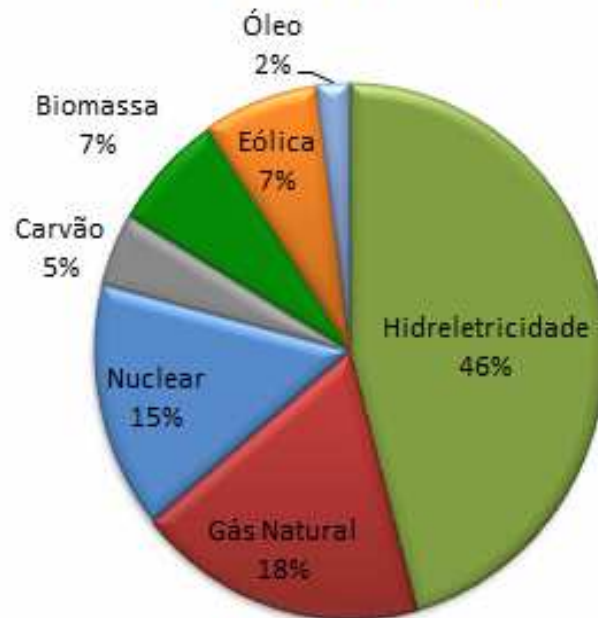
Regime Regulado (TIR a 7%)  
Racionalidade Econômica



|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 701.191 |
| Gás Natural       | 311.553 |
| Nuclear           | 147.813 |
| Carvão            | 58.078  |
| Biomassa          | 98.787  |
| Eólica            | 99.487  |
| Óleo              | 31.617  |

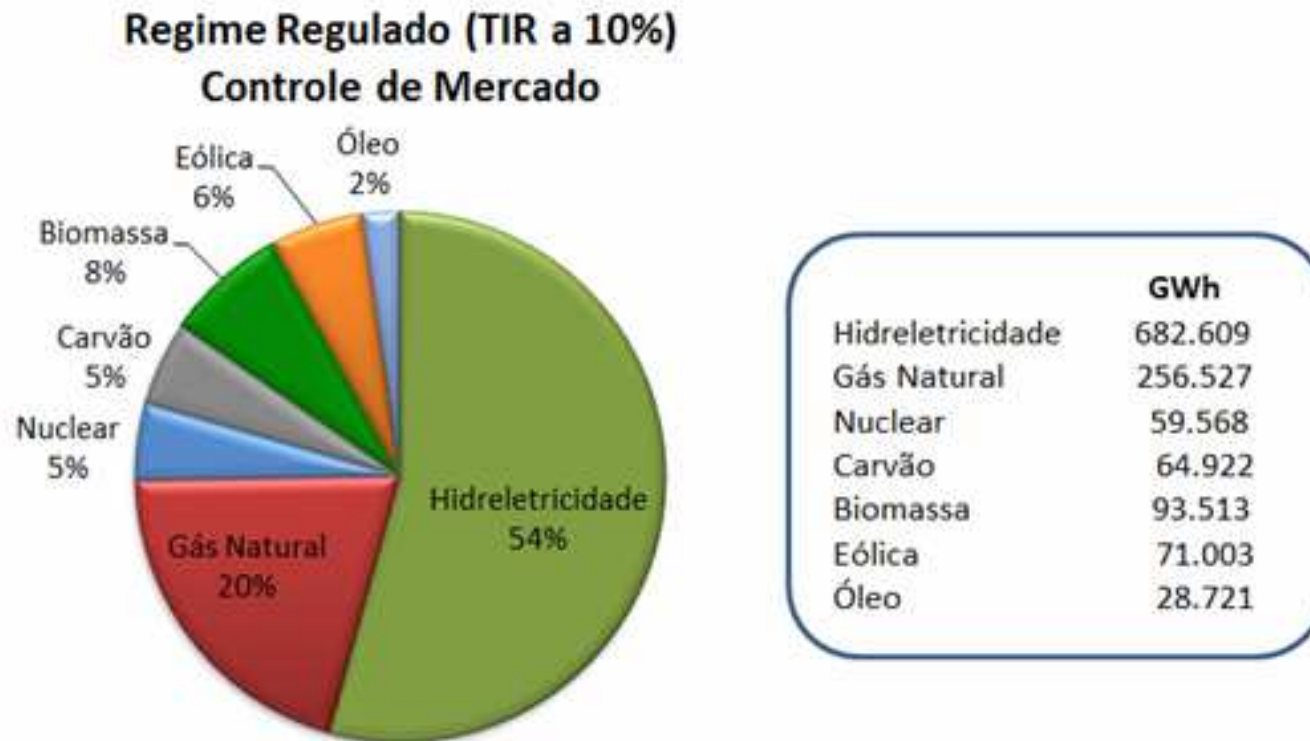
## Regime Regulado – TIR a 7%

Regime Regulado (TIR a 7%)  
Avanço Institucional



|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 701.288 |
| Gás Natural       | 273.026 |
| Nuclear           | 228.865 |
| Carvão            | 67.525  |
| Biomassa          | 109.803 |
| Eólica            | 111.092 |
| Óleo              | 31.297  |

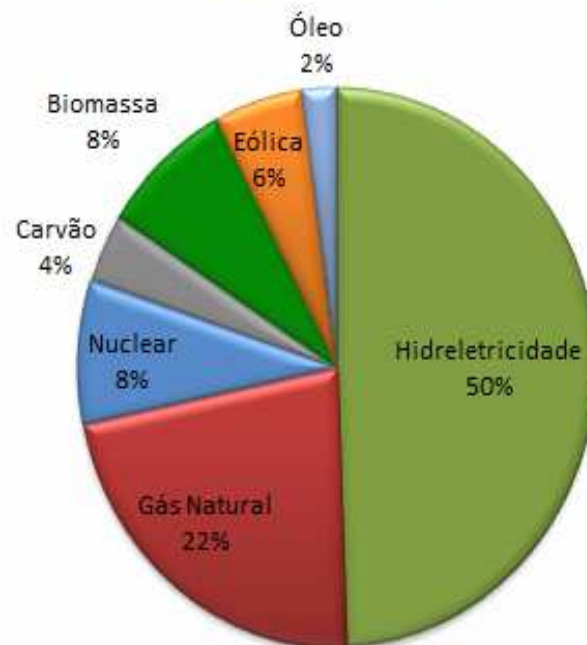
## Regime Regulado – TIR a 10%





## Regime Regulado – TIR a 10%

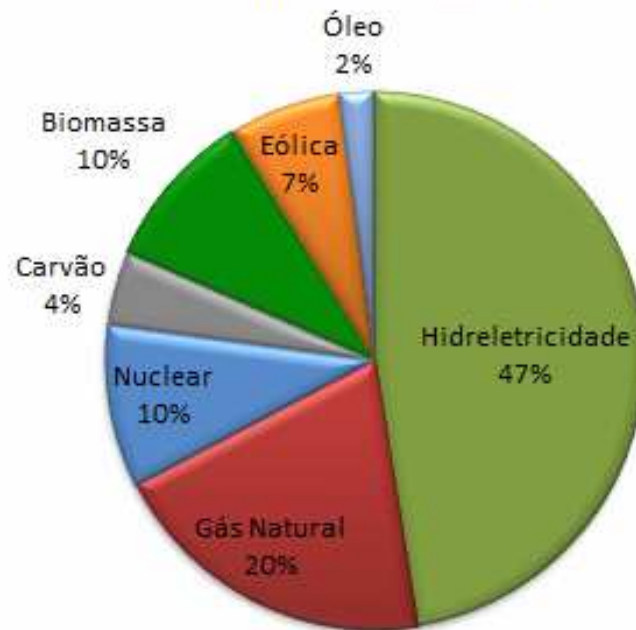
Regime Regulado (TIR a 10%)  
Racionalidade Econômica



|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 726.188 |
| Gás Natural       | 327.460 |
| Nuclear           | 122.287 |
| Carvão            | 57.883  |
| Biomassa          | 113.560 |
| Eólica            | 78.277  |
| Óleo              | 31.617  |

## Regime Regulado – TIR a 10%

**Regime Regulado (TIR a 10%)  
Avanço Institucional**



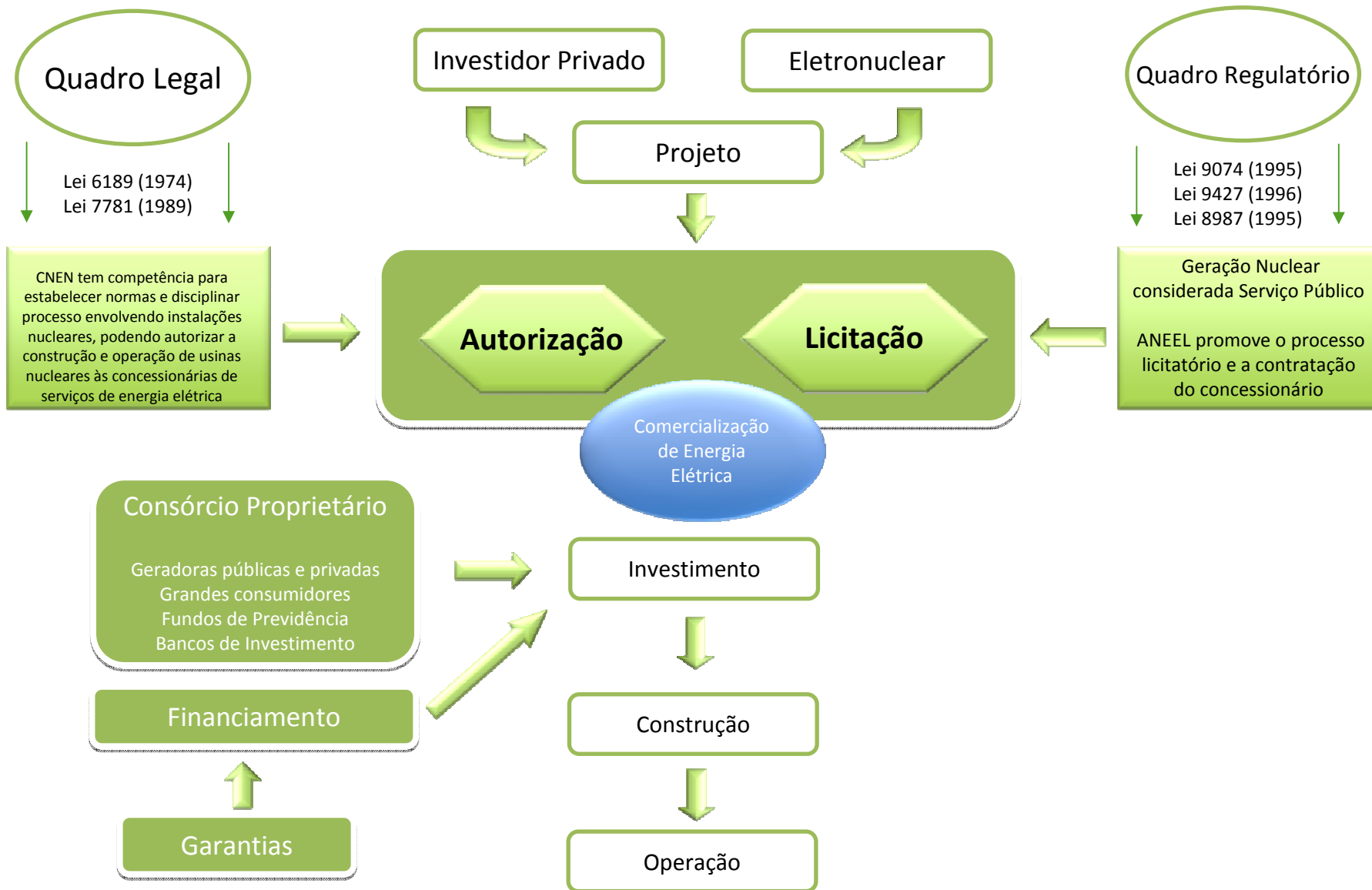
|                   | GWh     |
|-------------------|---------|
| Hidroeletricidade | 719.040 |
| Gás Natural       | 302.076 |
| Nuclear           | 147.221 |
| Carvão            | 67.343  |
| Biomassa          | 145.838 |
| Eólica            | 97.858  |
| Óleo              | 31.297  |



## **5 – Participação da Geração Nuclear**

- ❑ Geração na base
- ❑ Fator de capacidade elevado
- ❑ Redução no tempo e custo de construção
- ❑ Novas condições de produção  
(padronização e modularização)
- ❑ Gestão da cadeia de fornecedores
- ❑ Participação do setor privado

# Como viabilizar a participação do setor privado





## 6 - Recomendações

## Recomendamos

- ❑ que a política energética brasileira promova a diversificação da matriz elétrica, valorizando a distribuição equilibrada da oferta entre as diversas fontes energéticas que podem ser geradas no país, buscando minimizar o risco de dependência física e/ou climática;
- ❑ que a política energética brasileira tenha uma estratégia de longo prazo, com objetivos explicitados em matéria de oferta e demanda de energia elétrica, que sirvam como referência e indicação das oportunidades de investimento, permitindo que investidores privados possam planejar com maior segurança o desenvolvimento de projetos de médio e longo prazo;

## Recomendamos

- ❑ a diversificação da matriz elétrica a custos competitivos, incluindo a construção de centrais nucleares no processo de expansão da geração de energia elétrica em função das inovações introduzidas pela Geração III+ de reatores nucleares em matéria de segurança e desempenho operacional;
- ❑ a participação do setor privado, como concessionário de energia elétrica, na construção, gestão e operação das centrais nucleares do país;



## Recomendamos

- ❑ a racionalização dos processos de licenciamento da construção e operação de usinas nucleares para que contribuam à redução dos riscos no quadro de um cronograma rigoroso;
- ❑ que sejam avaliados mecanismos de precificação pelas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) resultantes da energia gerada por carvão, gás natural, óleo diesel e óleo combustível;
- ❑ que a gestão da oferta de energia elétrica seja sustentável, atendendo aos critérios de segurança energética, segurança econômica e segurança ambiental;

## Recomendamos

- ❑ a utilização dos Custos Nivelados de Energia Elétrica como critério para a expansão da geração de energia elétrica, em especial na determinação do preço máximo nos leilões e para as escolhas a serem aplicadas no planejamento da matriz elétrica de longo prazo;
- ❑ o reconhecimento de externalidades positivas, em especial a não emissão de gases de efeito estufa no processo de geração de energia elétrica e geração de benefícios econômicos e sociais, entre os critérios que determinam a escolha de fontes energéticas para a expansão da oferta de energia elétrica.