



## Energia Nuclear: oportunidades, riscos e desafios

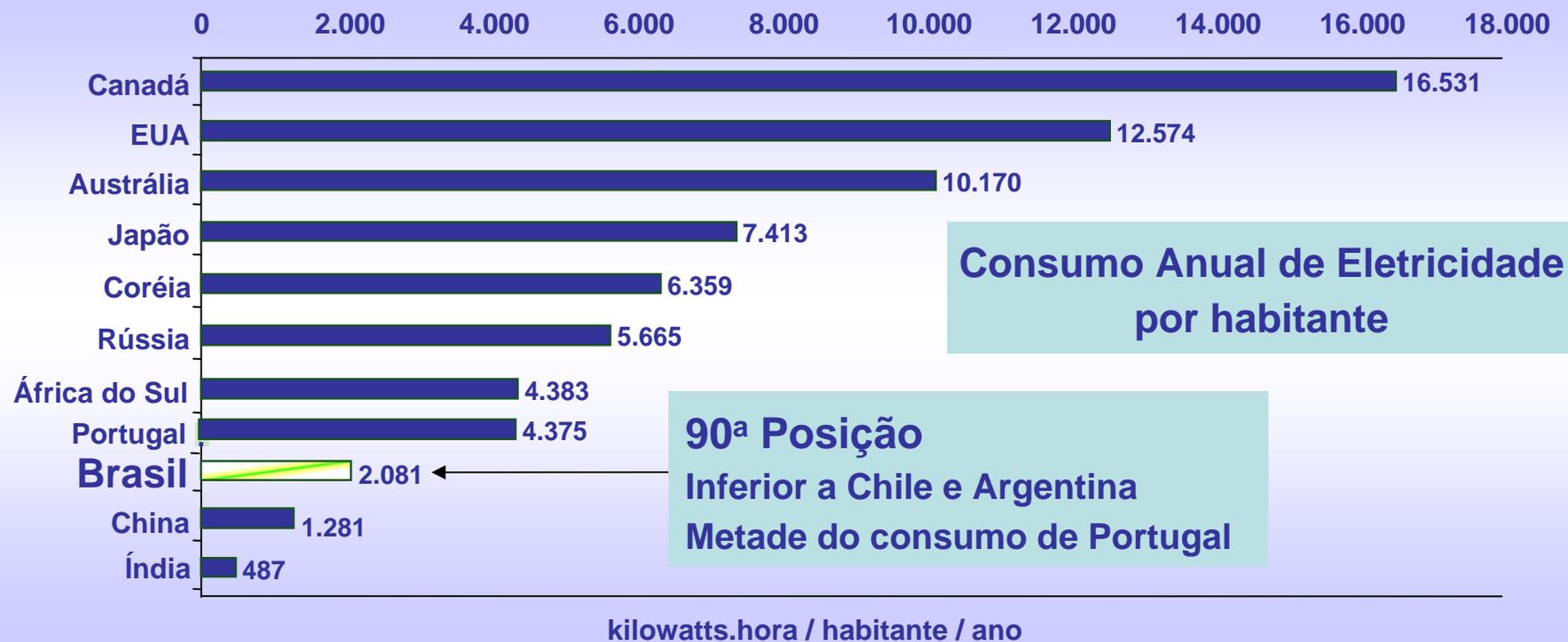
Por: **Drausio Atalla**



**DATA**

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)

## Energia Elétrica é fator fundamental para o desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida que somente ocorrerá no Brasil se houver um significativo crescimento no consumo por habitante

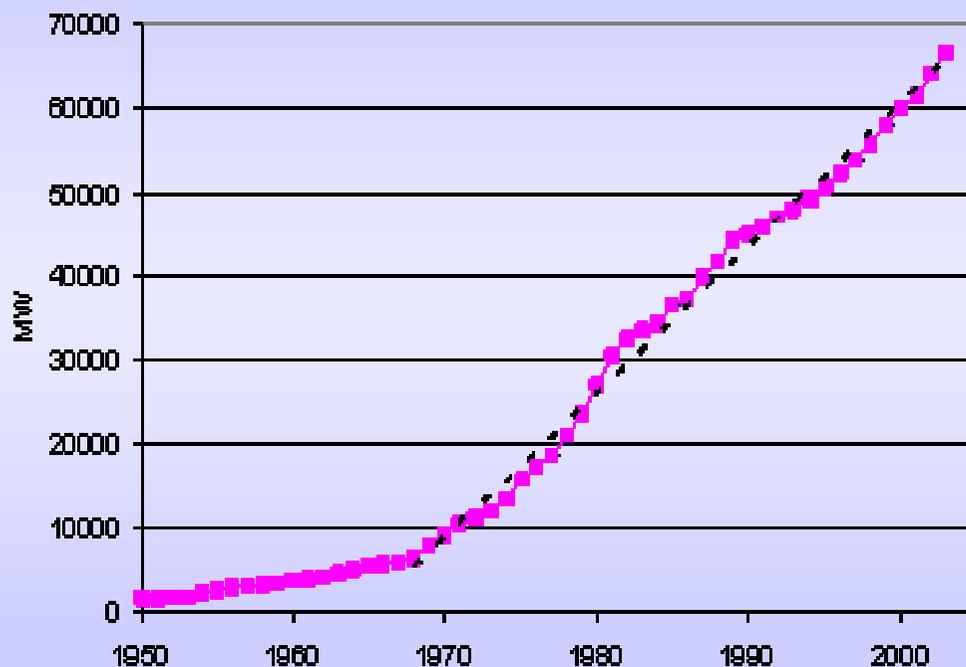


Fonte: Internacional Energy Annual 2005

# Potência Hídrica Instalada X Capacidade de Armazenamento

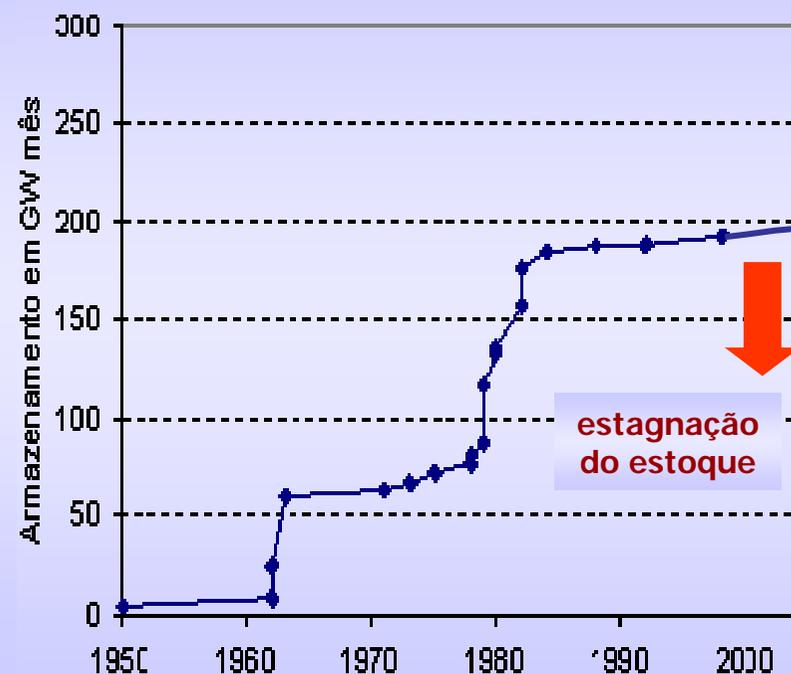
## Potência Hídrica Instalada

(Valores em MW Instalado)



## Capacidade de Armazenamento

(Usinas representando 75% do Armazenamento Total)



Fonte: lista da ONS dos principais reservatórios

# Recursos Naturais de Urânio

**ATUAIS: 309 mil toneladas de U3O8**

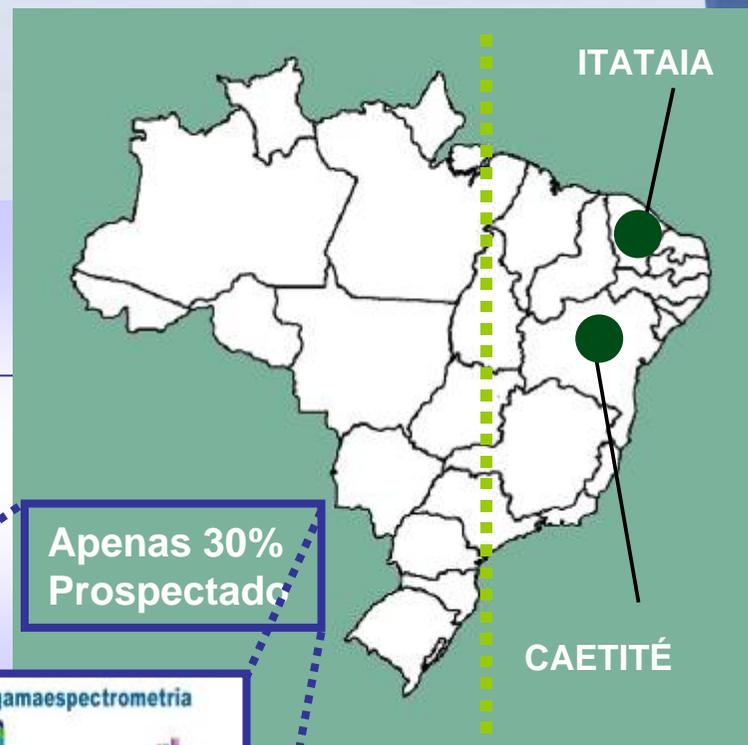
**6ª Reserva Mundial**

- Disponibilidade e estabilidade de preço para o combustível.
- Domínio tecnológico sobre a fabricação do combustível.

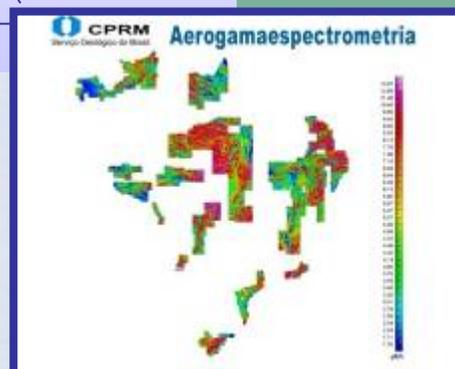
**ESTIMADAS: + 800 mil toneladas**

**1ª ou 2ª Reserva Mundial**

Fonte: BEN 2007



**Apenas 30% Prospectado**



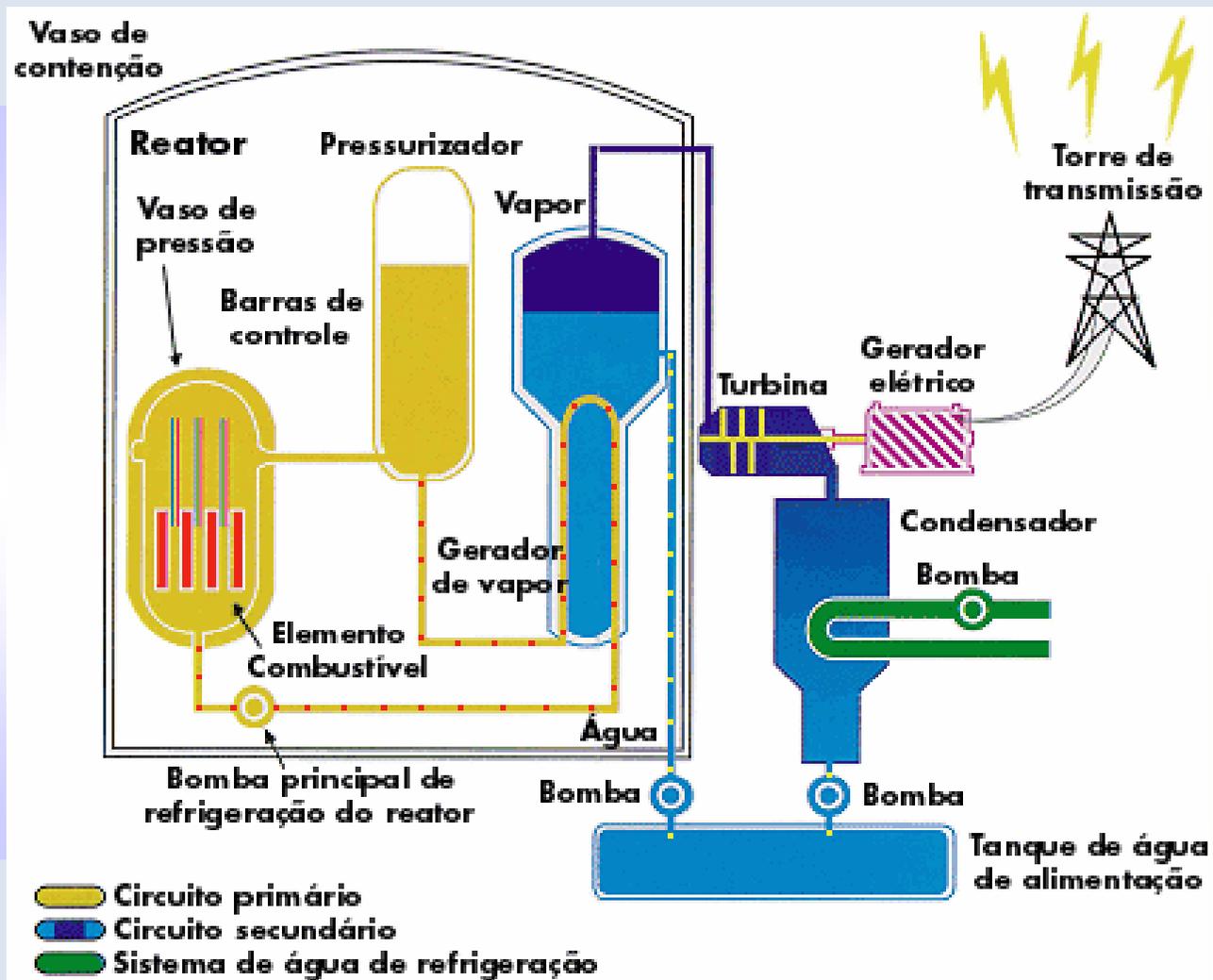
**309.000 tons equivalem a 238 anos de operação do GASBOL (25 milhões m3 / dia)**

# COMBUSTÍVEL NUCLEAR



*Volume de investimentos muito menor do que para usinas, porém de caráter estratégico*

## Reatores a Água Pressurizada (PWR)



## Plano Nacional de Energia 2030

### Premissas para Expansão da Oferta na Rede:

|  | 2007-2015           | 2016-2020             | 2021-2025                  | 2026-2030                  | 2016-2030 |
|--|---------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| <b>REFERÊNCIA</b><br><i>cenário 1</i><br><i>cenário 2</i>    | 1.360 MW<br>Angra 3 | 1.000 MW<br>NE 1      | 1.000 MW<br>NE 2           | 2.000 MW<br>SE 1+SE 2      | 4.000 MW  |
| <b>INTERMEDIÁRIO</b><br><i>cenário 3</i><br><i>cenário 5</i> | 1.360 MW<br>Angra 3 | 1.000 MW<br>NE 1      | 2.000 MW<br>NE 1+NE 2      | 3.000 MW<br>SE 1+SE 2+NE 3 | 6.000 MW  |
| <b>ALTO</b><br><i>cenário 4</i>                              | 1.360 MW<br>Angra 3 | 2.000 MW<br>NE 1+NE 2 | 3.000 MW<br>SE 1+SE 2+NE 3 | 3.000 MW<br>SE 3+SE 4+NE 4 | 8.000 MW  |

## Metas Angra 3

1. **2009:** Preparação do canteiro de obras e execução da concretagem de regularização do terreno para as fundações
2. **2009:** início da concretagem da laje de fundação do Edifício do Reator (*“marco zero” da construção*)
3. **2014:** início da operação



## ANGRA 3

### Contribuição ao Sistema Elétrico

- Aumento da confiabilidade do Sistema Interligado Nacional
- Angra 3 atenderá a cerca de 30% da demanda do Estado do Rio de Janeiro.
- Angra 1, 2 e 3 atenderão a cerca de 80% da demanda do Estado do RJ.



## Metas Novas Usinas

1. **2009:** Início da seleção de local para a Central Nuclear do Nordeste \*
2. **2010:** Início da seleção de local para a Central Nuclear do Sudeste \*
3. **2019:** Início da operação da primeira usina da Central Nuclear do Nordeste
4. **2021:** Início da operação da segunda usina da Central Nuclear do Nordeste
5. **2023:** Início da operação da primeira usina da Central Nuclear do Sudeste
6. **2025:** Início da operação da segunda usina da Central Nuclear do Sudeste

\* **Locais selecionados para até 6 usinas**



## Estruturação das Usinas Pós Angra 3

- **Seleção de sítio**
- **Seleção de tecnologia**
- **Estratégias de licenciamento**
- **Estabelecimento da estrutura de capital**
- **Busca do financiamento**
- **Análise e mitigação dos riscos empresariais**

## Riscos do Empreendimento Nuclear

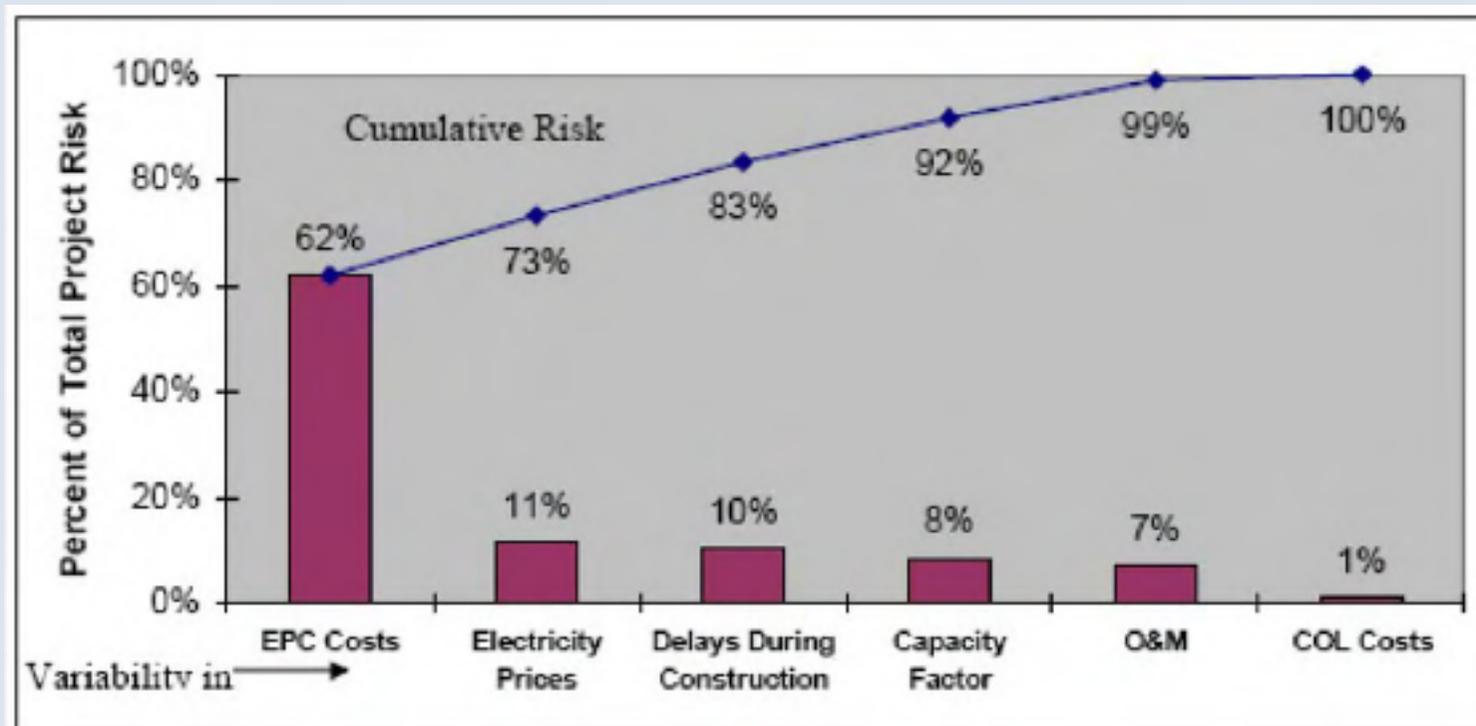


Figure 8.1. Sources of Variation in Plant NPV (Pareto Chart)

74% do risco durante a construção

## Desafios da Energia Nuclear

- **SEGURANÇA**  
*(resultados operacionais são excelentes ao redor do mundo)*
- **PROLIFERAÇÃO NUCLEAR**  
*(tecnologia avançada é resistente à proliferação e salvaguardas mundiais se aperfeiçoam)*
- **GESTÃO DE REJEITOS**  
*(é viável sob o ponto de vista tecnológico e de custos. Percepção pública é a questão)*
- **CUSTOS**

## Desafios da energia Nuclear

### Custos de operação e de construção

- Está amplamente demonstrado que usinas nucleares operam de modo seguro, confiável e com custos de produção baixos
- A questão, em essência, são dos custos de construção

## Custos de construção

- **Uma nova usina nuclear constitui um dos empreendimentos mais capital intensivos desenvolvidos pelo homem.**

**COMO CONSTRUIR NOVAS USINAS OBSERVANDO PRAZOS, ESCOPO E ORÇAMENTOS, É O DESAFIO MAIS SIGNIFICATIVO DE NOSSA INDÚSTRIA**

## Custos de construção

**Várias estratégias estão em andamento:**

- **Usinas simples, padronizadas e modularizadas**
- **Flotilhas mundiais de usinas padronizadas (flotilhas regionais ???)**
- **Estrutura de capital dividida, compartilhando riscos entre os empreendedores, incluindo capital privado**
- **Licenciamento avançado**
- **Estudos de viabilidade confiáveis,.....**

## Recente revisão do relatório do MIT de 2003

### **Nova unidade:**

- **US\$ 4.000/KWe instalado (overnight cost)**
- **Tarifa de equilíbrio: US\$ 66/KWh (US 84/KWh com juros premium)**
- **Prazo de construção: 3/4/5 anos ?**
- **Amortização em 15 anos**

## Fluxo de caixa típico para viabilização

Table 6A: Cost Cash Flows and Depreciation at a Nuclear Power Plant (\$ millions)

| Period | Calendar Year | Construction Costs | Depreciation | Incremental Capital Costs + |                    | Fuel Costs | Waste fee |
|--------|---------------|--------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|------------|-----------|
|        |               |                    |              | Decomm. Cost                | Non-fuel O&M costs |            |           |
| [A]    | [B]           | [C]                | [D]          | [E]                         | [F]                | [G]        | [H]       |
| [1]    | -4            | 2009               | 403          |                             |                    |            |           |
| [2]    | -3            | 2010               | 1093         |                             |                    |            |           |
| [3]    | -2            | 2011               | 1396         |                             |                    |            |           |
| [4]    | -1            | 2012               | 1159         |                             |                    |            |           |
| [5]    | 0             | 2013               | 454          |                             |                    |            |           |
| [6]    | 1             | 2014               |              | 225                         | 49                 | 74         | 66        |
| [7]    | 2             | 2015               |              | 428                         | 51                 | 77         | 68        |
| [8]    | 3             | 2016               |              | 385                         | 52                 | 81         | 71        |
| [9]    | 4             | 2017               |              | 347                         | 54                 | 84         | 73        |
| [10]   | 5             | 2018               |              | 312                         | 55                 | 87         | 76        |
| [11]   | 6             | 2019               |              | 281                         | 57                 | 91         | 79        |
| [12]   | 7             | 2020               |              | 266                         | 59                 | 94         | 81        |
| [13]   | 8             | 2021               |              | 266                         | 61                 | 98         | 84        |
| [13]   | 9             | 2022               |              | 266                         | 62                 | 102        | 87        |
| [14]   | 10            | 2023               |              | 266                         | 64                 | 106        | 90        |
| [15]   | 11            | 2024               |              | 266                         | 66                 | 110        | 93        |
| [16]   | 12            | 2025               |              | 266                         | 68                 | 115        | 97        |
| [17]   | 13            | 2026               |              | 266                         | 70                 | 120        | 100       |
| [18]   | 14            | 2027               |              | 266                         | 72                 | 124        | 104       |
| [19]   | 15            | 2028               |              | 266                         | 74                 | 129        | 107       |
| [20]   | 16            | 2029               |              | 133                         | 77                 | 135        | 111       |
| [21]   | 17            | 2030               |              |                             | 79                 | 140        | 115       |
| [22]   | 18            | 2031               |              |                             | 81                 | 146        | 119       |
| [23]   | 19            | 2032               |              |                             | 84                 | 152        | 123       |
| [24]   | 20            | 2033               |              |                             | 86                 | 158        | 128       |
| [25]   | 21            | 2034               |              |                             | 89                 | 164        | 132       |
| [26]   | 22            | 2035               |              |                             | 92                 | 171        | 137       |
| [27]   | 23            | 2036               |              |                             | 94                 | 177        | 141       |
| [28]   | 24            | 2037               |              |                             | 97                 | 185        | 146       |
| [29]   | 25            | 2038               |              |                             | 100                | 192        | 152       |
| [30]   | 26            | 2039               |              |                             | 103                | 200        | 157       |
| [31]   | 27            | 2040               |              |                             | 106                | 208        | 162       |
| [32]   | 28            | 2041               |              |                             | 109                | 216        | 168       |
| [33]   | 29            | 2042               |              |                             | 113                | 225        | 174       |
| [34]   | 30            | 2043               |              |                             | 116                | 234        | 180       |
| [35]   | 31            | 2044               |              |                             | 119                | 243        | 186       |
| [36]   | 32            | 2045               |              |                             | 123                | 253        | 193       |
| [37]   | 33            | 2046               |              |                             | 127                | 263        | 200       |
| [38]   | 34            | 2047               |              |                             | 130                | 274        | 207       |
| [39]   | 35            | 2048               |              |                             | 134                | 285        | 214       |
| [40]   | 36            | 2049               |              |                             | 138                | 297        | 222       |
| [41]   | 37            | 2050               |              |                             | 143                | 309        | 229       |
| [42]   | 38            | 2051               |              |                             | 147                | 321        | 237       |
| [43]   | 39            | 2052               |              |                             | 151                | 334        | 246       |
| [44]   | 40            | 2053               |              |                             | 2882               | 347        | 254       |

MIT: Maio/2009

## Grande Desafio

- **O grande desafio da indústria nuclear é como reproduzir na realidade este fluxo de caixa descontado.**
- **Para isto, o controle dos riscos do empreendimento é essencial.**

## Riscos/Sumário

- O risco operacional é reduzido: operamos nossas usinas com segurança, custos controlados e elevada disponibilidade.
- Novas usinas representam o risco apreciável. Como construir dentro do orçamento, do prazo e do escopo?
- Ação conjunta da América Latina poderá mitigar alguns dos riscos?

## Controle de Risco Empresarial Estratégias

- **Padrões elevados para seleção de sítio (mitigação de riscos EPC e licenciamento)**
- **Tecnologia avançada, padronizada, simplificada e modularizada (mitigação de riscos EPC e prazo de construção)**
- **Estrutura de capital mista: público/privada (compartilhamento do risco e redução do risco individual)**
- **Financiamento misto, com apoio do governo para reduzir riscos e custo de capital (redução de juros e do custo total do empreendimento)**

## Questões essenciais

- **Novas gerações de usinas precisarão superar estes riscos**
- **Ação conjunta dos países latino americanos ajudaria neste controle de risco?**
- **Faremos juntos ou sem cooperação?**
- **Teremos múltiplas tecnologias ou padronizaremos?**
- **Investiremos mutuamente em nossas novas usinas?**

**CABE A NÓS DECIDIR**

M U I T O O B R I G A D O

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)

[drausio@eletronuclear.gov.br](mailto:drausio@eletronuclear.gov.br)

