



Cátedra BES

Energia Nuclear: mitos, realidade e o futuro

por

Manuel Collares Pereira

Energia Nuclear

- Fissão (ou cisão)(I)

- O que é?
- Que contribuição?
- Que custo?
- Que segurança?
- Que futuro?

Mitos e realidade

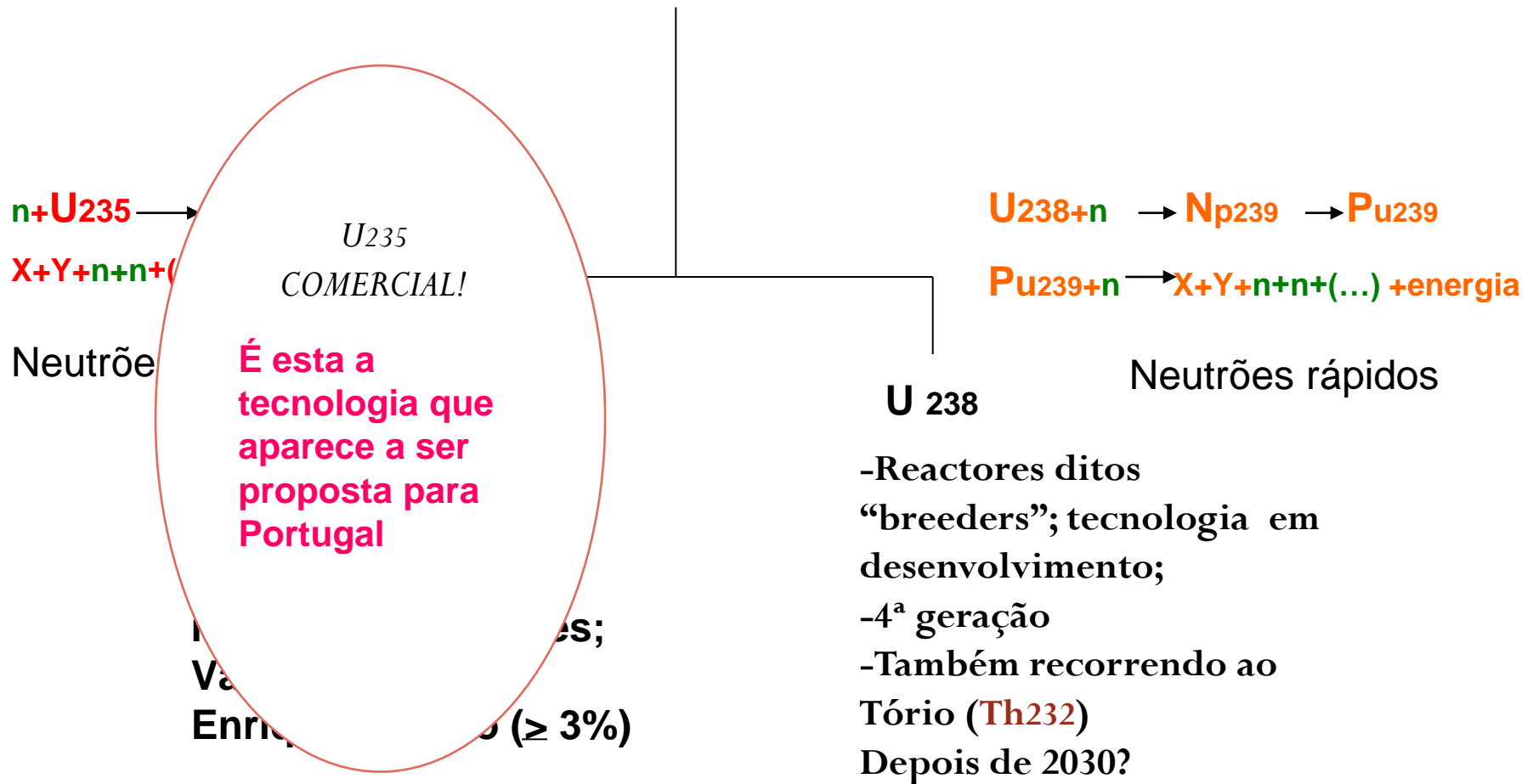
- Fusão (II)

- Conclusões



Energia Nuclear (I)

Fissão / Cisão (Urânio)



Reactor comercial : FUKUSHIMA; GE

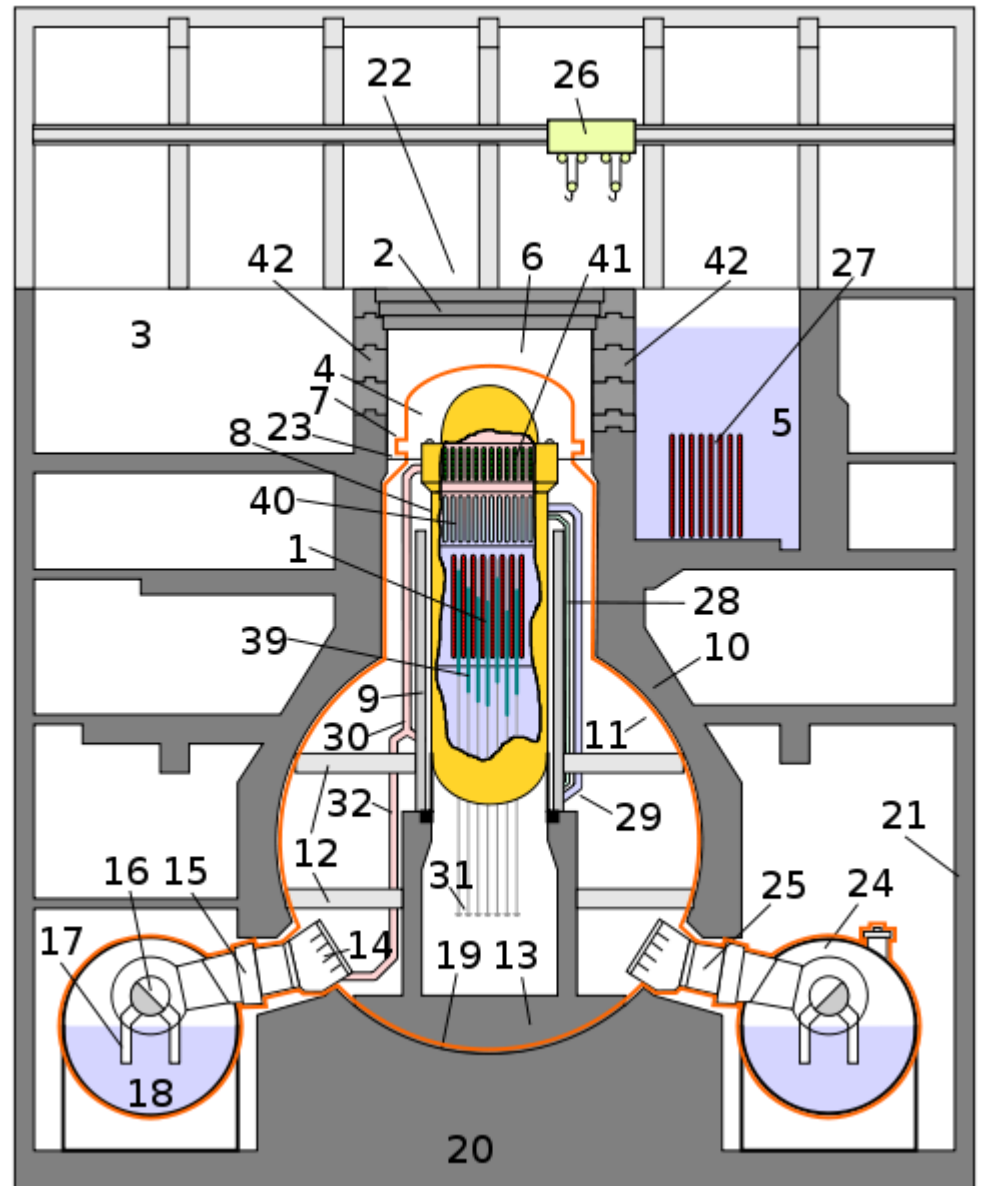
amarelo: vaso do núcleo

laranja : vaso de confinamento
em caso de “melt down”

azul (5) : piscina para
armazenamento de combustível
“gasto”

Grená (1,27)- barras de
combustível

azul (39)- barras
moderadoras/controlo



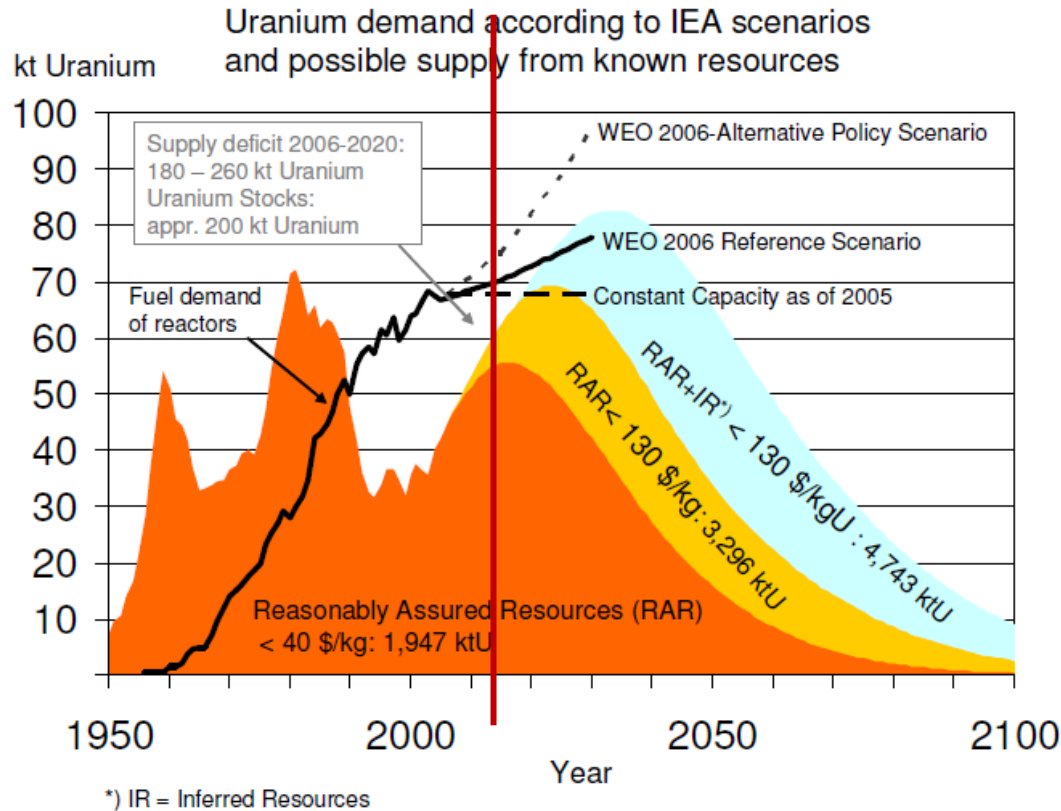
1º mito : o nuclear é uma forma de energia inesgotável , ilimitada...

- Nuclear comercial de hoje está baseado no U_{235} (neutrões lentos)
- U_{235} é um percentagem pequena ($<0.7\%$ - ocorrência média mundial) do U_{238} ; hoje a maior parte das minas estão a $<0.1\%$
- Não há U_{235} suficiente para mais de 30-50 anos, a custos razoáveis ...
- Pico Urânio U_{235} !



Reserves (source: EWG. December 2006)

Figure: Past and projected uranium production. Forecasts are based on reasonably assured resources below 40 \$/kgU (red area), below 130 \$/kgU (orange area) and additionally including inferred resources. The black line shows the fuel demand of reactors currently operating together with the latest scenarios in the World Energy Outlook (WEO 2006) of the International Energy Agency.



Ore grade ~1% only
Canada (!); the rest
<0.1%



2º mito : a Energia Nuclear é barata (“too cheap to meter”)

- Time Magazine (March 28):
- *“...outlandish expensive method of generating (electricity)...”*
- *“... new proposed reactors scrapped by ...financial realities. Other projects have been delayed as cost estimates have tripled toward \$U.S. 10 billion a reactor”*
- *“Nuclear power is expanding only in places where taxpayers and ratepayers can be compelled to foot the bill”*
- (Brattle Group paper) *“additional reactors cannot be expected to contribute significantly to U.S. carbon emissions reduction goals prior to 2030” “by contrast more efficient buildings and factories can reduce demand now , at a tenth of the cost; ...cleaner gas, emissions free wind and even utility scale solar will also be cheaper and faster than new nukes...”*



Custo do Nuclear – antes de Fukushima (Capex)

Technology	Inst.Cost (in euro/Wp)	Obs.
Nuclear U235 (1600MW)	3.5-8.0 (no waste treatment and no dismantling included)	2.2?! (proponents in Portugal)
Nat. Gas (>300MW)	> 0.6	
Coal (simple)	> 1.0	
Coal (with filters and scrubbers)	1.5 - 2.0	No CSS
Wind	1.2- 1.6	(0.34 capacity)
Hydro	1.5- 2.5	(0.34 capacity)
Solar PV (1MW)	<2.2	PV non tracking (0.17 capacity)
Thermal Electricity CSP	2.2 – 3.5	0 h storage
	4.5 – 6.5	Up to 15h de arm. (0.85 capacity)



O Custo do Nuclear

- É caríssimo : e **todos** os reactores em funcionamento foram substancialmente subsidiados- directa e indirectamente e
- custaram muito mais que o previsto “the Congressional Budget Office reported in May 2008 that the actual costs of building 75% of the existing nuclear power plants in the U.S. exceeded industry quoted estimate by more than 300 percent”
- Reactores 3ª geração na Finlândia e França: vão na mesma linha...
- Não há nenhuma solução implementada/generalizada para os resíduos radioactivos
- + custo altíssimos para o desmantelamento (> que os da construção?) ...
- Exemplo: **4.0 biliões de libras** para desmantelar os primeiros reactores do Reino Unido; industria nuclear tinha apenas **0.8 biliões** para contribuir...!
- 15% da electricidade produzida no mundo é de origem nuclear.
- **Só?**



O custo do nuclear

- O pico do U_{235} quer dizer que o preço do Urânio deverá subir, acabando com a ideia de que é barato
- Já estava a subir antes de Fukushima...
- Versicherungsforen Leipzig GmbH: **0.14 a 2.36 euro /kWh !!!!!** só para a questão dos seguros, contas feitas a **100 anos** e para **17 centrais** , em colectivo , ou cada uma isolada
- **Em Portugal** - acrescentar ao custo da central:
 - 1) o custo do estudo da sua localização
 - 2) o custo de outra central ao lado para substituir em caso de paragem, ou o reforço substancial das ligações a Espanha
 - 3) o custo de parar as centrais fósseis convencionais actualmente na base do diagrama
 - 4) o custo da importação de tudo, até de combustível!
 - 5) o custo da fiscalização



3º mito: o nuclear é seguro

- Mito: pior cenário-1 acidente (grande) em cada 300 anos...
- A realidade é três grandes acidentes em 30 anos (1 em cada 10 ?)
- Mas há muito pequenos acidentes, alguns mesmo com morte de operadores : secretismo, falta de transparência...
- As piscinas de combustível: o actual repositório do lixo radioactivo **são uma ameaça escondida, como veio mostrar Fukushima**
- Que solução para o lixo?
- No “pós-Fukushima”: podemos dizer que os reactores espanhóis afinal são mesmo uma ameaça...?
- Proliferação nuclear



4º mito : o nuclear é necessário, é inevitável ...

- Hoje: >400 reactores; 350GW
- 1/3 estão velhos (~40 anos) ; serão desmantelados (?) em breve...
- Os outros continuarão a produzir até haver **U235** a preços razoáveis e até **serem declarados (!) seguros**

- A Alemanha; a Suíça; a Itália...
- (...)



5º mito: o nuclear é limpo

- Um novo problema ambiental: o lixo radioactivo
- -do funcionamento da central
- -do desmantelamento
- -dos acidentes

- Emissões gases de efeito de estufa (CO₂) : 20-80 g/kWh (sem contar com o arm. definitivo dos lixos)
- - na construção e desmantelamento
- - na produção do combustível nuclear
- -no transporte e armazenamento provisório dos lixos
- central a gás: seria 430g/kWh



6º mito: o nuclear é panaceia para resolver todos os nossos problemas energéticos

- Nuclear produz electricidade e esta é , hoje, só ~25% do total de uso de energia (final)
- Desses 25% o nuclear, na melhor das hipóteses, apenas pode produzir produz 15% em Portugal
- Só se pode fazer uma central de 1600MW
- Isto é o nuclear contribui entre 3 e 4% do total de Energia Final do país
- Uma central levaria, no mínimo, 10 anos a planear, situar, instalar...

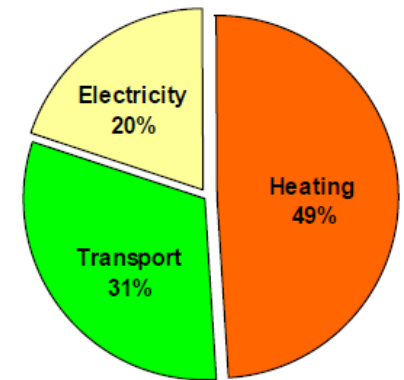


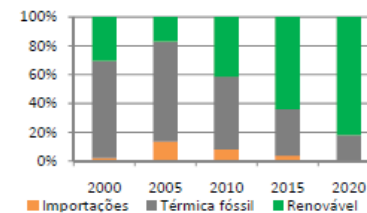
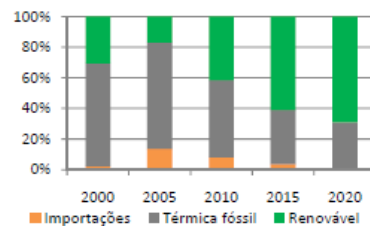
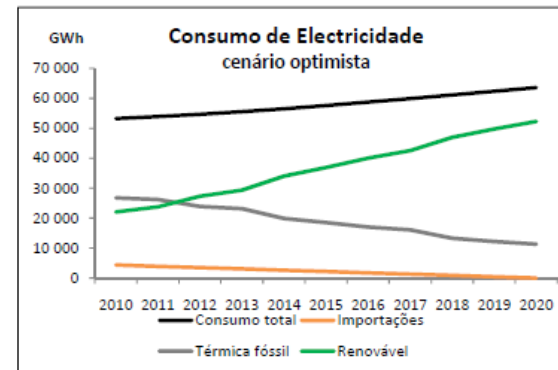
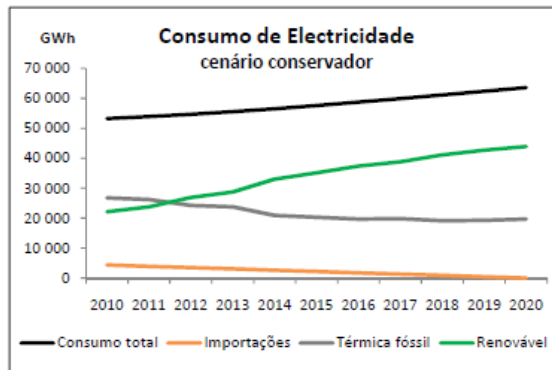
Fig. 1: Breakdown of final energy consumption in Europe



...em forte contraste com as ER para a produção de electricidade...

Percentagem da Electricidade total produzida pelas ER em Portugal

- 2009 > 45%
- 2010 > 50%
- APREN (até 2020)
- > 70%?!



Nuclear: mitos e realidade

- Em resumo:

Mito	Realidade
Ilimitado	Finito/não sustentável
Barato	A opção mais cara hoje
Seguro	Múltiplos riscos, mesmo sem centrais
Necessário /Inevitável	Muitas alternativas disponíveis
Limpo	Também produz CO2! Lixo radioactivo, proliferação nuclear
Resolve tudo e já	Acrescenta muito pouco e tarda

- Haverá outra opção nuclear que altere este estado de coisas?



Há nuclear alternativo ?

Fissão (II)- 4ª geração

- Centrais a U_{238} (neutrões rápidos) uma solução diferente; mais exigente ainda do ponto de vista técnico
- Outros combustíveis: o Tório (Th_{232}) : maior abundancia que o Urânio (neutrões térmicos e rápidos)
- Milhares de anos de combustível: já será sustentável...
- Existe uma grande variedade de soluções
- Requer ainda muito I&D até ser comercial
- > 2030, i.e não haverá nada comercialmente disponível antes de 20/30 anos...
- Poderá/deverá proporcionar maior controlo sob a produção de lixo radioactivo; muito maior disponibilidade de combustível
- Custos? Provavelmente mais elevados... mas...

E ainda:

- Reactores de menor dimensão (!) fabricados em fábrica



Fusão Nuclear

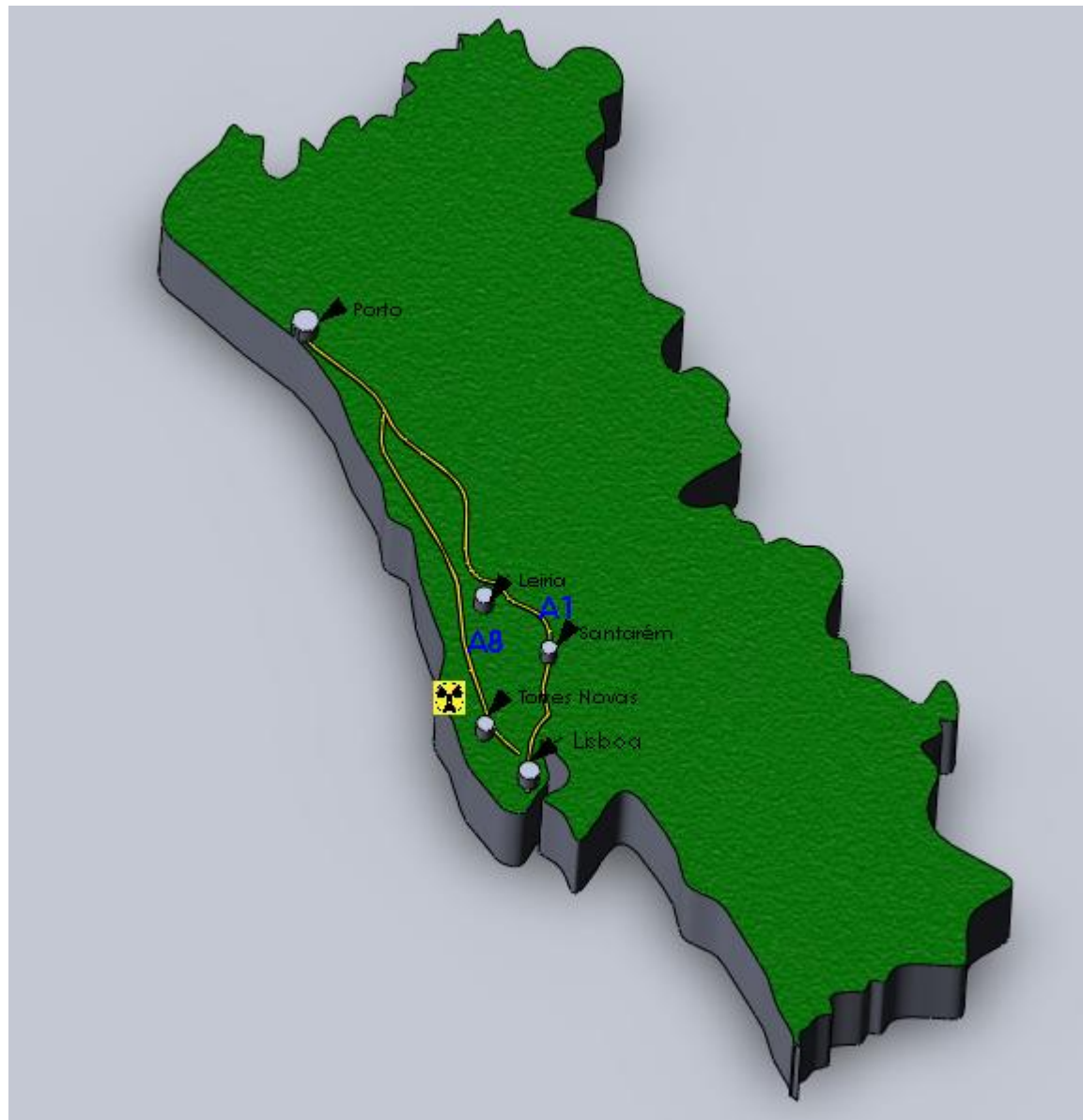
- **Fusão Nuclear** – um conceito muito elegante, talvez disponível daqui a 40-50 anos?
- Muitas questões de engenharia por resolver... (“The false dawn of fusion”: Scientific American, March 2010)
- Portugal participa no esforço de I&D (IST)
- Combinar fissão com fusão : uma ideia igualmente para a segunda metade do século



E depois de Fukushima?

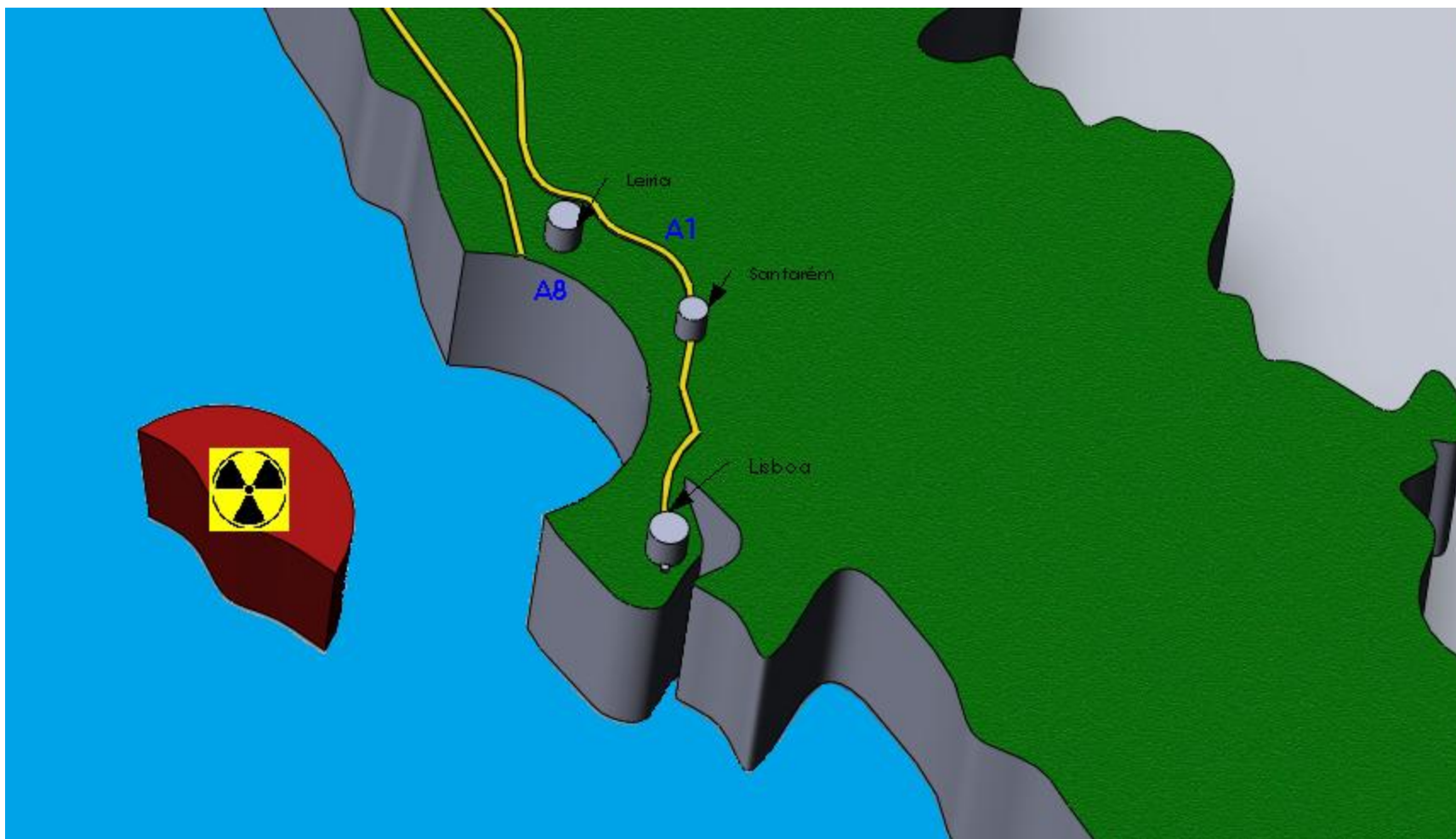
- Um acidente muito pior do que poderia ter sido!:
- -a central não deveria ter passado na inspeção uns meses antes
- -erros de concepção que vêm dos anos 70 (já se conheciam mesmo quando foi construída!)
- Política de gestão das barras de combustível gasto (re-racking); um problema gravíssimo, consequência de outro , o de não haver solução para os resíduos
- (...) “Power corrupts!: Nuclear Power corrupts absolutely”... (Monbiot)
- Energia nuclear: uma solução tecnologicamente muito exigente e potencialmente muito perigosa que não pode ser gerida por ... **pessoas**: membros de governo, licenciadores, interesses económicos ... facilmente gananciosos, desleixados, corruptos, corrompíveis
- **Política : ... depois de Fukushima, será muito difícil (impossível?) introduzir a energia nuclear actual, em qualquer democracia ocidental...**





Cátedra BES





E nos países com Energia Nuclear?

- USA tudo parado, apesar da decisão favorável do Governo Obama: custo e risco financeiro demasiado elevados!!!
- Alemanha, Suíça , Itália...
- **Siemens to quit nuclear industry:**
...Siemens will continue to work in the power industry but drop out of the nuclear sector...
- UK?
- China: 27 reactores em construção: parou e retomou, provavelmente apenas 13 ...
- Japão: 17 reactores parados; alguns muito recentes
- Suécia: voltou a discussão...
- (...)



Em conclusão(1)

- Nuclear convencional:
- É uma solução tecnológica em fim de linha, não sustentável
- É uma solução tecnológica a exigir um comportamento energético nos antípodas da atitude moderna face à energia, já que depende de manter consumos elevados para garantir o escoamento da produção das centrais, em vez de promover o Uso Racional de Energia/Eficiência Energética
- É uma solução do mundo dos ricos, deixando para trás 4/5 de consumidores (o mundo dos pobres)
- É uma solução de poucos, que teimam muito, porque seriam ricos (os únicos) se caíssemos na asneira de seguirmos hoje o que preconizam
- E certamente agradecerão que o próximo acidente (próximos 10 anos) já não aconteça no seu turno de vigia (**“a core meltdown is seriously bad for your business!”**)
- Segurança : é um problema real que temos, mesmo sem reactores em Portugal (re-raking também se faz em Espanha!)
- É uma solução **importada: na íntegra!** (incluindo o combustível)



Em conclusão (2)

- Nuclear não convencional (U238, Th232):
- Não comercial em tempo útil?!
- Uma incógnita quanto a segurança e custos
- Estamos dispostos a investir para sermos “players” daqui a 20/30 anos?

- Fusão Nuclear:
- Daqui a 40 anos? Seremos capazes de resolver todos os problemas de engenharia?



Em conclusão (3)

- Temos uma alternativa fortíssima: **as Energia Renováveis**
- -são um recurso nosso (e abundante)
- -usam tecnologia ao alcance do **nosso** saber de hoje, engenho de hoje, industria de hoje
- -são um investimento directo ... na nossa economia
- -não são compatíveis com o Nuclear, no nosso pequeno país
- -são responsáveis apenas por uma pequena parte (15% em 2010 : estudo da Roland Berger, APREN) do “deficit tarifário”, mas esse investimento produziu, está a produzir, frutos substanciais... (por exemplo: custo da electricidade fixado por 15 anos abaixo dos 70euro/MWh, criação de industria, emprego, outras empresas portuguesas, etc.)
- Temos tudo a ganhar com elas, **se soubermos desenvolvê-las bem!!**



Obrigado pela vossa atenção!

collarespereira@uevora.pt



Cátedra BES



Cátedra BES