

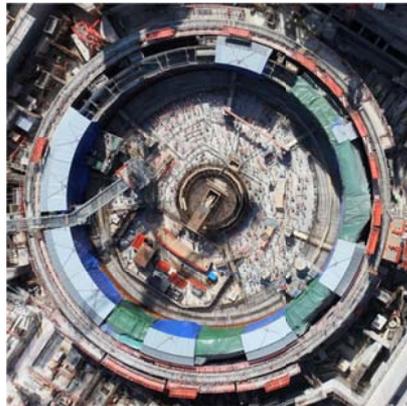
# Panorama da Energia Nuclear no Mundo



Ohi 3-4 – PWR 2.360 MW - Japão



Vogtle 3 – AP1.000 MW - USA (em construção)



Flamanville 3- EPR 1.600 MW –França

Edição  
Novembro  
2013



Surry 1-2 PWR 1.780 MW - USA



Hanul 1-6 - PWR 6.157 MW - Coreia do Sul

## Conteúdo



Introdução	pag. 3
I - Destaques	- pag. 4
II - Geração Nuclear Mundial	- pag. 11
III - Distribuição dos reatores	- pag. 13
IV - Situação da energia nuclear em alguns países /regiões	
▪ Américas	-- pag. 15
▪ Europa	-- pag. 29
▪ África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos	-- pag.65
▪ Ásia	-- pag. 73
▪ Austrália	- pag. 92
V - Alguns Acordos Comerciais e de Cooperação Nuclear	- pag.93
VI - Ambiente e sociedade	- pag.105
VII - Combustível	
▪ Urânio	- pag.109
▪ Tório	- pag.113
VIII - Combustível Irrradiado	
▪ Combustível Irrradiado	- pag. 114
▪ Radiação	- pag. 116
▪ Resíduos nucleares e Rejeitos radioativos	- pag. 120
IX - Proliferação e Riscos para a Segurança	- pag.123
X - Algumas Aplicações Nucleares	- pag.126
XI - Descomissionamento	pag.131
XII - Conclusões	- pag.133
XIII - Principais Fontes de Informação	- pag. 136

Nota: Comentários serão bem vindos e podem ser encaminhados a:

Ruth Soares Alves - [rtalves@eletronuclear.gov.br](mailto:rtalves@eletronuclear.gov.br)

Tel. +55 21 2588 7861

Permitida a reprodução total ou parcial com a devida indicação dos créditos.

## Introdução

É provável que o acidente de Fukushima Daiiiche em março de 2011 seja um marco para o fim do isolamento de Indústria Nuclear no mundo que agora mais que nunca precisa que seus líderes mundiais se foquem nas lições aprendidas com este terrível episódio.

As soluções até agora propostas requererão a milhões de dólares em investimentos em todos os países com tecnologia nuclear, mas como resultado a segurança será muito aumentada e levará a geração de mais empregos também. Novos projetos serão ainda mais acurados devido às novas restrições para suportar eventos extremos que foram adicionados às bases de projeto.

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) em seu relatório anual “World Energy Outlook 2012, a energia nuclear poderia crescer em 58% até 2035, mas a participação nuclear no total gerado cairia dos atuais 13% para 12%, principalmente devido as revisões efetuadas em seus planejamentos energéticos devido ao acidente japonês de Fukushima Daiichi. O crescimento da capacidade projetada ainda continuará, sendo liderado pela China, Coréia do Sul, Índia e Rússia.

O suporte da sociedade à tecnologia nuclear é indispensável para o seu sucesso e para que isto ocorra é fundamental uma comunicação adequada, precisa e oportuna de forma a criar as bases da confiança do público em geral e em especial dos que por ventura possam vir a ser afetados pelas operações das empresas nucleares. Não tem sido este o comportamento dos participantes deste mercado. Numa época em que a internet é disponível 24horas por dia em praticamente todos os países, as empresas precisam repensar como comunicam o evento de um acidente, dispondo-se a ouvir dúvidas e a responder todas as questões colocadas com abertura e transparência. É preciso trabalhar muito e treinar seus comunicadores mais ainda porque os questionamentos serão sempre novos.

O descomissionamento das centrais em fim de vida útil nos próximos anos requererá grandes investimentos e disponibilidade de recursos humanos especializados hoje não disponíveis no mercado. O mesmo pode ser dito quanto a implementação de uma solução definitiva para os rejeitos radioativos em geral e em especial os de alta atividade.

Atualmente em torno de 150.000 pessoas trabalham com nuclear e destas aproximadamente 38% estão se preparando para a aposentadoria em até 5 anos. A reposição desta mão de obra altamente especializada requer políticas próprias em cada país, com criação de cursos em universidades que só atrairão alunos se houver perspectivas de empregos no futuro. Há ainda as áreas de pesquisa que demandarão grande contingente.

Para atender a uma economia descarbonizada, como propõe a ONU para lidar com as mudanças climáticas, a geração nuclear se coloca como tecnologia provada e disponível para contribuir a custos baixos de operação e por longo tempo por central para o mix que as matrizes energéticas impõem hoje. Barreiras criadas por governos por razões políticas precisam ser pensadas para o bem de seus próprios habitantes.

# PANORAMA DA ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO

## I – Destaques da edição de Novembro 2013

### Em 2013, até Novembro

- 435 reatores nucleares de potência em operação com capacidade instalada total de 370,536 GW(e)
- 71 reatores nucleares em construção (capacidade instalada total de 66,831 GW(e))

### Fechamento de longa duração

- Crystal River 3 (860 MW(e), PWR, USA) em 5 /02/2013
- Kewaunee (566 MW(e), PWR, USA) em 7/05/2013
- San Onofre 2 (1070 MW(e), PWR, USA) em 7 /06/2013
- San Onofre 2 (1070 MW(e), PWR, USA) em 7 /06/2013

### Novas conexões à rede

- Hongyanhe-1 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 18 /02/2013

### Início de construção para 7 unidades:

- Virgil C. Summer 2 (1117 MW(e), PWR, USA) em 9 /03/2013
- Virgil C. Summer 3 (1117 MW(e), PWR, USA) on 4 /11/2013
- Vogtle-3(1117 MW(e), PWR, USA) em 12 /03/2013
- Barakah 2 (1340 MW(e), PWR, UAE) em 7/05/2013
- Shin-Hanul-2(1340 MW(e), PWR, Coreia do Sul) em 19 /06/2013
- Yangjiang 5 (1000 MW(e), PWR, China) on 19 /06/2013
- Tianwan 4 (1050 MW(e), PWR, China) on 27 /09/2013

### Em 2012:

#### Início de construção:

- Baltiisk – 1 (1082 MW(e) PWR, Rússia) em 22/02/2012
- Shin-Ulchin-1 (1340 MW(e), PWR, KOREA REP.) em 10/07/2012
- Barakah 1 (1340 MW(e), PWR, UAE) em 18/07/2012

#### Novas conexões à rede

- Shin –Wolsong 1 (960 MW(e), PWR, Coréia do Sul) em 27/01/2012
- Shin –Kori - 2 (960 MW(e), PWR, Coréia do Sul) em 28/01/2012

#### Religamento após longo tempo de fechamento

- Bruce -1 (772 MW(e), PHWR, CANADA) em 19 /09/2012
- Bruce -2 (772 MW(e), PHWR, CANADA) em 16 /10/2012

#### Fechamento definitivo

- Oldbury A1 (217 MW(e), GCR, Grã Bretanha em 29/02/2012
- Wylfa (490 MW(e), GCR, Grã Bretanha em 25/04/2012

### Em 2011:

- 435 reatores nucleares de potência em operação com uma capacidade instalada líquida total de 368.192 GW(e)
- 63 reatores nucleares de potência em construção

**Novas conexões à rede:**

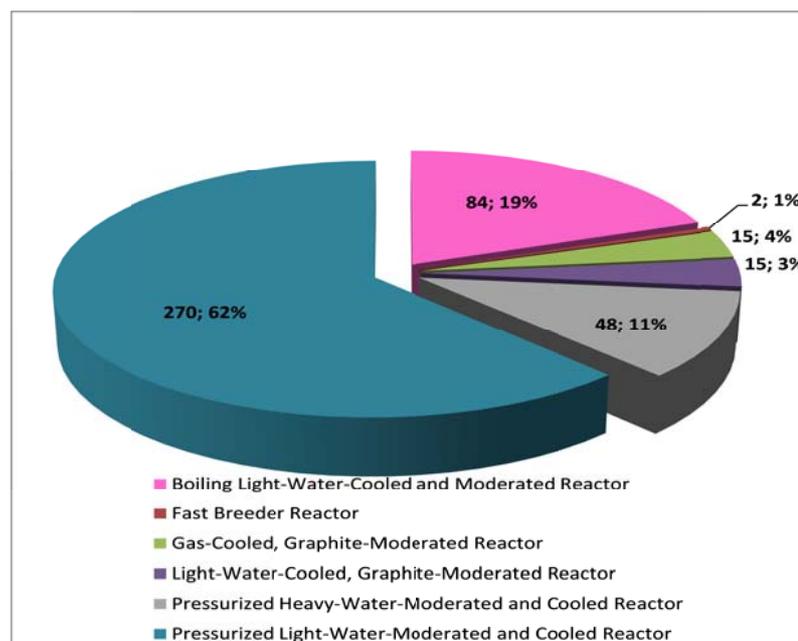
- Kaiga 4 (202 MW(e), PHWR, Índia) – em 19/01/2011
- Chasnupp2 (300 MW(e), PWR, Paquistão)– em 14/03/2011
- Lingao 4 (1000 MW(e), PWR, China) – em 3/05/2011
- CEFR - (20 MW(e), FBR, China) – Reator rápido experimental em 21/07/2011
- Bushehr 1 (915 MW(e), PWR-VVER, Irã) – em 3/09/2011
- Kalinin4 (950 MW(e), PWR-VVER, Rússia)– em 14/11/2011
- Qinshan 2-4 (610 MW(e), PWR, China) – em 25/11/2011

**Início de construção:**

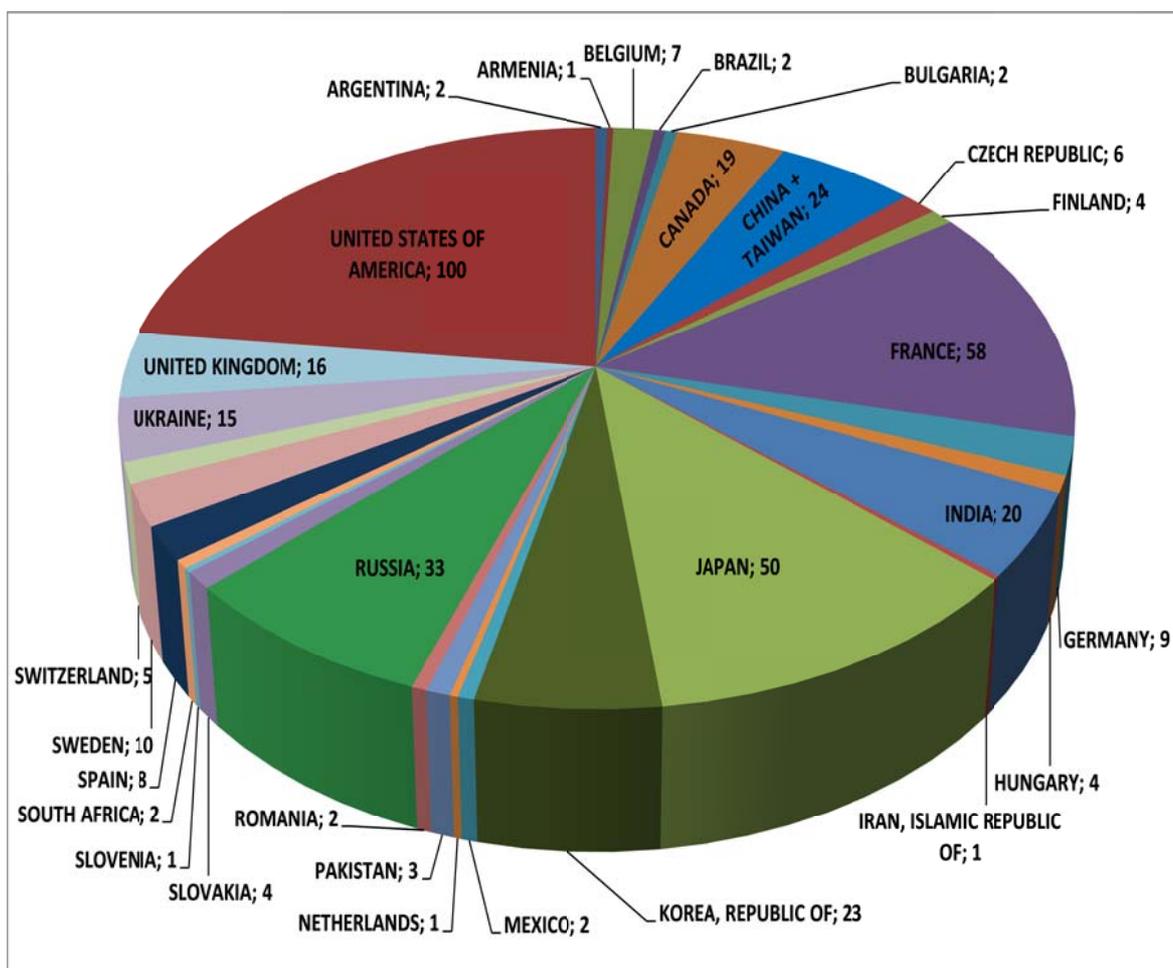
- Chasnupp 3 (315 MW(e), PWR, Paquistão) – em 28/05/11
- Rajasthan 7 (630 MW(e), PHWR, Índia) – em 18/07/11

**Fechamento definitivo:**

- Fukushima-Daiichi 1,2,3,4 (439/760/760/760 MW(e), BWR, Japão)- foram oficialmente declaradas como fechadas em 20/05/11
- Oldbury A2 (217 MW(e), GCR-Magnox, Inglaterra) em 30 Junho – Término de vida útil
- Biblis A and B (1167/1240 MW(e), PWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11
- Brunsbuettel (771 MW(e), BWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11
- Isar 1 (878 MW(e), BWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11
- Krümmel (1346 MW(e), BWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11
- Neckarwestheim 1 (785 MW(e), PWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/2011
- Philippsburg 1 (890 MW(e), BWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11
- Unterweser (1345 MW(e), PWR, Alemanha) foram oficialmente declaradas como fechadas em 6/08/11.



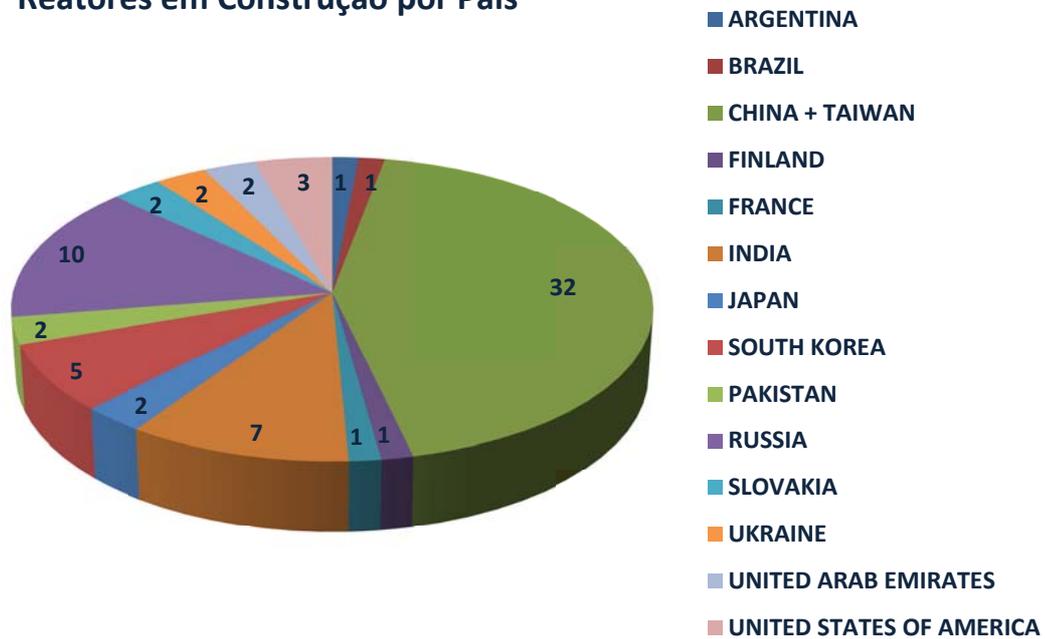
435 Reatores em n operação por tipo IAEA – Novembro 2013



435 Reatores em n operação por país IAEA – Novembro 2013

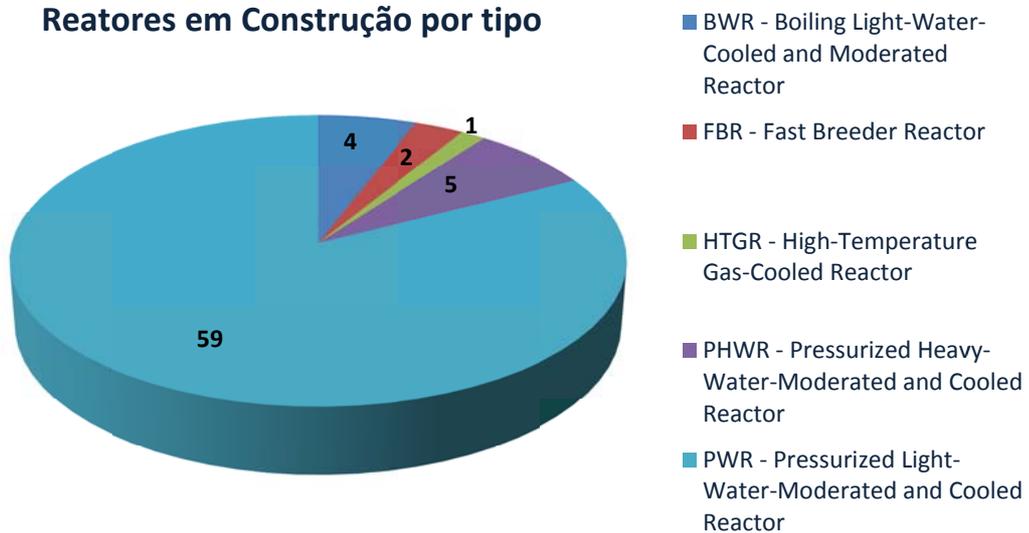
- 15 Países, que representam a metade da população mundial constroem 69 novos reatores com capacidade total líquida de 66.831 MW.
- 65 Países, que não possuem tecnologia nuclear expressaram junto à AIEA seu interesse nesta questão, para a construção de reatores e/ou desenvolver uma indústria neste sentido.

### Reatores em Construção por País



71 Reatores em construção por país

### Reatores em Construção por tipo



71 Reatores em construção por tipo do reator

<b>Reatores em operação ou operacionais desligados</b>		
<b>País</b>	<b>Número de Reatores</b>	<b>Capacidade elétrica líquida [MW]</b>
ARGENTINA	2	935
ÁFRICA DO SUL	2	1830
ALEMANHA	9	12068
ARMÊNIA	1	375
BÉLGICA	7	5927
BRASIL	2	1990
BULGÁRIA	2	1906
CANADÁ	19	13500
CHINA+TAIWAN	24	18888
COREIA DO SUL	23	20739
ESLOVÁQUIA	4	1816
ESLOVÊNIA	1	688
ESPAÑHA	8	7567
ESTADOS UNIDOS	100	98560
FINLÂNDIA	4	2752
FRANÇA	58	63130
GRÃ BREITANHA	16	9231
HOLANDA	1	482
HUNGRIA	4	1889
ÍNDIA	21	5308
IRÃ	1	915
JAPÃO	50	44215
MÉXICO	2	1640
PAQUISTÃO	3	725
REP. CHECA	6	3804
ROMÊNIA	2	1300
RÚSSIA	33	23643
SUÉCIA	10	9474
SUIÇA	5	3308
UCRÂNIA	15	13107
<b>Total</b>	<b>435</b>	<b>371712</b>

## Resumo das Análises e dos Procedimentos adotados pela maioria dos países após o acidente Fukushima

Após o acidente de Fukushima no Japão em março de 2011, toda a indústria nuclear se mobilizou para a avaliação do evento e das providências a serem tomadas de forma a garantir que os mesmos fatos não se repetissem em outras centrais. As lições advindas do evento geraram uma série de providências conforme o resultado das avaliações que cada país fez. As questões, os problemas e as soluções encontrados não são comuns a todos os reatores nem a todos os países.

Há casos em que se concluiu que era necessário mudar a estrutura regulatória do país para tornar as agências mais independentes, mas a grande maioria fez as análises voltadas à garantia de resistência dos reatores a eventos extremos (terremotos, tsunamis, enchentes, vendavais e furacões) e ao comportamento dos sistemas de segurança e desligamento seguro das centrais. Foram também avaliados os processos de resposta externa à emergências e os SAMG's (Procedimentos de Gestão de Acidentes Severos)

A seguir apresentamos um resumo dos principais ações por país. As avaliações realizadas pelos países e seus órgãos reguladores geram programas e procedimentos para sanar eventuais fragilidades e já foram ou estão sendo desenvolvidos.

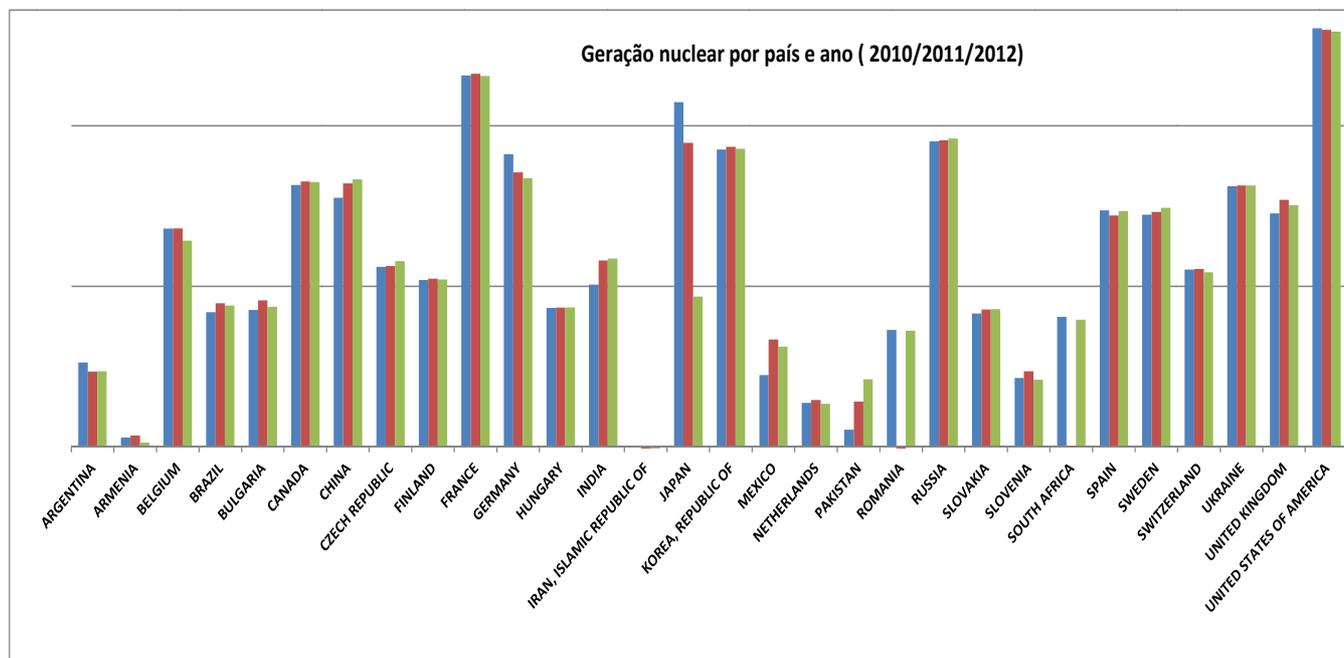
País	Quantidade de Reatores em operação	Estrutura Regulatória	Resistência Sísmica	Defesas para Enchentes / Tsunamis	Instalação de Diesels de emergência	Bombas de refrigeração de emergência	Refrigeração da Piscina de combustível usado	Instrumentação da Piscina de combustível usado	Recombinadores de Hidrogênio	Vents de Contenção	SAMGs	Análise de acidentes em Multi- Unidades	Resposta às emergências
África do Sul	2				X	X			X				
Alemanha	9				X	X					X	X	
Bélgica	7		X		X	X	X	X			X		
Brasil	2		X	X	X	X					X		X
Bulgária	2		X	X	X						X		
Canadá	18		X					X	X	X	X	X	X
China+ Taiwan	22	X		X	X	X	X	X	X			X	
Coreia	23	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Eslováquia	4				X	X	X		X	X	X		X
Eslovenia	1			X	X	X			X		X		
Espanha	8		X		X	X			X	X	X		X
Estados Unidos	104		X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Finlândia	4		X	X	X	X	X	X	X				
França	58				X	X					X	X	
Grã Bretanha	16		X	X			X		X	X	X		X
Hungria	4		X				X		X	X	X		
Índia	20	X	X	X	X	X	X		X				
Japão	50	X		X	X	X			X	X	X		X
República Checa	6		X		X				X				X
Romênia	2		X		X	X			X	X	X		X
Rússia	33		X	X	X	X	X				X	X	
Suécia	10		X	X	X	X	X		X		X	X	
Suíça	5		X	X	X	X	X	X					X

Conforme tabela acima, as principais ações foram concentradas nas áreas onde havia potencial para melhorias :

1. Estrutura Regulatória do País;
2. Avaliação da Resistência Sísmica da Central;

3. Verificação das defesas para Enchentes e Tsunamis;
4. Instalação de Geradores Diesel de Emergência, se necessário;
5. Verificação das Bombas de Refrigeração Emergência;
6. Verificação da Refrigeração da Piscina dos Elementos Combustíveis Usados;
7. Verificação Instrumentação da piscina dos elementos combustíveis usados;
8. Instalação de recombinadores de Hidrogênio;
9. Instalação ventilação especial na contenção
10. Criar SAMG's (Procedimentos para gestão de acidentes severos)
11. Avaliação de acidentes múltiplos (para centrais de com mais de um reator);

A comparação da geração de energia nuclear nos anos de 2010 e 2011 mostra que a maioria dos países aumentou energia gerada por fonte nuclear de um ano para o seguinte. Apenas o Japão, que precisou desligar grande parte de sua frota para os testes após o terremoto e tsunami de março de 2011 e a Alemanha que desligou alguns de seus reatores espontaneamente tiveram uma redução na sua geração de energia elétrica nuclear.



## II - Geração Nuclear Mundial

Com o crescimento global do consumo energético, muitos esforços têm sido feitos para aumentar a oferta de energia, com a energia nuclear se configurando como uma das tecnologias mais importantes para o futuro desta indústria. A energia nuclear tem uma das melhores taxas de geração de calor entre as fontes térmicas de geração e não emite gases do efeito estufa. É uma produção de energia em larga escala, se configurando como energia de base de sistemas, concentrada em uma pequena área com um combustível potente e de preço extremamente competitivo.

Para que as funções de uma sociedade moderna sejam desempenhadas a contento (movimentar indústria, comércio, prover comunicação, saúde, serviços públicos, etc..) é indispensável dispor da energia, em especial da elétrica de forma confiável e a preço adequado. O suprimento e a segurança energética é hoje uma questão essencial para qualquer país, e estão na origem de muitas das decisões estratégicas dos governos.

Os dados de totalização da geração de energia são disponibilizados pelas empresas envolvidas, sempre anualmente.

Em 2012 os Estados Unidos foram o país que mais gerou energia por fonte nuclear, sendo responsável por cerca de 32% da produção total deste tipo de energia no mundo.

Também se destacaram: França (17%), Japão (6,3%), Alemanha (4%), Rússia (6,5%), Coreia do Sul (6%), Canadá (3,5%), Ucrânia (3,4%) e China + Taiwan (4%). O Brasil foi responsável por 0,6% da geração de energia por fonte nuclear no mundo.

A França diminuiu sua produção de energia nuclear em 2012 que atingiu 407.438 GWh principalmente devido às paradas mais longas no período.

No Japão a produção foi de apenas 17.230 GWh, com enorme queda em relação a 2011 quando chegou a 156.182 GWh, ainda como consequência do acidente de Fukushima Daiichi. Apenas dois reatores estão em operação.

A Alemanha produziu 94.098 GWh brutos com pequena redução em relação ao ano de 2011 quando atingiu 96.951 GWh líquidos.

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) em seu relatório anual "World Energy Outlook 2012, a energia nuclear poderia crescer em 58% até 2035, mas a participação nuclear no total gerado cairia dos atuais 13% para 12%, principalmente devido às revisões efetuadas em planejamentos energéticos nacionais devido ao acidente japonês de Fukushima Daiichi. O crescimento da capacidade projetada ainda continuará, sendo liderado pela China, Coreia do Sul, Índia e Rússia.

Atualmente 65 países que não possuem tecnologia nuclear expressaram junto à AIEA seu interesse nesta questão, para a construção de reatores e/ou desenvolver uma indústria neste sentido. As potências em expansão querem multiplicar o número de usinas em seu território.

Mesmo após o acidente da central de Fukushima no Japão, muitos governos consideram a ampliação internacional da energia nuclear uma opção à mudança climática e uma alternativa às oscilações do preço dos produtos energéticos, além de ser uma proteção à incerteza sobre o



### III - Distribuição dos reatores

Dentre os maiores parques geradores, destacam-se os Estados Unidos com 100 unidades, a França com 58 reatores e o Japão com 50. Em 2013, até setembro, foram iniciadas as obras de cinco novas usinas, e duas novas foram conectadas aos seus grids. Houve ainda o fechamento definitivo de quatro usinas americanas (Cristal River 3, Kenaunee, San Onofre 2 e 3) . De acordo com a World Nuclear Association - WNA até setembro de 2013 a experiência acumulada em todo o mundo pelos reatores nucleares de potência (somatório dos anos de operação de todos os reatores), foi de mais de 14.500 anos, com a geração de cerca de 61.200 TWh de energia.

No quadro a seguir apresentamos os maiores fornecedores mundiais de tecnologia nuclear:

Vendedores	Tipo do Reator
GE	ABWR / ESBWR
Westinghouse	AP1000
Areva	EPR
AECL	ACR 700
Mitsubish	USA PWR
Toshiba	ABWR
General Atomics	GTMHR
Eskon	PBMR

A escassez de grandes forjados é um problema a ser enfrentado pelos construtores de novos reatores nucleares pelo mundo. Não existem muitos fabricantes de vasos de pressão do reator, geradores de vapor ou grandes turbinas.

O Nuclear Engineering Institute - NEI alerta que as providências não podem tardar sob o risco de impactar os cronogramas de construção de novas usinas. Outras grandes fábricas são a chinesa China First Heavy Industries e China Erzhong, a russa OMZ Izhora, a coreana Doosan, a francesa Le Creusot e a indiana JSW. Todas estão aumentando suas capacidades. Os movimentos mais recentes são na Alemanha que abriu uma nova fábrica em Völklingen e a companhia francesa Alstom que abriu uma nova fábrica nos Estados Unidos para atender as necessidades de grandes turbinas e turbogeradores e outros equipamentos para usinas à gás e nucleares no mercado norte-americano. Temos ainda novas fábricas previstas na Inglaterra, na Índia e na China.

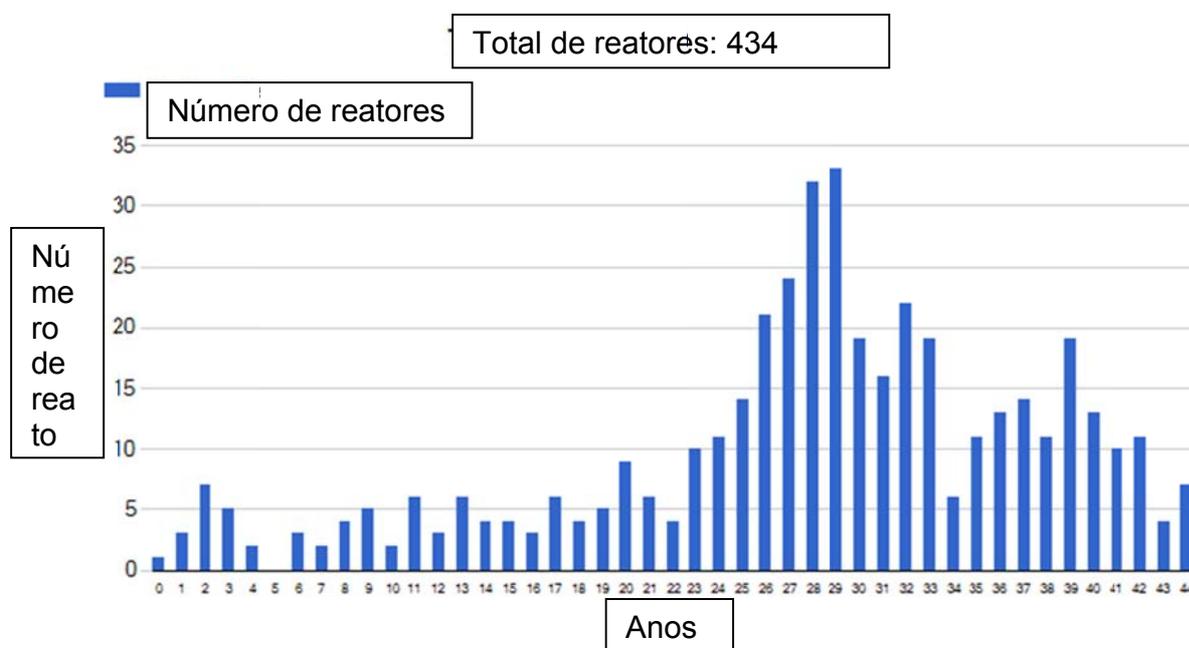
Os consórcios “Areva/Mitsubishi; Westinghouse-Toshiba; e GE-Hitachi” são os vendedores que possuem maior escala e tecnologia para causar impacto real na indústria nuclear. Devemos ainda considerar os coreanos e os russos. Como são poucos os concorrentes, o mercado pode passar por uma escalada nos preços em geral.

Após o acidente de Fukushima Dai-íche no Japão algumas consequências puderam ser observadas tais como os problemas de suprimento que são mais críticos. A Japan Steel Works (JSW), que fabrica várias partes e componentes para usinas nucleares para clientes como AREVA e TOSHIBA está a procura de outros clientes para a sua capacidade de produção cujas encomendas foram fortemente afetada pelo acidente. Segundo seu presidente Mr. Ikuo Sato, a

indústria deve se dedicar à produção de turbinas a gás e eólicas num futuro próximo. Componentes nucleares representavam cerca de 20% do faturamento da empresa.

Até setembro de 2013, segundo a AIEA, 82,7% dos reatores (359) em operação no mundo tinham mais de 20 anos de atividade. Destes 183 unidades tinham entre 20 e 30 anos e 176 tem mais de 30 anos de atividade. Estas frotas terão que ser substituídas por novos reatores ou por outra fonte de geração. Parte da solução é ampliar a vida útil das usinas existentes, transferindo o problema do suprimento de energia para o futuro. Segundo a WNA até 2030, 143 reatores devem ser fechados por término da vida útil.

Mesmo após o acidente na central nuclear de Fukushima, no Japão, muitos governos consideram a expansão da energia nuclear uma opção à mudança climática e uma alternativa às oscilações nos preços dos produtos energéticos, além de ser uma proteção contra as incertezas do abastecimento de combustível fóssil. A expansão mundial da energia nuclear exige que os governos ajam de forma responsável e aplicar critérios rígidos de segurança na operação de instalações nucleares.



**Idade dos reatores em operação**  
**fonte: IAEA Setembro 2013**

# IV - Situação atual da energia nuclear em alguns países / regiões

## A - Américas



## A1 – América do Norte

### Canadá

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Canadá	19	14.385	0	0	90,984	15,30

A capacidade instalada nuclear total do país até 2012 foi de 14.385 MW. As demais fontes são hidráulica, térmica, nuclear, além de outras como eólica, biomassa, biogás e solar. O Canadá tem 19 usinas nucleares em operação (17 delas em Ontário) que produziram 90.984 TWh ou 15,30% da energia elétrica do país em 2012. Todos os reatores são do tipo PHWR - Pressurized heavy water reactor.

Em setembro de 2012, seguindo processo de reforma e reconexão da Central Bruce (4 unidades PHWR), foi religada a usina Bruce 2 (772MW) que estava fechada desde 1995. As unidades 3 e 4 (730 MW cada) foram religadas em 2004 e 2003 respectivamente e a unidade 1 (772 MW) retornou ainda em 2012. A usina Point Lepreau também estava sendo reformada e em outubro de 2012 foi reconectada à rede.

O plano de energia de longa duração publicado em novembro de 2010 prevê pelo menos duas novas nucleares (capacidade total de 2.000 MW) na região de Ontário (em Darlington onde já existem outras 4 usinas) e a reforma de outras 10 até 2020.

Em junho de 2013 a Ontario Power Generation (OPG) recebeu as ofertas de construção detalhadas, cronogramas e estimativas de custos para os dois potenciais reatores nucleares em

Darlington. As propostas foram da Westinghouse Electric Canadá (AP1000) e SNC-Lavalin Nuclear/ Candu Energia. As submissões concluídas serão analisadas por uma equipe do OPG e os ministérios da Energia, Finanças e Infraestrutura de Ontário. A Comissão de Segurança Nuclear do Canadá também concedeu uma licença de preparação do local, mas nenhum trabalho foi feito no site.

Ainda em 2013 foi também renovada por mais 5 anos a licença de operação dos seis reatores das usinas Pickering A e B que pertencem à Ontario Power Generation (OPG) até agosto de 2018.

Em 2013 a empresa Alstom foi selecionada para a reforma dos 4 geradores de vapor das turbinas da central de Darlington (4x900 MW) em Ontario que pertencem à Ontario Power Generation's (OPG). Estes serviços são de longa duração e o custo aproximado será de 265 milhões de euros (340 milhões de dólares). As atividades compreenderão reforma de turbinas, geradores, e equipamentos auxiliares associados. O cronograma prevê que os trabalhos comecem na parada de manutenção no outono de 2016 e a conclusão das atividades é esperada para 2024. Este é um dos maiores projetos de infraestrutura do Canada e facilitará o aumento da vida útil da central.

Em 2011 o Canadá se tornou o primeiro país a se retirar do Protocolo de Kyoto para mudanças climáticas uma vez que não seria capaz de atingir as metas propostas devido à exploração das reservas de Xisto (região de Alberta) para a produção de óleo que aumentaria as emissões em 15%. Esta decisão faz parte das estratégias energéticas do país uma vez que ele é o maior fornecedor de óleo e gás para o mercado americano e pretende aumentar ainda mais este suprimento.

AECL desenvolve de reator Candu Avançado (geração III) cujo projeto utiliza urânio enriquecido ou tório, mas para o qual ainda não há unidades construídas.

O país possui projeto próprio de reatores (CANDU) parcialmente suportado pelo governo que, em 2010, decidiu se afastar do negócio, após ter aportado quase 2 bilhões de dólares desde 2006 na empresa AECL, no desenvolvimento da nova geração CANDU. Essa decisão deve-se a dimensão da divisão de reatores da AECL que não é grande o suficiente para concorrer no mercado com gigantes do porte da AREVA ou Toshiba e General Electric.

Especialistas garantiam que sem a participação do governo canadense seria difícil a sobrevivência da tecnologia CANDU, mas em junho de 2011 o SNC-Lavalin Group assinou acordo de compra da participação do governo na divisão de reatores da AECL. De vital importância no Canadá e no mundo é o National Research Universal Reactor - NRU, reator operado pela Atomic Energy of Canada Ltd - AECL, localizado em Chalk River, entre as províncias de Quebec e de Ontário, e que produzia a metade dos isótopos médicos no mundo.



NRU em Chalk River – Canadá (foto AECL)

Esse reator enfrentou problemas de manutenção, tendo sido fechado em 14/05/2009 devido a falhas elétricas e vazamento de água pesada. Foram necessários 15 meses de correções e manutenção. Em 17 de Agosto de 2010, após os reparos, o órgão regulador autorizou o retorno ao serviço deste reator e o reinício da produção de radioisótopos a nível mundial. Em Outubro de 2011 este reator que produz também materiais de pesquisa nuclear usando neutrons recebeu autorização para continuar sua produção de radioisótopos até 2016. Este é o mais antigo do mundo e se encontra em operação desde 1953.

O Canadá é um dos maiores produtores de urânio no mundo. A empresa CAMECO é proprietária de diversas minas cuja produção é exportada para vários países. Como exemplo podemos citar o acordo de cooperação firmado com a Índia para abastecimento das centrais nucleares indianas que entrou em vigor em 2013.

### **Resíduos Nucleares**

O Canadá prevê depósito geológico profundo - Deep Geologic Repository (DGR), para resíduos nucleares de baixa e media radioatividade. Os trabalhos de preparação do sítio, construção e operação estão propostos para a região de Tiverton próximo ao sítio da Central Bruce. Este depósito deverá atender a todas as usinas das centrais de Bruce, Pickering e Darlington.

Em 2007, após estudar as opções, o governo canadense decidiu que todo o seu combustível irradiado seria selado em contêineres seguros e guardado em depósitos subterrâneos rochosos para uso no futuro. Essas instalações serão um megaprojeto com previsão de gastos da ordem de 20 bilhões de dólares numa área de 10 hectares na superfície e galerias a 500 metros de profundidade. Oito comunidades expressaram interesse sendo três nas regiões de Saskatchewan (Pinehouse, Patuanak e Creighton) e cinco em Ontário. Essas comunidades estão no período de aprendizado sobre resíduo nuclear, que poderá ser um legado para as futuras gerações com as novas tecnologias nucleares para recuperar e reciclar combustível que se espera desenvolver nos próximos 100 anos.

O órgão regulador do Canadá - Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) criou um plano de ação para todos os operadores de quaisquer instalações nucleares do país para que revisem suas posturas e critérios de segurança, à luz dos eventos de Fukushima, com ênfase em defesa em profundidade e mecanismos de prevenção e mitigação de consequências de eventos adversos e severos em geral. No plano os riscos externos tais como eventos sísmicos, enchentes, incêndios, furacões, etc. devem ser considerados e planos de emergência atualizados.

Os planos de revitalização das usinas da central Bruce (em Ontário) continuam com o mesmo cronograma, sendo que a unidade 2 deve retornar a operação no final de 2011 e a número 1 no início de 2012. O custo final será de US\$ 5 bilhões. Os trabalhos para as demais 6 usinas começarão em 2015.

## Estados Unidos

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Estados Unidos	100	98.560	3	3.500	769,331	18,97

Os Estados Unidos são o proprietário do maior parque nuclear do mundo, com 100 usinas em operação (67 PWRs e 33 BWRs), até maio de 2013, que correspondiam a uma capacidade instalada de 107.714 MW e produziram, em 2012, cerca de 770 TWh(e). Este valor correspondeu a cerca de 19% da energia do país e cerca de 32,8% de toda a energia nuclear no mundo em 2012. Este valor é ainda cerca de 70% da energia elétrica gerada sem a produção de gases de efeito estufa.

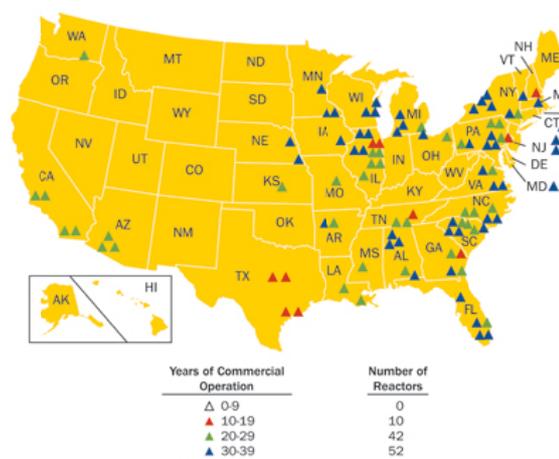
A capacidade instalada bruta se reduziu em 2013 (junho) para 98.560 MW devido ao fechamento de 4 centrais (Kewaunee em Wisconsin; Crystal River-3 na Florida e San Onofre-2 e -3 na Southern California) devido às condições econômicas das usinas (não seria econômico remodelá-las) e da região onde estão instaladas (o consumo não cresceu como esperado). A retomada da construção da usina Watts Bar-2 no Tennessee (PWR 1.160 MW) hoje emprega 3.300 trabalhadores da TVA Co. (Tennessee Valley Authority Company). O projeto experimentou aumento de custos e atrasos de cronograma, mas a entrega do combustível nuclear de fornecimento Westinghouse já foi autorizada pelo NRC e o início de operação está previsto para 2015.

Em 2013 teve início a construção dos primeiros modelos AP1000 nos Estados Unidos (o modelo foi aprovado no país pelo NRC em fevereiro de 2012) com as usinas Vogtle 3 e 4, no estado da Geórgia, as primeiras unidades americanas novas em mais de 33 anos, com previsão de operação em 2018 e 2019 respectivamente.



**Trabalhador solda um componente do gerador de Vapor em Watts Bar 2 ( foto TVA)**

**U.S. Commercial Nuclear Power Reactors—Years of Operation**



src: U.S. Nuclear Regulatory Commission

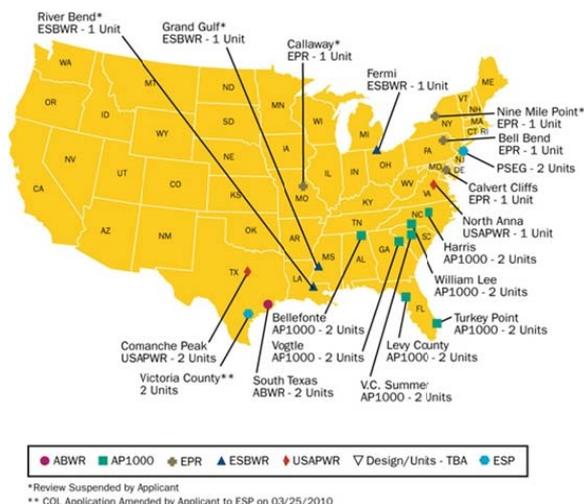
Localização e idade aproximada das usinas nucleares americanas em operação  
<http://www.nrc.gov/reactors/operating/list-power-reactor-units.html>

Segue-se neste contexto de novas construções as duas unidades novas na Central de Summer com 2 (dois) reatores AP1000 (operador SCE&G), na Carolina do Sul. A primeira deve entrar em

operação em 2017 e a segunda em 2019. Assim chega-se a 5 novos reatores em construção com capacidade instalada de bruta de 6218 MW.

Houve nos últimos anos um grande aumento de capacidade instalada nos EUA devido à ampliação da capacidade das usinas que chegou, em maio de 2013, a 6.862 MW ainda que nenhuma nova unidade tivesse sido construída. Isto representa mais de 4 vezes a futura Angra 3 (1.405 MW) em construção no Brasil. Neste processo algumas usinas chegaram a aumentar sua potência em varias ocasiões diferentes, já tendo sido analisadas 148 solicitações. Ainda estão pendentes de análise outras 14 solicitações (1.000 MW) e outras 3 poderão acrescentar 180 MW ao sistema até 2017.

Cita-se também o programa para a escolha de novos sítios para a localização de usinas nucleares nos Estados Unidos (“Nuclear Power 2010”). Neste contexto existem 30 usinas novas em processo de licenciamento com suas COL (Construction and Operation License) em avaliação pelo órgão licenciador – o NRC.



**Central de Vogtle 3**

[http://www.southerncompany.com/what-doing/energy-innovation/nuclear-energy/gallery/images/highRez/RW5\\_3261\\_wText.jpg](http://www.southerncompany.com/what-doing/energy-innovation/nuclear-energy/gallery/images/highRez/RW5_3261_wText.jpg)

### Localização aproximada das futuras usinas nucleares

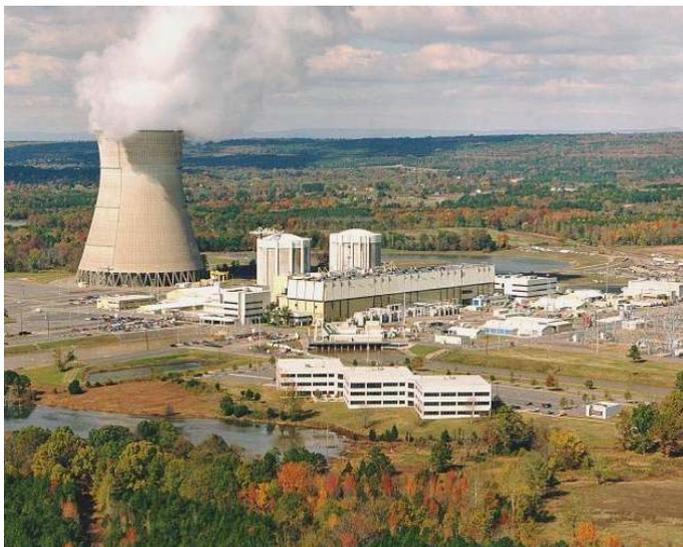
**Americanas** (<http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/col/new-reactor-map.html>)

Outro fato relevante a ser citado é o aumento da vida útil das usinas que está sendo estendida para 60 anos. Neste caso já **são 73 unidades** com vida útil ampliada, equivalente a **66.735 MW** funcionando por mais vinte anos, sem os custos de capital para a construção. Existem ainda 18 usinas em processo de ampliação de vida no NRC – Nuclear Regulatory Commission, e outras 9 que já iniciaram o processo, mas não ainda não concluíram o envio de toda a documentação necessária. Sob este ponto de vista, nos últimos 10 anos os americanos acrescentaram uma capacidade equivalente a mais de 30 novos reatores grandes operando por 40 anos. Em 18 de agosto de 2011 a diretoria da TVA aprovou a retomada da construção da unidade 1 (1260 MW - PWR) da Central Bellefonte no estado do Alabama. A construção dos reatores Bellefonte foi suspensa nos anos de 1980 quando a unidade 1 estava a 90% completo e unidade 2 em 58% completo. Atualmente não há um cronograma válido para colocar as usinas em operação.

A construção havia sido interrompida devido à queda na demanda por energia e aos custos. A estimativa atual de custo é de 4,9 bilhões de dólares. O reator é um PWR de fabricação do Babcock & Wilcox e os serviços de engenharia e construção já foram contratados à AREVA. A usina cujas obras estão em cerca de 50% completas deverá estar pronta entre 2018 e 2020, sendo que as atuais obras só se iniciam quando o combustível de Watts Bar-2 (atualmente em construção) estiver carregado, para não acumular construção de 2 usinas simultaneamente. Já estão trabalhando neste projeto 300 empregados da AREVA, todos baseados nos Estados Unidos.

Outra preocupação americana é com o combustível para o seu parque. Neste sentido o NRC autorizou a operação (junho 2010) das novas cascatas na fábrica da Urenco no Novo México. Este é o primeiro enriquecimento americano pelo processo de centrifugação a gás.

Em 2012, cerca de 48 milhões de libra-peso ou **83%** do urânio total comprado por usinas nucleares dos EUA era de origem estrangeira, de acordo com dados da Administração de Informação de Energia-EIA dos EUA. Além disso, mais de um terço (38%) do Urânio enriquecido necessário para fabricar combustível para os reatores americanos foi fornecido por enriquecedores estrangeiros.



**Arkansas Nuclear One Generating Station**  
(Courtesy: Entergy Nuclear)

Ainda em 2012, 84% do urânio estrangeiro fornecido veio do Canadá, Rússia, Austrália, Cazaquistão e Namíbia. O resto veio do Uzbequistão, Níger, África do Sul, Brasil, China, Malawi, e na Ucrânia, EIA afirmou. Também de 2012, um total de 52 milhões de quilos de hexafluoreto de urânio (UF6) e foi entregue aos enriquecedores na China, França, Alemanha, Holanda, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos. Enriquecedores nos Estados Unidos receberam 62% das remessas, e os restantes, 38%, foi para enriquecedores de

outros países. O preço médio desembolsado na compra de serviços de enriquecimento pelos proprietários e operadores de reatores nucleares comerciais dos EUA por **SWU**<sup>1</sup> (separative work unit - unidade de trabalho separativo) foi \$ 141,36, totalizando 16 milhões SWU conforme informou o EIA . Isso representa um custo total para os proprietários e operadores de US reatores nucleares comerciais de cerca de US \$ 2,3 bilhões.

Está previsto também o uso de combustível óxido misto de urânio e plutônio retirado de ogivas nucleares desativadas (existem cerca de 7 toneladas de plutônio disponível para tal fim) e testes estão em andamento na usina Browns Ferry da TVA que recebeu subsídio do Departamento de Energia americano (DoE) para usar este material em suas usinas de potência.

O governo americano prevê um aumento da participação nuclear de 50GW até 2020. O plano prevê garantias de empréstimos no valor de US\$ 54 bilhões, que se seguem ao compromisso assumido pelo presidente Obama que pediu ao Congresso que aprove uma ampla lei sobre geração de energia e mudança climática (com as emissões de gases causadores do efeito estufa caindo 28% até 2020), com incentivos para que a energia limpa se torne lucrativa.

O governo dos EUA diz que usinas que queimam carvão, petróleo e gás são a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa nos EUA, que em conjunto representam cerca de 40% de toda a poluição doméstica. Segundo a Casa Branca os EUA vão fazer um progresso contínuo na redução da poluição de usinas de energia a combustível fóssil, liderando o processo no desenvolvimento de tecnologias energéticas limpas, como o gás natural, energias renováveis, tecnologia de carvão limpo e nuclear.

O acidente em Fukushima parece não ter afetado muito os ânimos nos EUA indo apenas até as revisões de segurança que todos os países estão realizando. Pesquisas de opinião entre os residentes próximos a centrais continuam muito favoráveis (80% pro atividades das centrais). Na população em geral 68% dos americanos dizem que a segurança das usinas nucleares do país é alta. Esses valores devem ainda ficar mais favoráveis quando da divulgação do relatório do NRC e do Sandia National Laboratories (em avaliação por auditores independentes) com uma nova abordagem matemática sobre a dissipação de radiação nas usinas americanas em caso de derretimento do núcleo do reator. Os dados demonstram valores muito menores de radiação (da ordem de 30 para 1) para o meio ambiente e para o público em geral devendo se concentrar na área da usina.

De acordo com um estudo do Electric Power Research Institute, lançado em fevereiro de 27 de 2012 existem locais potenciais nos EUA para 515 gigawatts (GW) de grandes usinas nucleares e 201 GW de pequenas plantas. No estudo, 25 estados poderiam cada um suportar, no mínimo, 10 GW de grandes instalações de reatores sem maiores problemas de implantação. Foi definido que uma "grande" usina de energia nuclear teria uma capacidade nominal de 1.600 MW, e uma planta de "pequena" como tendo uma capacidade de 350 MW, o que representa um pequeno reator modular ou um "grupo de pequenos reatores"

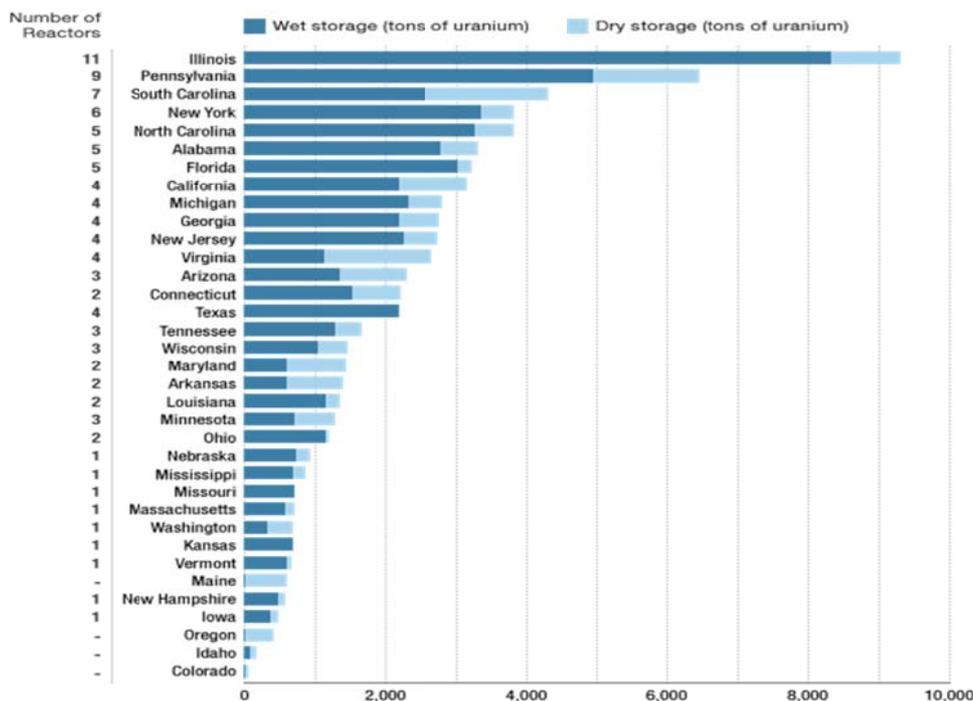
Construção e pré-construção para novos reatores estão em andamento em 5 sítios, esperando-se que a capacidade instalada passe dos 101 GW em 2010 para 109 GW em 2020. Outro exemplo é o acordo que The Babcock & Wilcox Company e TVA assinaram no qual se definem os planos para projeto, licença junto ao NRC e construção de até 6 reatores modulares (SMR- Small Modular Reactor) no sítio de Clinch River- Roane County até 2020. Segundo o presidente da consultoria Lacy Consulting Group (Bruce Lacy) as ameaças principais à energia nuclear nos EUA continuam sendo o tempo de construção, os custos de financiamento e o preço competitivo do gás.

O presidente do Nuclear Energy Institute- Marvin Fertel divulgou estudos nos quais **não há** perspectiva de aumento maior de custos para novas usinas nos Estados Unidos em razão de Fukushima uma vez que condicionantes derivadas do ataque terrorista de 11 de setembro de 2001 já haviam trazido modificações de segurança para esta indústria, que teve de instalar barreiras e modificações físicas variadas.

### Resíduos Nucleares

Os Estados Unidos tem previsão de um repositório definitivo de grande porte para a deposição de rejeitos radioativos de alta atividade que atenderiam, além da guarda do combustível usado nas usinas de geração de energia elétrica, todo o combustível usado pelos reatores dos submarinos, porta aviões, e de qualquer outra instalação civil ou militar com reatores nucleares. Esse repositório seria em Yucca Mountain, Nevada. Em 2010, o NRC decidiu abandonar o projeto (após gastos mais de 9 bilhões de dólares). O NRC já definiu que tais resíduos podem ser armazenados com segurança no próprio sítio das centrais por pelo menos mais 60 anos após

o término da vida útil da usina. Em agosto de 2013 a Corte de Apelações do Distrito de Columbia ordenou que o NRC retomasse a revisão do pedido de licença para construir e operar o depósito de resíduos nucleares no sítio de Yucca Mountain, conforme solicitação do DoE. Com isto continua pendente a decisão de como e quando o país resolverá a questão dos seus resíduos nucleares. A política governamental americana pode estar se encaminhando para o reprocessamento do material irradiado.



Resíduos de alta atividade armazenados nas centrais nucleares americanas por estado

1. Nota:

SWU - Trabalho de separação representa o esforço necessário para separar o U235 e U238. Ele é medido em quilogramas de trabalho de separação (kg SW).

## México

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
México	2	1640	0	0	8,412	4,7

O México possui uma central nuclear com 2 usinas em operação (Laguna Verde 1 e 2 BWR, 820 MW, cada) localizadas em Vera Cruz, cuja produção de eletricidade, em 2012, foi de 8,412 TWh ou 4,7% da energia elétrica do país. O proprietário e operador da central é a empresa estatal Comision Federal de Electricidad (CFE) que tem o domínio (cerca de 2/3) da capacidade instalada no sistema elétrico mexicano, inclusive a transmissão e parte da distribuição.

**Laguna Verde – México**  
(Imagem Comision Federal de Electricidad -CFE)

As longas paradas para ampliação de potência em 20% e outras manutenções, terminadas em agosto de 2010 as duas usinas (Laguna Verde-1 e -2) fizeram cair o percentual de participação da energia nuclear no total da energia do país.

O país tem planos de construir mais usinas nos próximos anos, sendo que a primeira deverá estar na rede em 2021. As usinas futuras (previsão de 10) deverão ter entre 1.300 e 1.600 MW com tecnologia a ser definida.

A Coreia do Sul tem planos de participar deste desenvolvimento mexicano através de acordos e joint ventures, uma vez que o México pretende alcançar 35% de capacidade em energia limpa até 2024 (aí incluídas as novas nucleares).

A matriz elétrica é bem diversificada com o gás suprimindo aproximadamente 49%, o óleo 20%, o carvão 12.5%, a hidroeletricidade 10.5% e a nuclear 4,7% em 2007, conforme dados da WNA.

O consumo de energia per capita é cerca de 1.800 kWh/ano. O país é o sétimo maior exportador mundial de petróleo, mas não possui minas de urânio em operação. O país tem ainda reatores de pesquisa e assinou acordos de cooperação com o Canadá na área de pesquisa e desenvolvimento.

Todo o combustível nuclear no México é propriedade do governo, que também é responsável pela gestão dos resíduos. No caso da central Laguna Verde eles estão guardados no próprio sítio das usinas.

O Secretário Mexicano de Energia - José Antonio Meade, o governador do Estado de Veracruz Javier Duarte (onde se localizam Laguna Verde 1 e 2), e os representantes da Comisión Federal de Electricidad, juntos com os técnicos da Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS) realizaram uma inspeção geral nas duas usinas mexicanas. Em relatório garantiram que as condições de operação da central não inspiram maiores cuidados e que a energia nuclear no México tem futuro, mesmo não se pretendendo construir nova central imediatamente.

Segundo o Secretário a tecnologia nuclear funciona muito bem no México, mesmo com o histórico de terremotos do país que, ele argumenta, tem soluções técnicas viáveis, lembrando ser mais difícil lidar com as questões sob a perspectiva política do tema. O Ministro de Energia do país Jordy Herrera recomendou a expansão nuclear como parte do plano estratégico 2026, mas devido às grandes reservas de gás natural do país e aos seus baixos preços a expansão nuclear é agora menos atraente e deverá ser protelada por mais de 3 anos.

O congresso mexicano apoia a tecnologia em níveis variados, dependendo do partido político.



## A2 – América do Sul



Localização aproximada das usinas nucleares na América do Sul

### Argentina

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Argentina	2	935	1	692	5,902	4,7

A Argentina possui 2 usinas nucleares em operação (Atucha 1- PHWR, 335 MW e Embalse PHWR, 600 MW), cuja produção de eletricidade, em 2012, foi de 5,902 TWh ou 4,7 % da energia elétrica do país. No mesmo sítio de Atucha 1, em Lima, a cerca de 100 km de Buenos Aires, está em construção Atucha 2 - PHWR, 692 MW. O PHWR Embalse é de fornecimento canadense (reator CANDU) e os Atucha 1 e Atucha 2 são de fornecimento da Alemanha (KWU/Siemens e sucessoras). A produção de eletricidade de fonte nuclear na Argentina vem caindo nos últimos anos em consequência do fraco desempenho da mais antiga das usinas do país, Atucha 1. As obras de Atucha 2 começaram em 1981, foram paralisadas em 1987 e retomadas em 2006. A construção terminou em setembro de 2011 e a usina se encontra em fase de testes pré operacionais que devem terminar no segundo trimestre de 2013.

Em junho de 2012 o país completou a produção da água pesada (600mt) necessária a operação inicial de Atucha 2, na central de Neuquen (Neuquen Engineering Services Co), conforme informou o Ministro de Planejamento.

O governo da Argentina assinou em agosto de 2011, um contrato com o Canadá (SNS-Lavalin-Candu Energy) para as atividades de ampliação de vida em mais 30 anos da usina Embalse que começou a operação comercial em janeiro de 1984. São 7 contratos no valor de 444 milhões de dólares (US\$ 240 milhões financiados pela Corporação Andina de Fomento-CAF) que compreendem transferência da tecnologia canadense e desenvolvimento da indústria local para fabricação de componentes nucleares. O custo total do projeto é de US\$1.366 milhões (sendo que a diferença será gasta com contratações no mercado argentino. Pretende-se ainda aumentar a capacidade de geração da usina. Nesta linha, em agosto de 2010, foi contratado (empresa canadense L-3 Mapps) um simulador de escopo total para Embalse já objetivando o aumento de vida útil.

Além disto, o país, antes de começar uma concorrência internacional, está em conversações com vários fornecedores (Canadá, França, Rússia, China, Japão e USA) para a definição da tecnologia e/ou dos prazos de mais dois reatores de geração elétrica, sendo um deles provavelmente no sítio de Atucha. A Rússia (Rosatom ) informou em outubro de 2012, através de seu diretor geral, Kirill Komarov, que sem dúvida irá participar da concorrência para suprimento da nova usina Atucha 3.

A política de diversificação energética empreendida pelo país reduziu fortemente a dependência de petróleo que existia nos anos de 1970, caindo de 93% para 42% em 1994 e estando atualmente em cerca de 52%.



Aparência do Reator CAREM desenvolvido pela INVAP  
(Imagem: Invap)

[http://www.invap.net/nuclear/carem/desc\\_tec.html](http://www.invap.net/nuclear/carem/desc_tec.html)

Neste contexto na Província de Buenos Aires, na localidade de Lima, a Argentina está construindo o CAREM - Central Argentina de Elementos Modulares, protótipo de reator de design argentino proposto pela empresa de tecnologia INVAP, que poderá ser usado como gerador de eletricidade (27MWe), reator de pesquisa com até 100MWt ou dessalinizador com potência até 8 MWe em cogeração.

Há também a previsão de construção de submarino de propulsão nuclear conforme informou a ministra da Defesa Nilda Garré em junho de 2010 usando esta mesma tecnologia que poderia operar já em 2015 (5 anos antes do projeto brasileiro).

O intercambio energético, principalmente com o Brasil, ocorre conforme a disponibilidade de cada país fornecer o insumo.

Os operadores de Atucha 1 recebem treinamento no simulador da Eletronuclear em Mambucaba - Angra dos Reis e os de Embalse são treinados no simulador da Hidro-Quebec na Central Nuclear de Gentile-2 no Canadá.

Em maio de 2013 foi assinado o acordo entre Argentina (INVAP) e Brasil (CNEN) para o fornecimento de engenharia básica para o RMB (reator multi propósito brasileiro). O reator será similar ao OPAL instalado pelos argentinos na Austrália.

O acidente japonês e suas consequências estão sendo cuidadosamente analisados e comparadas aos projetos de centrais na Argentina como parte do processo de melhora contínua das mesmas conforme informa a Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina (ARN) que poderá incorporar alguma modificação que considere pertinente. Devido à sua localização as usinas do país não estão sujeitas aos eventos do Japão segundo a ARN.

## Brasil

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Brasil	2	1.990	1	1.405	16,086	3,2

O Brasil é décimo consumidor mundial de energia e a oitava economia em termos de produto interno bruto, sendo o segundo não pertencente à OECD, atrás apenas da China.

O Brasil tem duas usinas nucleares em operação (Angra 1- PWR, 640 MW e Angra 2 PWR, 1350 MW) cuja produção de eletricidade, em 2012, foi de 16,086 TWh ou 3,2% da energia elétrica do país e uma usina em construção (Angra 3 PWR, 1.405 MW) com obras iniciadas em 2010, após ampla negociação com a prefeitura de Angra dos Reis com respeito à licença de uso do solo e as compensações ambientais e sociais cujo montante de investimentos chega a 317 milhões de reais. A conclusão esta prevista para 2018.

**Angra 3 – status de construção do Edifício do Reator**  
(Agosto 2013 - foto Eletronuclear)



Em 28 de setembro de 2013, completaram-se 13 anos desde que a usina Angra 2 atingiu 100% de sua potência nominal. A produção de energia elétrica da usina neste período ultrapassou 115 milhões de MWh. Toda esta energia seria suficiente para abastecer a cidade do Rio por nove anos; São Paulo, por seis; e Brasília, por mais de duas décadas.

O Brasil é eminentemente abastecido por energia hidrelétrica (66,91% de capacidade instalada) cuja geração representou mais de 90% do total em 2012. Espera-se um forte crescimento econômico até 2030, da mesma forma, grande aumento do consumo de energia elétrica. Os planos de expansão da matriz elétrica brasileira (conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE) preveem além da

construção de usinas com outras fontes de combustível, a construção de 4 a 8 usinas nucleares num horizonte até 2030, localizadas no nordeste e no sudeste do país. Definições de sítios, tipos de reator e outras questões estão em estudos no país através da Eletrobras Eletronuclear e da EPE.

Em termos de combustível no Brasil as estimativas das reservas de Santa Quitéria (Ceará) chegam a 142,5 mil toneladas de urânio. O país tem ainda em produção a mina de Caetité (Bahia) que está ampliando a produção. Prospectar o território é o desafio que ainda precisa ser vencido, mas as expectativas são promissoras.

O Brasil tem ainda quatro reatores de pesquisa, dois em São Paulo, um em Minas Gerais e um no Rio de Janeiro. O maior deles é usado para produzir radioisótopos, que são usados na

indústria e na medicina. Dentre as diversas aplicações médicas desses elementos, destacam-se os marcadores em exames diagnósticos e os para tratamento de tumores.

O Brasil não é autossuficiente em radiofármacos, importando parte do que necessita principalmente o molibdênio-99. O fornecimento hoje é incerto com apenas três produtores principais: Canadá, a Holanda e a África do Sul. A Argentina também pode ser fornecedor do material para o Brasil, podendo chegar a 30% do necessário. O Reator Multipropósito Brasileiro-RMB cujo projeto se encontra em fase de concepção e que ficará localizado em Iperó, ao lado do Centro Experimental Aramar, conforme a CNEN, será uma solução para este problema.

Em setembro de 2010 a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) aprovou proposta da Divisão de Radiofármacos do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, para estudar a viabilidade de um método alternativo e mais econômico de produção do iodo-124. O radioisótopo vem sendo pesquisado em vários países para uso na tomografia por emissão de pósitrons (PET), considerado o exame de imagem mais moderno da atualidade.

Na área de formação de pessoal especializado a USP (Universidade de São Paulo) vai criar até 2012 (aulas se iniciando em 2013) um curso de engenharia nuclear na área vizinha ao RMB. Este é o segundo curso de engenharia nuclear em universidade pública no Brasil, o primeiro foi criado na UFRJ em 2010. Estes cursos abrangem a tecnologia nuclear como um todo e não somente a engenharia nuclear. Na UFRJ existe ainda um curso pós-graduação em nuclear no COPPE-UFRJ. Na Universidade Federal de Pernambuco há um curso de energia no qual também é tratada a parte nuclear da geração de energia.

O Brasil e a Argentina em 2011 resolveram ampliar seu acordo de cooperação nuclear, assinado em 2008, para a construção de dois reatores de pesquisa. Esses reatores serão tipo multipropósito e serão usados para a produção de radioisótopos, testes de irradiação de combustíveis e materiais e pesquisas de nêutrons.

Em julho 2012 foi iniciado o projeto básico de engenharia do Submarino com Propulsão Nuclear Brasileiro – SN BR. Este projeto básico deve levar três anos após a qual se inicia a fase do projeto detalhado, simultaneamente com a construção do submarino, em 2016, no estaleiro da Marinha que está sendo construído em Itaguaí (RJ). O contrato chega a 21 bilhões de reais. O término da construção para a operação experimental do reator nuclear e da respectiva planta de propulsão (LABGENE) está estimado para 2014. A conclusão da construção do primeiro SNBR está previsto para 2020.

O governo brasileiro aprovou em agosto de 2012 a criação da empresa estatal Amazônia Azul – AMAZUL destinada a promover, desenvolver, absorver, transferir e manter as tecnologias necessárias ao programa nuclear e as atividades relacionadas aos trabalhos da Marinha quanto a propulsão do submarino nuclear. A AMAZUL também deverá ajudar a criar novas empresas para o setor nuclear oferecendo assistência técnica se necessária.

Com respeito às consequências do acidente nuclear em Fukushima, após revisões técnicas a Eletronuclear, empresa que constrói e opera as usinas nucleares brasileiras, iniciou as ações para reduzir possíveis riscos que as usinas puderem estar submetidas no caso de acidente severo.

Com base nos conhecimentos atuais, um evento similar ao japonês não poderia ocorrer no Brasil porque o país está distante das bordas da placa tectônica que o abriga, as placas do Atlântico

Sul e da África se afastam enquanto as do Japão se chocam e o tipo de sismo do Atlântico Sul não provoca tsunamis.

## **Chile**

O Chile importa 70% de sua energia sendo a maior parte produzida por hidrocarbonetos. O país não possui reatores nucleares de potência, mas tem dois reatores de pesquisa. O país tem desenvolvido estudos para verificar a possibilidade de construir uma usina de geração de energia e está cooperando com a AIEA em programas de autoavaliação para se preparar para as novas construções.

Em fevereiro de 2011 foi assinado acordo de cooperação nuclear com a França com foco em treinamento nuclear dos cientistas e profissionais chilenos, incluindo projeto, construção e operação de centrais nucleares de potência. O acordo também inclui mineração de urânio para suprir os reatores franceses.

O Ministro de Minas e Energia chileno, Laurence Golborne, atesta que o Chile dobrará sua necessidade de energia nos próximos 12 anos. O país vem tentando equilibrar suas fontes de energia que nos anos noventa era baseada em hidroeletricidade. Estas fontes precisam ser diversificadas devido, principalmente, às secas ocorridas nos últimos anos (reservatórios vazios) que gerou instabilidade de suprimento de energia elétrica. A solução do gás natural não atendeu a esta necessidade e o país está se voltando para a energia nuclear.

Após o acidente de Março no Japão, o Chile não mudou de opinião sobre a energia nuclear e vem demonstrando através de seu presidente - Sebastián Piñera que energia nuclear e terremotos não são excludentes. Esta posição do governo se deve a preocupação forte com a escassez de energia no país e a experiência acumulada com a operação de 2 reatores de pesquisa (desde os anos 70) que são usados para estudos médicos. Tais reatores resistiram aos fortes terremotos que já assolaram o país. Novos estudos em energia nuclear estão em andamento.

A maioria da população chilena não apoia esta posição.

## **Venezuela**

A Venezuela não possui centrais nucleares, mas o campo nuclear não é completamente desconhecido pelo país. O Instituto Venezuelano de Investigaciones Científicas, IVIC operou um reator de pesquisa de 3MWt de 1964 até 1994 para a produção de radioisótopos para a indústria, medicina e agricultura. Em Novembro de 2010 a Assembleia Nacional do País ratificou um acordo de cooperação com a Rússia para trabalhar um reator de pesquisa e um reator de potência. O acordo prevê o desenvolvimento de pessoal com treinamentos em segurança, proteção ambiental, regulação, proteção radiológica e de salvaguardas, mas por hora o país não demonstra outros interesses na energia nuclear.

## B – Europa



Localização aproximada das usinas nucleares na Europa

A energia nuclear representa 30% da eletricidade suprida na União Europeia como um todo. A política nuclear difere de país para país e em alguns (ex. Áustria, Irlanda, Estônia) não há nenhuma usina de geração em operação. Em comparação a França tem grande número de usinas em 19 sítios diferentes.

O Conselho Europeu (The European Council) adotou norma quanto à gestão de resíduos radioativos de qualquer fonte e combustível irradiado e solicitou que os estados membros informem quais são os respectivos programas nacionais para lidar com o tema até 2015. Os países terão que definir se vão guardar ou reprocessar seus resíduos e como o farão, quanto vai custar, etc., não podendo mais aplicar a política de “esperar para ver” (waiting and see) utilizada até aqui. Países poderão se unir para uma solução, mas ela terá que ser verificada e aprovada pela AIEA.

Não será permitido exportar seus resíduos para países que não disponham de repositórios adequados nem para os países da África, do Pacífico, do Caribe e para a Antártica (<http://ec.europa.eu>).



A Europa tem 196 reatores nucleares em operação em 14 países e muitos deles estão buscando a extensão de suas vidas úteis. Após o acidente de Fukushima a União Europeia (UE) através de diversas entidades estabeleceu um plano de verificação da segurança das centrais no bloco, mantendo a segurança energética. Estes testes começaram em junho e são compostos de três fases: na primeira uma pré-avaliação é feita pelo operador ao responder a um questionário da UE, na segunda parte as respostas são avaliadas pelo órgão regulador do país e na terceira a avaliação é realizada por um comitê de especialistas internacionais. Existem 19 novos reatores em construção no continente.

As questões dizem respeito a: capacidade de resistir a desastres naturais tais como terremotos, tsunamis, enchentes ou outras condições naturais extremas; ser capaz de resistir à eventos provocados pelo homem, sejam elas por terrorismo ou descuido (explosões, queda de avião, incêndios); e as medidas preventivas que são tomadas para evitar e/ou mitigar esses eventos.

A Europa não tem fontes significativas de urânio e 80% do material que alimenta as usinas europeias vem da Rússia, Cazaquistão, Canadá, Austrália e Níger.

Em junho de 2011 a Foratom- Associação da Indústria Nuclear Europeia emitiu um relatório de estudo para auxiliar a estabelecer a base de uma matriz energética segura, competitiva e de baixa emissão de gases-estufa no continente nos próximos 40 anos, no qual concluiu que qualquer seja o cenário para alcançar o objetivo de baixa emissão neste prazo, todos precisam incluir a energia nuclear. Em 4 de outubro de 2012 a Comissão Europeia Pós-Fukushima listou as principais recomendações para a melhoria da segurança das usinas na Europa decorrentes dos testes de estresse realizados. No seu relatório ao Conselho e ao Parlamento Europeu foram resumidos os resultados de 18 meses de avaliações de segurança e risco abrangentes em 145 unidades de energia nuclear na UE, e traçando planos para ações subsequentes.

Os operadores de usinas nucleares terão que investir um valor entre 10 e 25 bilhões de euros (atualmente entre 13 e 32,5 bilhões de dólares) para fazer atualizações de segurança recomendadas pelo teste de estresse pós-Fukushima da UE e do processo de revisão por especialistas. As recomendações são as seguintes:

- A análise sísmica do sítio nuclear deve ser baseada em terremotos com uma probabilidade de menos de uma vez em 10.000 anos, levando em consideração o terremoto mais grave durante esse período.
- A mesma abordagem de 10.000 anos deve ser usada para graves inundações.
- A resistência sísmica deve ser calculada usando um pico de aceleração mínima do solo de 0,1g, e o projeto da planta deve ser capaz de resistir a um terremoto que produz aceleração. Esta é uma recomendação da AIEA.
- Os equipamentos necessários para lidar com os acidentes devem ser armazenados em locais devidamente protegidos contra eventos externos.
- Deve ser instalada ou melhorada a instrumentação sísmica do local.
- O projeto da planta deve dar aos operadores pelo menos uma hora para restaurar as funções de segurança após a falta de energia e / ou perda de refrigeração.
- Os procedimentos operacionais de emergência devem cobrir todos os estados da planta.
- As diretrizes de gestão de acidentes severos também deve abranger todos os estados da planta.
- As medidas passivas, como *recombinadores* passivos de hidrogênio (H<sub>2</sub>) "ou outras alternativas relevantes" devem estar disponíveis no local para evitar explosões de hidrogênio ou outros gases combustíveis em caso de acidentes severos.
- Os sistemas de ventilação devem estar disponíveis para filtrar adequadamente a contenção.
- Um backup da sala de controle de emergência deve estar disponível no caso de a sala de controle principal se tornar inabitável devido à radiação, incêndio ou perigos externos extremas.

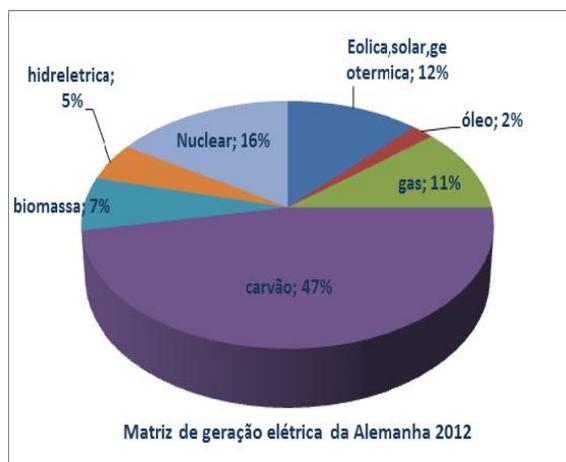
[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/swd\\_2012\\_0287\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/swd_2012_0287_en.pdf)

## Alemanha

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia líquida gerada 2002 (TWH)	% do total gerado em 2012
Alemanha	9	12.068	0	0	94,098	16,10

A Alemanha tem uma capacidade elétrica instalada total de 161.570 WW, com uma capacidade nuclear de 12.068 MW nas 9 usinas autorizadas a operar (existem 17 usinas, mas apenas 9 efetivamente geram energia, visto que oito delas - Krümmel, Brunsbüttel, Biblis A e B, Isar 1, Neckarwestheim 1, Unterweser e Phillipsburg 1- se encontram desligadas por razões políticas e

legais do país. Foram gerados por fonte nuclear 94,098 TWh em 2012, o que representou 16,1% da energia gerada no país.



O custo para substituir a energia elétrica gerada pelas usinas nucleares alemãs em funcionamento por energia renovável seria alto necessitando de subsídios do governo da maior economia da Europa. A matriz elétrica do país é diversificada com o carvão representando aproximadamente 50%, o gás 12%, o vento 6%, e outras fontes completam o quadro, além dos mais de 25% de nuclear. A Alemanha exportava mais energia do que importava, porém este quadro mudou após o desligamento dos 8 reatores. Além disso, o país é um dos maiores importadores de energia primária no mundo.

Também não está claro como o país cumprirá seus compromissos de reduzir as emissões nacionais de CO<sub>2</sub> se desativar todos os seus reatores. Os alemães subsidiaram fortemente a energia solar e também fizeram uma grande aposta na energia eólica, e em ambos os casos contando com o apoio, em causa de falta de sol ou vento, de eletricidade importada de fontes nucleares na França, República Checa e Rússia. Atualmente planejam construir uma longa linha de transmissão desde a Suécia para importar energia de base produzida pelos reatores nucleares daquele país. Uma vez que o consumo interno é de 6.300 kWh/ano per capita (cerca de 3 vezes o brasileiro) e não diminuiu esta se tornou uma questão de difícil solução. É injusto se considerar livre de energia nuclear quando, na prática, há uma terceirização das usinas nucleares.

Em 2010, depois de demoradas discussões no congresso, foi aprovada a proposta que previa que os reatores pudessem operar por mais 8 ou 12 anos dependendo da idade da usina em vez do término previsto para 2022 das usinas existentes. Com esta proposta algumas usinas operariam por mais de 50 anos.

Após o acidente de Fukushima, mais uma vez o governo da Alemanha mudou de opinião, revertendo a posição tomada em 2010 de extensão da vida útil das usinas. Todas as usinas foram desligadas por 3 meses para testes de segurança. As 8 usinas mais antigas não foram religadas. As demais serão fechadas conforme cronograma da planilha. Com isso 10% da energia do país deixou de ser gerada e bilhões de dólares em investimentos se perderam.

Os operadores que tiveram suas usinas fechadas tempestivamente pelo governo alemão em março de 2011 (potência de 8.336 MWe) protestam veementemente quanto aos lucros cessantes e a incapacidade que terão de atender ao seu mercado.

Segundo a E.ON (Vice-Chairman Ralf Gueldner) o custo total desta decisão chegará a 33 bilhões de euros, isso sem considerar os custos de novas linhas de transmissão que sistemas substitutos de geração necessitarão e os custos dos possíveis racionamentos de energia que enfraquecerão a indústria do país. O consequente aumento das emissões de carbono (estimado em pelo menos 70 milhões de toneladas métricas) também trará conflitos com os países vizinhos na UE.

Será inevitável a importação de energia de fonte fóssil e/ou mesmo nuclear, o que mina a credibilidade de tal política.

A mesma opinião da E.ON é compartilhada pelo Ministro da Indústria francês Eric Besson, que declara que o país vizinho será mais dependente de importações de energia e mais poluente, lembrando que a população alemã hoje já paga o dobro do valor pago pela francesa pela energia elétrica, será ainda mais penalizada.

### Reatores Nucleares Alemães

Reator	Tipo	MWe (liq)	Operação Comercial	Operador	Agenda provisória	2010 desligamento acordado	desligamento Março 2011
					fechamento 2001		& possível plano de fechamento
Biblis-A	PWR	1167	fev/75	RWE	2008	2016	sim
Neckarwestheim-1	PWR	785	dez/76	EnBW	2009	2017	sim
Brunsbüttel	BWR	771	fev/77	Vattenfall	2009	2018	sim
Biblis-B	PWR	1240	jan/77	RWE	2011	2018	sim
Isar-1	BWR	878	mar/79	E.ON	2011	2019	sim
Unterweser	PWR	1345	set/79	E.ON	2012	2020	sim
Phillipsburg-1	BWR	890	mar/80	EnBW	2012	2026	sim
Kruemmel	BWR	1260	mar/84	Vattenfall	2016	2030	sim
<b>Fechamento Total (8)</b>		<b>8336</b>					
Grafenrheinfeld	PWR	1275	jun/82	E.ON	2014	2028	2015
Gundremmingen-B	BWR	1284	abr/84	RWE	2016	2030	2017
Gundremmingen-C	BWR	1288	jan/85	RWE	2016	2030	2021
Grohnde	PWR	1360	fev/85	E.ON	2017	2031	2021
Phillipsburg-2	PWR	1392	abr/85	EnBW	2018	2032	2019
Brokdorf	PWR	1370	dez/86	E.ON	2019	2033	2021
Isar-2	PWR	1400	abr/88	E.ON	2020	2034	2022
Emsland	PWR	1329	jun/88	RWE	2021	2035	2022
Neckarwestheim-2	PWR	1305	abr/89	EnBW	2022	2036	2022
<b>Total em operação (9)</b>		<b>12,003</b>					
<b>Total (17)</b>		<b>20,339 MWe</b>					

Os dirigentes das empresas pretendem acionar judicialmente o governo pelo classificam como confisco de seus rendimentos, visto que o regulador da atividade declarou que as usinas são seguras e que a energia dos reatores ora fechados já havia sido vendida.

O custo da energia elétrica na Alemanha, após o fechamento das usinas antigas, já aumentou 12% e as emissões de carbono mais de 10%. Segundo estimativas do próprio Ministério de Meio Ambiente e Conservação da Alemanha, mesmo que a percentagem de energias renováveis dobrasse, seria ainda necessário investir 122 bilhões de euros no setor nos próximos 10 anos, sem contar os investimentos em linhas de transmissão, centrais a gás de “back up” das renováveis, subsídios variados para atração dos investidores, etc. Segundo o Instituto de

Pesquisas Econômicas da Alemanha os custos podem chegar a 200 bilhões de Euros. É esperada a perda de empregos diretos (11.000 na E.ON e outros 8.000 na RWE) da indústria nuclear alemã conforme informam seus dirigentes e um corte forte nos dividendos.



**Usina Nuclear Isar-2 - Segunda maior produtora mundial de energia nuclear em 2010 – fechada em 2011**

As decisões políticas na Alemanha, embora importantes, são movidos por forças políticas nacionais – O dano real para as pessoas ou para o ambiente causado pela fonte nuclear tem sido extremamente baixo, especialmente se comparado com os registros de outras fontes de energia atualmente em uso generalizado.

A Voerde Aluminium, 3ª maior produtora de alumínio da Alemanha, anunciou sua falência em 8 de maio de 2012, em decorrência da redução dos preços do alumínio combinada com custos de produção crescentes. Este foi "um indicador do processo gradual de desindustrialização", disse Ulrich Grillo, presidente da entidade comercial da Alemanha para a indústria metal, Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVM). "A Produção de metais, especialmente alumínio, está em risco na Alemanha devido a elevados preços da eletricidade que não são mais competitivos internacionalmente", disse Grillo.

Usuários alemães de mais de 20 GWh por ano pagam 11,95 centavos de euro por kWh, em comparação com 6,9 centavos de dólar na França, de acordo com dados do energy.eu de novembro de 2011. Entre os 27 países da UE, apenas Chipre, Itália, Malta e Eslováquia têm preços mais altos para os consumidores pesados de eletricidade.

O WVM pediu ao governo alemão para implementar urgentemente medidas para proteger indústria intensiva de energia dos elevados de custos de eletricidade e para incentivar as empresas de metal a reduzir as emissões de dióxido de carbono de seus processos de produção. A indústria não deve ser penalizada, disse Grillo, por causa do "preço da eletricidade crescente, que resultam claramente do sistema de apoio do Estado às energias renováveis, especialmente a energia fotovoltaica."

Os subsídios têm estimulado empresas de energia e donos de imóveis a adicionar cerca de 25 GWe de capacidade solar, principalmente nos últimos cinco anos. Isso produziu 2,4% do poder de geração da Alemanha nos 12 meses até fevereiro, de acordo com estatísticas da Agência Internacional de Energia (IEA), enquanto os 12 GWe restantes da capacidade nuclear representaram 15,3%. De longe, a maior parte da energia alemã vem de combustíveis fósseis, cerca de 71%. Os dados da AIE mostra também que a exportação de energia alemã caiu 0,9% no ano até fevereiro de 2012, e a importação subiu 7,7%.

Logo após o acidente de Fukushima, em março 2011, os líderes alemães ordenaram o fechamento dos oito reatores do país que começaram a operar até 1980. A indústria respondeu chamando os combustíveis fósseis em substituição. "Como as fontes renováveis de energia não fornecem energia contínua, devemos usar gás e carvão para o trabalho", disse Utz Tillmann,

porta-voz de um órgão da indústria intensiva de energia e diretor-executivo do Conselho Europeu da Indústria Química.

Em junho de 2012 uma pesquisa mostrou que 77 por cento dos alemães estão mais preocupados com a manutenção de eletricidade acessível do que o abandono da energia nuclear. A pesquisa foi realizada por votação grupo TNS Emnid em nome da 'Iniciativa para uma Nova Economia de Mercado Social', que é financiado principalmente pelos empregadores na indústria metal.

Enquanto isso, contraditoriamente a esta política dita de segurança, a Alemanha continua mantendo uma quantidade muito significativa de armas nucleares em seu território, operadas, em sua maior parte, pela OTAN.

### **Resíduos Nucleares**

No que tange à política de resíduos nucleares, existem na Alemanha 2 depósitos definitivos, para resíduos de baixa e média atividade. O de Morsleben, que foi construído ainda pelo governo comunista da antiga RDA e o de Konrad licenciado em 2002 e liberado definitivamente em 2007.

O governo federal alemão e 24 estados federais do país chegaram a acordo sobre a estrutura para a elaboração de uma lei de seleção do local para resíduo nuclear de alta atividade. O ministro alemão do Meio Ambiente Peter Altmaier informou em um comunicado 9 de abril de 2013 que o governo espera que a lei de escolha do local possa ser aprovada antes do recesso do Parlamento alemão de verão, em julho 2013. O governo federal e os estados também concordaram que os novos transportes de combustível nuclear usado podem ser enviados para a mina de sal de Gorleben. O sítio de Gorleben está sendo usado como um local de armazenamento temporário, mas que o uso sofre oposição.

### **Armênia**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Armênia	1	375	0	0	2,123	26,62

Armênia é uma ex república soviética com cerca de 3,2 milhões de habitantes. O país possui uma usina em operação - Armênia 2 (PWR, 375MW), localizada em Metsamor, em operação desde 1980. Tem também uma usina fechada permanentemente desde 1989, após um terremoto em 1988.

Em 2012 a única usina em operação no país produziu 2,123 TWh de energia elétrica o que representou 26,62% da energia elétrica gerada no país, que foi de 7,978 TWh.

O país é particularmente dependente da Rússia quanto ao seu comércio e à distribuição de energia cuja única empresa foi comprada pela empresa russa RAO-UES em 2005. O gás natural é basicamente importado da Rússia, mas a construção de um gasoduto para fornecer gás natural do Irã para a Armênia foi concluída em dezembro de 2008, e as entregas de gás se expandiram com a conclusão da Usina Térmica Yerevan em abril de 2010.

O país fez os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco.

## Áustria

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Áustria	0	700	0	0	0	0

A Áustria tem uma usina pronta que nunca operou devido à decisão apertada (50,47%) da população em plebiscito na qual se definiu que o país não teria energia nuclear para a produção de eletricidade. Em decorrência, a Central de Zwentendorf (BWR-700 MW) foi cancelada em novembro de 1978. As empresas de projeto e construção foram dissolvidas e os contratos de fornecimento de combustível nuclear com as EXPORT (USSR) e US Department of Energy (DOE) foram cancelados assim como o contrato de reprocessamento do combustível irradiado com a francesa COGEMA.

Nuclear Power Station Zwentendorf, Áustria (desativada)



Na Áustria cerca de 60% da eletricidade vem da produção doméstica de hidrelétricas. O país também tem petróleo e gás, mas a importação de energia elétrica de fonte nuclear dos países vizinhos varia num valor que entre 5 e 10% do total do consumo. Oficialmente não se fala sobre isso, mas o uso de eletricidade nuclear comprada da Alemanha e da República Checa é indispensável para equilíbrio do sistema. O país compra energia nuclear barata ou com tarifa noturna e a usa para bombear água para os reservatórios das hidrelétricas situadas nas partes altas e depois usa a energia a energia hidráulica da água bombeada nos seus horários de pico ou até exporta para

outros países. É a magia de transformar nuclear em “energia verde” conforme explica o Prof. Helmuth Böck, presidente da Austrian Nuclear Society. A formação acadêmica na área nuclear na Áustria é muito desenvolvida, destacando-se as atividades de gestão do conhecimento nuclear do Atominstitute (ATI) que desenvolve programas de pesquisa, treinamento e educação no seu reator Triga.

O país abriga também a sede da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA e as unidades de treinamento e educação nos campos de ciência e tecnologia da mesma.

## Bélgica

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Bélgica	7	6212	0	0	38,46	51,00

A Bélgica tem duas centrais nucleares, Doel com 4 usinas (PWR, 2911 MW) e Tihange com 3 unidades (PWR, 3158 MW). As usinas têm entre 28 e 39 anos de operação e estão licenciadas por 40 anos. Em julho de 2012 o governo belga ampliou a vida útil das usinas mais antigas - Doel-1 (412-MW), Doel-2(454-MW) e Tihange-1 (1.009-MW) por mais 10 anos, ou seja, até 2025 (completando 50 anos de operação).

Em 2012 foram gerados por fonte nuclear 38,46 TWh em 2012, o que representou 51,00% da energia gerada no país.

Atualmente a decisão de desligamento de todos os reatores até 2025 está sendo muito questionada e está condicionada a existência no país de fontes energéticas para atender as necessidades sem submeter a população à racionamentos. Os custos serão enormes, com prejuízos à segurança de suprimento, dependência de fontes internacionais, aumento de emissões, que diminuiriam a competitividade do país, conforme assinalado no relatório - Belgium's Energy Challenges Towards 2030, no qual é fortemente recomendado, o retorno à geração nuclear.

As operadoras GDF Suez e Electrabel junto com os consumidores eletro intensivos (Indústria química, gases, plásticos, aços e metais especiais) se uniram para tentar manter a operação das centrais pelo maior prazo possível. Pretendem ainda investir na construção de nova central, seguindo o modelo finlandês no qual os consumidores se unem para a construção de sua fonte de energia (modelo de Olkiluoto).

Na área de pesquisa o governo aprovou em março de 2010 uma resolução que autoriza o uso dos recursos do futuro reator de pesquisa Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) para desenvolvimento de soluções inovativas em energia e medicina nuclear. O reator e acelerador foram concebidos por SCK-CEN, que concedeu um contrato de €24 milhões de euros (32 milhões de dólares) para o projeto de engenharia a um consórcio liderado pela multinacional Areva em outubro de 2013. Os outros participantes no consórcio são a italiana Ansaldo Nucleare e a espanhola Empresarios Agrupados.

Esse reator será usado, por exemplo, para tratamento de resíduo nuclear através de transmutação; para modificação de características de semicondutores (doped silicon) essenciais para aplicações em componentes eletrônicos, etc.. Uma fábrica com grande capacidade ainda está muito distante, porém um projeto piloto (ao custo de 1 bilhão de euros) deverá ser comissionado até 2019 no Centro Belga de Pesquisas Nucleares-SCK, como parte do projeto Myrrha. Os testes levarão 5 anos até o início da operação comercial, mas poderão levar a uma grande redução na quantidade e no tamanho dos depósitos permanentes para resíduos de alta atividade.

O resultado do stress testes aplicados foram satisfatórios e o órgão regulador declarou em 8 de

novembro de 2011 que as usinas belgas são seguras e podem continuar em operação.

O ministro de energia da Bélgica afirmou que a decisão sobre a extensão de vida das usinas do país só será tomada após os resultados dos testes de stress que estão sendo executados em todas as usinas nucleares da Europa.

Os belgas são favoráveis (75%) à manutenção dos parques nucleares para geração de energia elétrica no país, conforme pesquisa realizada em fevereiro de 2012. Mais de 40% são a favor da construção de novas usinas. A condição mais citada pelos entrevistados foi a segurança de operação e a gestão dos resíduos.

## Bulgária

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Bulgária	2	2000	0	0	14,86	31,65

A Bulgária tem 2 usinas nucleares (KOZLODUY 5 e 6 – VVER-PWR 1000 MW, cada) em operação comercial, que geraram 14,86 TWh, cerca de com 31,65% da geração elétrica em 2012. Foram suspensas as obras das duas usinas que se encontravam em construção (Bene 1 e 2 VVER PWR 1000 MW) em 2012 e existem ainda 4 reatores que foram fechados (KOZLODUY 1 a 4 – VVER 440 MW) para atender acordo de fazer parte da união europeia. Na Bulgária, o governo já demonstrou interesse em substituir as centrais nucleares antigas por novas, mas tem problemas quanto ao financiamento das usinas.



**Central nuclear de KOZLODUY**

A NEK - National Electric Company da Bulgária pretendia construir a Central Nuclear de Belene (2x 1000 MW – VVER) e assinou contrato com a russa Atomstroyexport para projeto, construção e comissionamento das usinas da central, mas o preço fornecido pelos concorrentes estava acima do que o país aceita pagar o governo decidiu cancelar o projeto.

Em março de 2012 o governo decidiu usar os equipamentos que já haviam sido fabricados para

Belene em uma outra usina na Central de KOZLODUY (o reator número 7). Os resultados do Stress testes de segurança realizados por toda a Europa estão sendo analisados e as recomendações serão implementadas onde couber.

O país possui um reator *de pesquisa* que é operado pelo Instituto de Pesquisa e Energia Nuclear da Academia Búlgara de Ciências, em Sofia. O país mantém seus planos estratégicos de ampliar sua geração de energia nuclear, fazer nova central e ampliar a vida das usinas Kozloduy para reduzir sua dependência da Rússia quanto à energia primária (gás e óleo).

### **Resíduos Nucleares**

O país contratou o projeto de um depósito intermediário de baixa ao consórcio formado pelas empresas espanholas ENRESA, Westinghouse Electric Spain (WES) e a alemã DBE Technology. O depósito será construído no sítio da usina Kozloduy.

### **Eslováquia**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Eslováquia	4	1.896	2	880	14,41	53,8

A Eslováquia tem 4 reatores nucleares em operação comercial, que em 2012 produziram 14,41TWh de energia elétrica, o que representou 53,80 % da energia produzida no país. As duas unidades em construção são de Mochovce 3 e 4 (VVER 440MW cada) e deveriam entrar em operação em 2014 e 2015 respectivamente, mas há um atraso na conclusão. Há ainda planos de construção de outros 2 reatores entre os anos de 2020 e 2025. As emissões de gases do efeito estufa do país são em 70% derivadas da geração de energia por combustíveis fósseis e esta é uma das razões do país para ampliar a geração nuclear que auxiliaria na redução destes gases.



**Central Nuclear Mochovce**  
([www.seas.sk/en](http://www.seas.sk/en))

Para ter acesso à Comunidade Européia em 2004 o país concordou em fechar os dois reatores mais velhos (Bohunice V1 unidade 1 e 2) o que ocorreu em 2006 e 2008. Como o consumo de energia per capita é 4.550 KWh por ano e mais de 50% da energia vem de fonte nuclear, a estabilidade e a segurança do fornecimento de combustível são primordiais para a qualidade de vida da população. Todo o combustível nuclear é contratado junto à empresa russa TVEL.

Desde 2008 o país definiu que irá reprocessar os seus resíduos de alta atividade e estuda localização para repositório de baixa e média atividade.

A Eslováquia faz parte do TNP desde 1993 e assinou também o tratado adicional em 1999. O país faz, também, parte do NSG - Nuclear Suppliers Group. Os trabalhos de construção de Mochovce 3 e 4 continuam. Como em toda Europa, as usinas do país passarão pelos testes de stress definidos pela UE.

## Eslovênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Eslovênia	1	727	0	0	5,244	35,95

A Eslovênia tem 2 milhões de habitantes e a sua vizinha Croácia tem 4 milhões. Juntas elas possuem 1 reator nuclear - KRSKO (PWR, 727 MW) em operação desde 1981, que em 2012 produziu 5,244 TWh de energia elétrica, o que representou 35,95 % da energia produzida na Eslovênia. Esse reator foi compartilhado (50%) com a Croácia desde a sua conexão ao grid. Em relação à Croácia a energia foi cerca 15% da do país.

O reator foi projetado para 40 anos de operação, mas sua vida deve ser ampliada em mais 20 anos.

## Resíduos Nucleares

Em janeiro de 2010 o país, através de sua agência para gestão de resíduos nucleares - ARAO (*Agencija za radioaktivne odpadke*, em esloveno) selecionou um sítio (Vrbina), próximo à central, para a construção do depósito intermediário de resíduos de baixa e média atividade, conforme autorizado por decreto governamental de dezembro de 2009. O repositório, composto por 2 silos, terá capacidade para 9.400 metros cúbicos de material de baixa e média atividade, o que corresponde à metade de todo o resíduo produzido ao longo da operação e descomissionamento futuro da central. Será possível ainda armazenar resíduos nucleares de outras fontes. A capacidade do sistema pode ser ampliada no caso de crescimento do programa nuclear do país.

O país não pretende desistir da energia nuclear devido ao acidente de Fukushima segundo declarou o Ministro da Economia Darja Radic em junho 2011. Em todos os cenários energéticos do país até 2030 a fonte nuclear está destacada. O governo anunciou ainda, a provável construção do segundo reator em Krsko, incluído no programa nacional de energia que aguarda a aprovação final no parlamento.

## Espanha

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Espanha	7	7.514	0	0	58,70	20,50

A Espanha tem 7 reatores nucleares (6 PWR e 1 BWR) em operação, com um total de 7.514 MW de capacidade instalada. Esta capacidade representa apenas 7,32 % do total, mas devido ao alto fator de capacidade representa 20,50% da energia gerada, que em 2012 foi 58,70 TWh.

Na Espanha os reatores não têm período limite de operação, recebendo licenças de operação a cada 10 anos.

Ao final de 2012 existiam 3 reatores fechados no país:

- Vandellos 1 em 1990 e com os trabalhos de descomissionamento adiantados;
- Zorita-Jose Cabrera, em 2006 com o descomissionamento contratado junto à Westinghouse e
- Em 28/12/2012 a Nuclenor operadora e proprietária da Central de Garona (466MW BWR), o mais antigo reator espanhol decidiu fechá-lo uma vez que as novas taxas impostas ao operador tornaram a usina inviável economicamente.

Em maio de 2013 o conselho de segurança nuclear espanhol aprovou a possibilidade de extensão da vida de Garona, através de solicitação a ser preenchida pelo operador e analisada pelo órgão regulador, que desta forma poderá retornar e operar até 2019.



Central de Vandellos 2 – Espanha

Politicamente a Espanha pretende que as usinas nucleares sejam fechadas ao término de sua vida útil, sem a reposição da capacidade instalada por outras nucleares, porém em dezembro de 2009 uma nova lei foi aprovada permitindo que as usinas operem além de seus 40 anos de vida útil originais se o Conselho de Segurança Nuclear do País as declarar seguras. Exemplo disto foi a concessão de ampliação de vida em mais 10 anos para as Centrais de Almaraz-Trillo e para a de Vandellos 2 em junho de 2010.

### Resíduos Nucleares

O país possui um repositório intermediário de baixa atividade em operação desde os anos 1980 - “El Cabril”, projetado pela Westinghouse Electric Spain (WES).

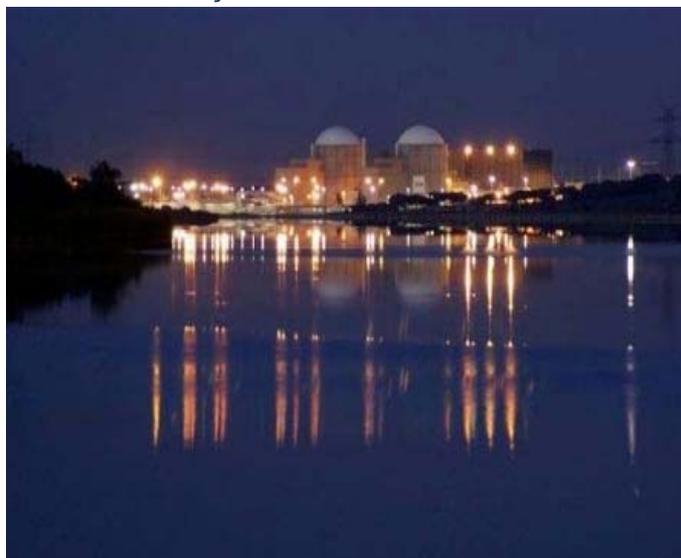
Em dezembro de 2011 o governo escolheu o sítio em Villar de Canas – província de Cuenca para Repositório de combustível irradiado e resíduos de alta atividade terminando o processo de seleção que durou 2 anos. O repositório conhecido como ATC - *Almacén temporal centralizado de España* tem um custo estimado de 700 milhões de euros e criará cerca de 300 empregos diretos na região. O projeto é composto de prédio para vitrificação de combustível irradiado, e um centro de tecnologia de suporte do sítio. A necessidade do repositório se justifica com o enchimento das piscinas de guarda de elementos combustíveis usados. O ATC terá capacidade para 6700 mt (toneladas métricas) de combustível irradiado e 2600 m<sup>3</sup> de resíduos de média intensidade e outros 12 m<sup>3</sup> de resíduos de alta.

Em agosto de 2011 o regulador nuclear do país (Consejo de Seguridad Nuclear-CSN) aprovou unanimemente a extensão de vida das 2 unidades nucleares de Ascó (até 2021).

Em outubro de 2012 o governo instituiu 2 novas taxas para energia nuclear, uma para o resíduo nuclear resultante da geração de energia (2190 euros por quilo de resíduo metálico produzido) e outra para o armazenamento de referido rejeito.

O Ministro da Indústria Espanhol, Miguel Sebastián, solicitou uma revisão dos sistemas de segurança de todas as centrais deste país, para aplicar as lições trazidas pelo acontecimento

japonês. Foi pedido também um estudo sísmico complementar, assim como um estudo sobre o risco de inundação.



O CSN informou em 2011 que todas as 8 usinas nucleares foram aprovadas no Stress-test proposto pela União Europeia e que as margens de segurança delas permitem que resistam a acidentes além de suas bases de projeto. Com isso a presidente do FORO NUCLEAR, María Teresa Dominguez, declarou que a energia nuclear precisa continuar como parte do mix energético espanhol.

O novo governo eleito em novembro de 2011 já declarou que a matriz elétrica espanhola será um mix que garanta a diminuição de emissões de CO<sub>2</sub>.

Central de Almaraz-Trillo

## Finlândia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Finlândia	4	2.780	1	1.720	22,066	32,59

A Finlândia tem 5,42 milhões de habitantes e possui quatro usinas em operação que, juntas, correspondem à produção de 22,066 TWh de energia elétrica ou 32,59% da total produzida em 2012 no país e uma usina em construção (Olkiluoto 3 – EPR 1600 MW). Devido ao excelente desempenho das 4 usinas em operação, nos últimos anos a disponibilidade nuclear alcançou a média de 94,65%.

Em julho de 2010 o parlamento finlandês aprovou o 6º reator do país. Em junho de 2011 foi ampliada a potência da usina Olkiluoto 2.

Em outubro de 2011 a empresa Fennovoima anunciou que escolheu o sítio Pyhäjoki no nordeste do país para o seu reator, o sexto do país. A construção deve se iniciar em 2015.

Existe ainda um pequeno reator de pesquisas localizado em Otaniemi, Espoo, modelo TRIGA Mark II construído para a Universidade de Tecnologia de Helsinque em 1962.

A decisão de construção do quinto reator foi baseada em aspectos ambientais (menores impactos ao meio ambiente), político-diplomáticos em atendimento aos compromissos internacionais decorrentes do Protocolo de Kyoto e estratégicos (diminuição da dependência de outras fontes energéticas externas, principalmente da Rússia, e a estabilidade a longo prazo do

custo da energia nuclear). A opinião pública altamente favorável foi outro aspecto importante na decisão tomada.

#### Usina Nuclear Olkiluoto 3 - Cortesia AREVA



A usina Olkiluoto 3 (1.600 MW, EPR) está com previsão de ser sincronizada em agosto de 2016. Esta será a primeira usina com reator no modelo EPR, produzido pela francesa AREVA.

O projeto está com um atraso de quase 7 anos em relação ao cronograma original (2009) e o custo chega a 8,5 bilhões de Euros.

Problemas diversos (de construção, de licenciamento, de subcontratação, etc.), decorrentes do fato de ser o primeiro de uma

série de novos reatores (first of a kind), da inexistência de mão de obra qualificada e experiente em quantidade suficiente tanto na Finlândia como nos países envolvidos no projeto estariam na raiz dos atrasos ocorridos até aqui. A previsão de perdas da Areva até o término deste projeto chega a 2,7 bilhões de euros.

Das três empresas que submeteram os estudos de impacto ambiental às autoridades do país a escolhida foi a Teollisuuden Voima Oy para mais uma unidade no sítio de Olkiluoto. (unidade 4 de Olkiluoto - sem cronograma ou definição de tecnologia, mas com os estudos geológicos em andamento). Foram previstos custos entre 4 e 6 bilhões de euros.

A Fortum (51% pertence ao governo da Finlândia) tem previsão para mais um reator no sítio da Central de Loviisa aguarda ainda possíveis autorizações.



Central de Loviisa - PWR 488 MW cada  
(foto Fortum)

O governo finlandês decidiu taxar os lucros das empresas que operam usinas nucleares e hidrelétricas para manter a competitividade das operações no Mercado de carbono.

Em 7 de dezembro de 2011 a empresa TVO (Teollisuuden Voima Oyj) informou que começou as atividades para a construção do quarto reator no sítio de Olkiluoto. De acordo com a decisão, em princípio ratificada pelo Parlamento finlandês, em julho de 2010, a seleção de tecnologia e a licença de construção são aguardadas até 2015.

Em junho de 2011 foi ampliada a potência da usina Olkiluoto 2 e também a Fennovoima convidou a Areva e a Toshiba para apresentarem proposta de construção do novo reator nuclear na Finlândia. Este é o primeiro anúncio mundial de construção de novo reator após o acidente de Fukushima. Os trabalhos de preparação do sítio em Pyhajoki, na península de Hanhikivi, nordeste da Finlândia podem começar no final de 2012 e a construção em 2015. A AREVA apresentou sua proposta em fevereiro de 2012, mas ainda não há decisão..



**Simulação do sítio de Olkiluoto com 4 usinas (AREVA)**

As usinas passaram pelo stress teste da EU e o resultado mostrou que nenhuma maior modificação será necessária nas centrais de Olkiluoto e Loviisa em decorrência da experiência de Fukushima.

### **Resíduos Nucleares**

A Finlândia foi o primeiro país a aprovar no seu parlamento, em 2001, um projeto de depósito subterrâneo profundo definitivo para resíduos radioativos nucleares provenientes de suas usinas atômicas. Na Finlândia os rejeitos de baixa e média atividade são depositados em repositórios subterrâneos, construídos, nos sítios de Olkiluoto (desde 1992) e Loviisa (aprovado em 1992). Desde 1997 de acordo com o Radiation Act, mantém depósito central intermediário localizado nas dependências da instalação para depósito final de Olkiluoto, cuja ampliação já foi aprovada pelo parlamento finlandês.

Para as novas centrais os repositórios estão em discussão com a empresa Posiva, responsável por essa atividade, levando em conta a melhor gestão de todos os novos resíduos conforme determinou o governo, garantindo que as melhores soluções econômicas e de segurança deverão ser compartilhadas entre as centrais. Como a Posiva pertence à Teollisuuden Voima Oy (TVO) e à Fortum, ela está desenvolvendo um repositório para estas companhias. A Fennovoima (que pretende construir o 6º reator) não possui ainda um reator e também nenhum projeto para repositório de combustível irradiado e deverá negociar com as demais empresas espaço nos repositórios previstos.

### **França**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
França	58	65.880	1	1.720	404,900	74,79

O país possui 58 usinas nucleares em operação (em 19 sítios diferentes) e 11 desligadas (por término de vida útil) que produziram 404,9 TWh líquidos, o que representa 74,79% do total de energia elétrica gerada no país em 2012. A operadora de toda esta frota nuclear é a EdF.

Com 64 milhões de habitantes, tem mais de 1 GW de capacidade instalada nuclear por milhão de habitantes ou quase uma usina por milhão de habitantes.

Dentre as usinas existentes na França, 34 são da classe 900MW-PWR para as quais o regulador (ASN) declarou satisfatória a operação por até 40 anos de vida (as usinas francesas tem previsão de operação por 30 anos), mas que cada uma delas deverá passar por revisão para ter esse direito. Tricastin-1 (915-MW, PWR) foi o primeiro reator revisado e autorizado para mais 10 anos.



Mapa das instalações nucleares francesas. Fonte: WNA

O país é o maior exportador mundial de eletricidade e o lucro líquido da EDF como geradora ultrapassou os 3 bilhões de euros em 2011.

As emissões de gases CO<sub>2</sub> na geração de energia elétrica na França estão entre 70 e 80 gramas por KWh enquanto que no resto da Europa esse valor chega a 350g de CO<sub>2</sub> p/ kWh.

A França produz a energia mais barata de toda a Europa, cerca da metade do valor da energia alemã. São 220.000 empregos diretos na área nuclear, ou 6,1% dos empregos industriais do país espalhados por todo o território francês. O país é ainda o líder mundial em reciclagem de resíduos nucleares (25000 toneladas recicladas).

A França tem ainda outros 22 reatores de pesquisa e cerca de 50.200 fontes radioativas para uso médico, além de outras 30.600 para uso industrial.

A AREVA, fornecedora francesa de bens e serviços nucleares, está construindo junto com a EDF o reator Flamanville-3, tipo EPR de 1720 MW, localizado ao norte da França, na região de

Manche. Os demais fornecedores de equipamentos e serviços também foram definidos e contratados e o início da construção foi no final de 2007.

De acordo com o RTE – o operador do sistema francês, já em 2013 a França poderá ter problemas de suprimento nos momentos de pico da carga se as usinas não tiverem a vida útil prolongada, uma vez que o parque gerador do país está envelhecido. Até 2022, 22 reatores franceses atingirão o término de vida útil e o país tem poucas opções para geração de eletricidade que não sejam a ampliação de vida destas usinas. A entrada do novo reator em Flamanville-3 tipo EPR de 1600 MW é tida como indispensável para atender ao aumento de demanda nos próximos anos, sem considerar reposição de velhos reatores.



Flamanville - 3 (foto cortesia Edf)

As manutenções para manter o parque em ordem requerem planejamento e compras antecipadas. Por exemplo, para as trocas previstas dos geradores de vapor das centrais francesas já foram comprados 44 unidades ao custo de 2 bilhões de dólares (32 à Areva e 12 à Westinghouse). As entregas se prolongarão até 2018.

Em novembro de 2012, o Primeiro Ministro francês Jean-Marc Aryault assinou a licença que confirma a segurança da instalação do reator ITER - International Termonuclear Experimental Reactor. É o primeiro reator de fusão cujas características de segurança são avaliados por um órgão regulador. Os trabalhos do reator ITER em construção na região de Cadarache no Sudeste Frances, tiveram seus custos inflados passando de 6 bilhões para 15 bilhões de euros nos últimos 3 anos. A crise financeira internacional também afetou o projeto que está agora previsto para 2019. Este é um projeto desenvolvido por vários países incluindo USA, Europa, Rússia, China, Japão e Coréia do Sul que produziria energia de fonte nuclear sem produzir radiação.

O governo francês declarou, em junho de 2008, que fará mais um reator EPR 1600, provavelmente no sítio de Penly (Seine-Maritime) no nordeste do país, onde já existem 2 reatores em operação. Deste mesmo modelo de reator EPR, de fabricação AREVA já existem outras 4 unidades em construção (Olkiluotto 3 na Finlândia, Flamanville 3 na França e Taishan-1 e -2 na China).

As usinas nucleares na França não operam na base como no resto do mundo, devido a sua característica de grande supridoras sendo obrigadas a acompanhar carga o que dificulta a manutenção de alto desempenho. Além disso, houve problemas com greves de empregados e dificuldades nas paradas de reabastecimento, o que gerou prejuízos de mais de 1 bilhão de euros para a Edf.

O governo do presidente socialista Francois Hollande, o novo governo francês eleito em 2012, quer implementar uma redução parcial na geração nuclear que prevê cortar a participação nuclear de 75% para 50% até 2025 e repor a capacidade cortada por energia renovável. De acordo com um estudo do RTE – o operador do sistema francês o país, a França necessitará investir 15 bilhões de Euros (19.2 bilhões de dólares ) para reforço da rede de linhas de transmissão até 2020 e o custo poderá atingir 50 bilhões de Euros até 2030 se o país mantiver a política proposta de redução da energia nuclear.

Foi autorizada em julho de 2011 a ampliação de vida por mais dez anos para a usina FESSENHEIM-1 que já opera desde 1978. Este é o mais antigo reator Frances em operação. Em abril de 2013 o mesmo foi feito para a FESSENHEIM- 2.

A França tem como meta descomissionar até 2016 a usina Chooz A (310MW, PWR), cuja energia foi fornecida entre 1967 e 1995 para a Bélgica e para o próprio país. O desmonte, limpeza e demolição dos edifícios nucleares ocorreu antes de 2008. Hoje são 12 reatores experimentais e de potência sendo descomissionados. O processo vem sendo desenvolvido e estudado pela EdF- CIDEN e deverá ser aplicado a todo o parque nuclear Frances quando do termino da vida útil das usinas.

O governo francês anunciou um plano de investimento de € 1 bilhão em pesquisa em energia nuclear e no desenvolvimento e implantação de um reator de quarta geração que será produzido pela francesa Areva e pela japonesa Mitsubishi e considera não ter outra alternativa à energia nuclear e que "não faz sentido" abandoná-la.

Os testes realizados após o acidente de Fukushima demonstraram um bom nível de segurança para as centrais francesas conforme relatório entregue ao órgão regulador. As margens de segurança para eventos extremos como terremotos, enchentes, e perdas simultâneas de refrigeração e energia foram verificadas sem apresentarem maiores preocupações, mas mesmo assim a operadora EdF apresentou um plano suplementar de melhorias. Em fevereiro de 2013 o governo francês promulgou uma nova portaria (texto normativo completo) que rege as principais instalações nucleares que considera as lições do acidente de Fukushima para as atividades nucleares.

A AREVA emitiu uma declaração dizendo que pretende implantar "uma série de iniciativas" destinadas a reduzir os custos operacionais com até 1 bilhão de euros anuais até 2015. A empresa (Mr Oursel) está convencida de que as perspectivas para o desenvolvimento nuclear continuam a ser fortes nos próximos anos, mesmo se a expansão da base instalada mundial de reatores nucleares for adiada em comparação com as previsões antes de Fukushima-Daiichi. A energia nuclear continua sendo uma vantagem estratégica do seu país.

### **Resíduos Nucleares**

O país reprocessa todo o seu combustível usado e utiliza parte do combustível resultante em outros reatores, além de também ter dois repositórios subterrâneos e laboratórios de pesquisa que estudam formas ainda mais efetivas de armazenar rejeitos.

Dentre outros sítios, Auxon e Pars-lès-Chavanges no estado de Aube estão atualmente em estudos para a instalação de repositório de resíduos de baixa atividade nuclear que poderão estar em atividade em 2019 (substituindo os que já deverão estar saturados). Estes sítios fazem parte das 40 comunidades que se ofereceram para sediar os repositórios.

## Holanda

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Holanda	1	482	0	0	3,71	4,4

A Holanda possui apenas uma usina nuclear em operação (Borssele PWR 482 MW) que, em 2012, produziu 3,71 TWh, aproximadamente 4,4 % da energia do país. Esta usina teve sua vida útil ampliada em mais 20 anos em 2006, e deverá continuar a operar até 2033. O país possui também um reator de pesquisas na localidade de Petten, o High-Flux Reactor –HFR que produz 60% dos radionuclídeos médicos necessários na Europa (30% da demanda mundial).

O país importa mais de 20% de sua eletricidade (na maior parte da Alemanha). A energia consumida per capita é 6.500 kWh/ ano.

Em junho de 2009 a Delta submeteu aos órgãos governamentais a solicitação para a construção da nova central de até 2.500MW. O governo holandês informou que estava iniciando o processo de licenciamento da sua segunda usina nuclear no mesmo sítio de Borssele. Não foi definido o projeto nem o fornecedor, mas a unidade deverá ter entre 1000 e 1600 MW e com provável entrada em operação em 2020, ainda em tempo para atingir as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa. O combustível previsto é MOX e o custo estimado do projeto é de 5 a 7 bilhões de dólares conforme informou a empresa Energy Resources Holding (holding do projeto) em setembro de 2010. A empresa holandesa Delta (proprietária de 50% da central existente) e a EDF assinaram, em novembro de 2010, acordo de colaboração para a eventual construção de uma nova central na Holanda no sítio de Zeeland Coast.

A única usina holandesa passou pelo teste de stress da UE. Em Junho de 2011 foi autorizado o uso do combustível MOX e o governo da Holanda garantiu que continuaria com seu programa nuclear para construção da nova Central.

Em janeiro de 2012, devido à crise financeira na Europa e também à incertezas no mercado de carbono a central foi postergada.

A empresa ERH - Energy Resources Holding, pertencente à alemã RWE, proprietária da outra metade de Borssele, também solicitou autorização para a construção de outra central na Holanda.



Existe ainda um acordo entre a Holanda e a França que prevê a reciclagem de parte do combustível irradiado holandês na França. Após o reprocessamento o material é retornado à Holanda (COVRA Storage Facility próxima a Borssele) seguindo estritos padrões de segurança ditados pela AIEA.

Central de Borssele - Holanda (Imagem: EPZ)

Em Janeiro de 2012 o governo holandês informou que um novo reator de pesquisas (denominado Pallas) será construído na região de Petten para repor o reator existente (High-Flux

Reactor -HFR) que opera desde 1961 e está atingindo o término de sua vida economicamente útil. Prevê-se a entrada em operação do novo reator em 2022.

## Hungria

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Hungria	4	2000	0	0	14,763	45,90

A Hungria tem 4 usinas nucleares (Paks 1 a 4 – VVER-PWR 500 MW) cuja operação comercial começou ente 1982 e 1987 e que geraram 14,763 TWh, ou seja cerca de 45,90% da geração elétrica do país em 2012. Esta é a energia elétrica mais barata gerada no país e, segundo fontes governamentais, o índice de aprovação à energia nuclear pela população é de 73%.

Em 2004 as usinas receberam a autorização para operar por mais 20 anos (a licença original era para 30 anos) e os trabalhos preparatórios para a ampliação de vida estão em andamento de acordo com as autorizações do Parlamento. Os resultados dos testes na central húngara foram satisfatórios segundo o órgão regulador governamental não requerendo nenhuma provisão adicional quanto à sua segurança.

Em dezembro de 2012 o reator 1 de Paks (VVER 500MW) teve sua vida útil ampliada em mais 20 anos, podendo operar agora até dezembro de 2032 (50 anos úteis).

### Central Nuclear Paks – Hungria



Em 2009 o parlamento do país autorizou o governo a começar o projeto para ampliar a capacidade nuclear no sítio existente, através da construção de mais uma ou duas unidades nucleares no mesmo local da Central Paks. Os estudos para a definição do tipo e tamanho do reator ainda estão em andamento. O custo está estimado em 10 bilhões de dólares.

Em junho de 2011 a empresa estatal MVM anunciou que pretendia expandir a capacidade de geração da sua Central Paks e aumentar sua influência nos mercados de energia da sua vizinhança nos Bálcãs (Croácia, Servia e Bósnia e na Romênia). Pal Kovacs - Ministro do Desenvolvimento do húngaro declarou que em todos os cenários de planejamento energético estudados pelo país o suprimento nuclear é indispensável. O plano energético 2030- 2050 recomenda a extensão de vida em outros 20 anos, além da primeira extensão, das 4 unidades da sua única central (Paks), cujas vidas úteis se encerrariam entre 2032 e 2037.

Em junho de 2011 a empresa estatal MVM anunciou que pretendia expandir a capacidade de geração da sua Central Paks e aumentar sua influência nos mercados de energia da sua vizinhança nos Bálcãs (Croácia, Servia e Bósnia e na Romênia). Pal Kovacs - Ministro do Desenvolvimento do húngaro declarou que em todos os cenários de planejamento energético estudados pelo país o suprimento nuclear é indispensável. O plano energético 2030- 2050 recomenda a extensão de vida em outros 20 anos, além da primeira extensão, das 4 unidades da sua única central (Paks), cujas vidas úteis se encerrariam entre 2032 e 2037.

Em 16/12/2011 o Primeiro Ministro Viktor Orban disse que a meta é ter a participação nuclear na matriz elétrica em 60% em comparação com os atuais 40%. O governo checo planeja dobrar esta participação nos próximos 50 anos.

A Hungria planeja abrir concorrência para mais dois reatores no sítio de Paks entre 2013 e 2014, conforme informou o Ministro Pal Kovacs. As datas de início de operação previstas são 2022 e 2025 para os reatores 5 e 6 respectivamente. O ministro disse ainda que os projetos considerados são o EPR Areva, o ATMEA da Areva-Mitsubishi, o VVER 1200 da Atomstroyexport, o APR 1400 da Coreia do Sul e o AP1000 da Westinghouse.

## Inglaterra e Irlanda do Norte (UK)

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Inglaterra	16	9930	0	0	63,96	18,10

O Reino Unido tem 16 usinas em operação (9930 MW de capacidade instalada) e 29 fechadas por término de vida útil ou obsolescência. É o parque mais antigo, com usinas já fechadas que começaram a operar na década de 1950 e 1960. Em 2012 o país produziu 63,96 TWh de energia de fonte nuclear (18,1% do total).

O Reino Unido tem 75% da sua energia elétrica produzida por óleo e carvão e como forma de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa lançou, em julho de 2009, seu Plano de Transição para uma Economia de Baixo Carbono. O Plano concentra ações em transformar o setor de energia, expandindo o uso de fontes renováveis, além de aumentar a eficiência energética dos prédios, casas e do setor de transportes do país.

Fonte: WNA

Com isso o país deverá alcançar as metas domésticas de corte de 34% nas emissões de gases do efeito estufa até 2020, quando 40% da eletricidade consumida no Reino Unido deverão vir de fontes de baixo carbono, com as tecnologias de energia renovável, nuclear e captura e sequestro de carbono.

A construção de uma nova frota de usinas nucleares faz parte da política de redução de emissões de carbono vigente no país e elas devem começar a operar até 2017, substituindo as usinas nucleares antigas (a última a entrar em operação data de 1989) e as já fechadas. A empresa Horizon Nuclear Power responsável pelas solicitações de licença para os sítios de Wylfa Península e de Oldbury, e que era uma joint venture formada pelas alemãs E.ON UK e

RWE Nuclear Power Plans foi vendida em outubro de 2012 (devido aos problemas políticos internos na Alemanha) e o novo proprietário é a Hitachi. Para o sítio de Hinkley Point,

Reatores de potência planejados e propostos					
Proponente	Sítio	Localidade	Tipo	Capacidade (MWe brutos)	Início de operação
EDF Energy	Hinkley Point C-1	Somerset	EPR	1670	2018
	Hinkley Point C-2		EPR	1670	2019
EDF Energy	Sizewell C-1	Suffolk	EPR	1670	2020
	Sizewell C-2		EPR	1670	2022
Horizon	Oldbury B	Gloucestershire	ABWR x 2 or 3	2760-4140	by 2025
Horizon	Wylfa B	Wales	ABWR x 2 or 3	2760-4140	by 2025
NuGeneration (Iberdrola + GDF Suez)	Moorside	Cumbria	AP1000? x3	Up to 3600	2023
Total planejado ou proposto			até aprox. 18.600 MWe		

onde já existem 2 usinas antigas, a EDF está iniciando a implantação de um EPR 1600 (Hinkley Point C), na região de West Somerset e fez as encomendas dos componentes pesados para esta central à AREVA. As 3 principais licenças já foram solicitadas aos reguladores e já receberam sinal positivo, conforme informou a EDF. Em 26 de novembro de 2012, o órgão regulador nuclear britânico liberou a licença para o sítio de Hinkley Point e em dezembro de 2012 os



reguladores ingleses aprovaram o projeto EPR. A decisão final de investimento deste projeto foi tomada em outubro de 2013. Além da EDF, integram o consórcio a China General Nuclear Corporation (CGN) e a China National Nuclear Corporation (CNNC), terão uma fatia combinada de 30% a 40% no negócio consórcio; e o grupo nuclear estatal francês Areva, com 10%. Estes 2 EPRs representam o maior investimento em projeto de infraestrutura na Inglaterra desde o anos 1950.

**Hinkley Point C (Provável aspecto da usina – WNA)**

A expectativa é o fornecimento de energia corresponda a 6% do total na Inglaterra (suficiente para atender 5 milhões de residências).

Um grupo formado pela espanhola Iberdola (37,5%), a britânica Scottish & Southern (25%) e a francesa GDF Suez (37,5%), formou um consórcio- NuGeneration Ltd (NuGen), que comprou em 2009 um terreno em Sellafield (Oeste da Inglaterra) como possível local para novos reatores. Neste caso o projeto consiste na construção de uma central nuclear com potência instalada de 3600 MW, que ajudará no objetivo alterar o perfil de geração de energia no Reino Unido, fortemente baseada em carvão.

O reuso do plutônio derivado das instalações nucleares civis é condição fundamental no plano de descarbonização do país que precisa gerenciar 112 toneladas do material em estoque (próprio e de clientes externos da usina de reprocessamento em Sellafield). Apesar do reuso através da produção de combustível MOX não ser ainda comercialmente tão bem sucedido na Grã Bretanha quanto na França (AREVA), o material produzido poderia alimentar 2 reatores por até 60 anos. 5/07/2011 - Segundo o Ministro de Energia e Mudanças Climáticas britânico, Charles Hendry, “O governo da Grã Bretanha permanece absolutamente comprometido com novas usinas nucleares, sem as quais a nação ficaria no escuro e menos próspera”. “Nós precisamos manter a confiança pública baseada em fatos e evidências científicas e na existência de um órgão regulador independente”. Ele acredita que a energia nuclear hoje é vital para o setor energético britânico e assim permanecerá por muitos anos. O país deverá construir não uma usina, mas uma frota de novas nucleares, estando garantido isso aos investidores.

Todo o processo faz parte da política de baixo carbono do país, incorporando quaisquer aprendizados advindos do acidente de Fukushima. Em 22 de julho de 2011 o Parlamento britânico aprovou a política energética nacional e listou os oito (8) sítios para as novas centrais nucleares, introduzindo ainda um planejamento para acelerar estas construções.

Em 17/10/2011 o Secretário de Energia declarou que os riscos da energia nuclear são

conhecidos e muito menores que a aceleração nas mudanças climáticas. O suporte dado pela população da Inglaterra é alto com a maioria concordando com a construção de novas centrais principalmente para prevenir as mudanças climáticas.

Em outubro de 2012 foi liberada uma pesquisa na qual 63% dos residentes aprovam a manutenção e/ou construção de novas centrais nucleares. Este suporte era de 61% em 2010.

A EDF assinou acordos Franco-Britânicos para facilitar os expressivos investimentos em infraestrutura e em toda cadeia de suprimentos que serão realizados na Inglaterra com os projetos de Hinkley Point. Tais acordos (500 milhões de libras) compreendem serviços de preparação de sítio (100 milhões de libras), fornecimento de equipamentos e formação de pessoal especializado. Eles representam a criação de 1500 empregos.

Uma recente pesquisa entre os moradores constatou que o acidente nuclear de Fukushima-Daiichi não teve praticamente nenhum impacto sobre as atitudes públicas para a energia nuclear no Reino Unido.

Em junho de 2013 o governo do Reino Unido anunciou um esforço para incentivar o investimento em energia nuclear oferecendo 10 bilhões de libras (GBP) (15.200 milhões dólares ou 11,6 milhões de euros) de garantias a investidores para a nova usina nuclear de Hinkley Point.

### **Resíduo nuclear**

O país reprocessa o seu resíduo nuclear em suas usinas de reprocessamento em Sellafield. Atualmente o volume acumulado de Plutônio na Inglaterra chega a 82 toneladas e é crescente. Existem conversações entre o governo britânico e a GE-Hitachi para a utilização da tecnologia do reator Fast Breeder Prism para a redução destes montantes de Plutônio utilizando-o como combustível MOx a partir de 2025.

### **Itália**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Itália	0	0	0	0	0	0

Na Itália em 2010, 64,8% da energia elétrica foi proveniente de combustível fóssil; 22,2% de renováveis e 13% foi importada.

A Itália não possui usinas nucleares em operação. Suas 4 usinas - Caorso; Enrico Fermi (Trino Vercellese); Garigliano e Latina- foram fechadas até julho de 1990 (2 por decisão da população e 2 por término de vida útil). A Itália é o único país do G8 – grupo dos países mais ricos do mundo mais a Rússia – que não opera usinas nucleares. Mesmo assim, cerca de 10% da energia elétrica consumida no país são de origem nuclear, importados principalmente da França, onde 75% da energia são gerados por centrais nucleares.

Enrico Fermi (Trino Vercellese) está em descomissionamento.

Em 2008 o país decidiu retomar seu programa nuclear paralisado na década de 1980, libertando-se da dependência do petróleo através de um rápido desenvolvimento da energia nuclear. Segundo o Ministro da Economia e Desenvolvimento, Claudio Scajola, o custo da paralisação do



programa nuclear italiano para a economia do país foi de 50 bilhões de dólares e que todo o arcabouço legal para a retomada da fonte nuclear estava sendo adotado no novo plano nacional de energia.

Em 9 de julho de 2009 o Senado italiano aprovou um pacote legislativo que deu luz verde ao retorno do uso da energia nuclear no país e que em até 6 (seis) meses seriam selecionados sítios potenciais para a instalação de novas usinas. O modelo de reator a ser adotado deveria ser um que já fosse licenciado na Europa o que permitiria ganhar tempo de licenciamento, uma vez que o plano era construir de 8 a 10 reatores até 2030

atingindo 25 % da geração elétrica italiana. Atualmente o custo da energia elétrica na Itália (um mix de 60% em gás importado) é 30% mais alto que a média europeia e 60 % maior que o francês.

Em Junho de 2011, a maioria dos italianos, através de plebiscito, decidiu que não pretendem ter energia nuclear no país. Os votos negativos à nuclear foram 94% da população que votou (57% da população que podia votar) o que corresponde a 53,58 %. A forma como foi encaminhada a votação não foi específica contra a energia nuclear, mas uma desaprovação global ao governo de então (Silvio Berlusconi) e seus planos de ação. A Itália é um país sujeito a terremotos de grande magnitude e isso contribuiu muito para o medo da população, fortemente explorado pelos ambientalistas. Com isso o país continuará a gerar energia nuclear, através da empresa ENEL na Eslováquia e a comprar eletricidade nuclear da francesa EDF.

A Itália, através da sua empresa de energia ENEL que possui 66% da SE-SLOVENSKE ELEKTRARNE da Eslováquia, constrói, desde novembro de 2008, as usinas Mochovce 3 e 4 (VVER-440 MW cada) que devem estar em operação comercial em 2012 e 2013 respectivamente. O investimento previsto é de 2,77 bilhões de euros. Quando em operação, a produção destas usinas representará 22% do total de energia elétrica consumido na Eslováquia.

Outro negócio nuclear italiano foi a aquisição, através da mesma ENEL, de 12,5% das ações da usina francesa Flamanville-3 (pertencente à EDF) que se encontra em construção na Normandia. Estas ações visam não só o investimento, mas também a formação de pessoal especializado, visto que há mais de 20 anos a Itália fechou seu parque industrial nuclear.

Além disso, a AREVA e ANSALDO NUCLEARE haviam assinado acordo no qual a ANSALDO iria participar do processo de licenciamento e da construção do novo reator da AREVA (EPR) na Itália, mas com o cancelamento italiano de usinas nucleares o acordo ficou valendo para qualquer lugar do mundo conforme a Joint venture criada em 11/10/2011. A ANSALDO também pretende fabricar super módulos para os AP1000 da Westinghouse destinados ao mercado inglês.

## **Noruega**

A Noruega é o sexto maior produtor mundial de energia hídrica. Apesar da Noruega não ter um programa de geração nuclear, o comitê criado pelo governo norueguês para estudar energia

sustentável recomendou em seu relatório o reconhecimento da contribuição da energia nuclear para um futuro energético sustentável. O país também faz pesquisas nucleares em seus Centros de Tecnologia da Energia onde foi testado o combustível nuclear que será usado no submarino nuclear brasileiro (um ensaio científico sofisticado que exigiu alta qualificação da equipe envolvida e que teve a participação de um grupo de cientistas da Marinha Brasileira do Centro de Aramar).

## **Polônia**



O país tem 38 milhões de habitantes e a sua matriz elétrica é hoje calcada em carvão (94%).

Para reduzir suas emissões de CO<sub>2</sub> a Polônia já acena com a possibilidade de construir sua primeira central até 2024, tentando desta forma iniciar a alteração de sua matriz. O governo polonês designou a sua maior empresa de eletricidade (PGE - Polska Grupa Energetyczna SA) para conduzir os projetos das duas primeiras centrais nucleares do país que deverão ter 3000MW cada uma com dois ou três reatores em cada sítio. Espera-se que a primeira usina opere em 2024.

O sítio de Zarnowiec poderá ser aproveitado devido à infraestrutura que já é disponível.

**Sítio em Zarnowiec – Polônia (provável localização do reator em estudos)**

Em 1986 a Rússia estava construindo 4 reatores WWER, 440MW para a Polônia em Zarnowiec ao norte de Gdansk, mas o projeto foi abandonado em 1989, após um referendun popular, fortemente influenciado pelo acidente de Chernobyl. Os reatores que já estavam entregues foram vendidos para a Finlândia (Loviisa) e para a Hungria (Paks). O sítio existente hoje (foto) talvez seja usado pela futura central aproveitando a infraestrutura e os estudos já realizados.

Em abril de 2010 foi assinado um memorando de cooperação entre a Westinghouse e a polonesa Polska Grupa Energetyczna (PGE) para estudar a viabilidade de construção de um reator de terceira geração (Generation III+) na Polônia (AP1000).

A PGE decidiu em 9/12/11 não participar do projeto e construção de Central de Visaginas na Lituania e também não comprar energia da central russa Baltic em construção em Kaliningrado.

O Parlamento polonês aprovou em julho de 2011 a última lei necessária para o começo de construção da primeira Central Nuclear do país. A tecnologia escolhida deverá estar entre os fornecedores AREVA, GE Hitachi e Westinghouse.

O projeto final e as licenças são esperados para estar prontas em 2018, permitindo que a construção comece em 2019. A primeira unidade está prevista para entrar em operação em 2024, a segunda em 2029. Segundo o Primeiro Ministro, Tusk, o governo está convicto que a energia nuclear constitui uma boa alternativa as necessidades energéticas da Polônia, assim

como uma grande oportunidade de negócios, com a possibilidade de venda de energia para a Alemanha.

Em setembro de 2012 as empresas Tauron, Enea e a mineradora de cobre KGHM assinaram acordo com a PGE, a maior distribuidora no país, para participar do projeto de 6 GW de capacidade nuclear que a PGE pretende implementar até 2030 e em setembro de 2013 PGE disse que vai manter a equidade de 70% na PGE EJ, com 10% cada detido por ENEA, Tauron e KGHM, e todas as quatro partes rubricaram um acordo nesse sentido.

O governo polonês solicitou à PGE que lidere um consorcio para a construção de 2 usinas nucleares em sítios separados mas há duvidas quanto ao financiamento necessário. Nenhum contrato está assinado.

## **República Checa**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Rep. Checa	6	3760	0	0	28,602	35,30

A República Checa é rica em depósitos de carvão mineral e é a terceira maior exportadora de eletricidade da Europa. O país tem 6 usinas (Dukovany 1 a 4 e Temelin 1 e 2, todos VVER) em operadas pela empresa CEZ que produziram 28,602 TWh em 2012, o que representou 35,3% da energia elétrica do país. Foi aberta uma concorrência internacional para fornecer dois novos reatores no sítio de Temelin, onde por razões políticas somente dois dos quatro reatores



originalmente previstos foram construídos. Os fornecedores que apresentaram ofertas foram AREVA (francesa), Westinghouse (americanos/japonês) e Rosatom (russa).

O resultado final deveria ser anunciado em 2013, mas a AREVA foi desqualificada pela comissão julgadora da concorrência e decidiu recorrer da decisão.

### **Temelín nuclear power plant (foto ČEZ)**

Desta forma o processo de escolha do vencedor da concorrência será

atrasado por alguns meses. Os concorrentes disseram que até 70% do trabalho poderá ser feito pelas empresas checas locais e que isto poderia criar até 10.000 empregos no país. Foi solicitada também a extensão de vida útil dos 4 reatores da central Dukovany que já tem mais de 20 anos de operação de forma a que possam gerar até 2025 – 2028. Estão previstos grande quantidade de trabalho e muito investimento para permitir a ampliação de vida útil.

As atividades devem começar em 2015 e contemplarão também o aumento de potência em até 500 MW(e).O governo checo declarou que continuará com seus planos para construção de mais



reatores nucleares e que sua matriz para geração de energia elétrica será 50% desta fonte até 2040 (hoje corresponde a cerca de 1/3 do total), conforme demonstrado na sua política energética em 8 de novembro de 2012.

Os reatores da Central de Dukovany poderão ainda suprir aquecimento para a sua vizinhança, a cidade de Brno a 40 km de distância, segundo estudo de impacto ambiental submetido às autoridades locais pelo operador.

**Central Nuclear Dukovany – República Checa**  
(Imagem: Petr Adamek)

A população seria beneficiada pela redução de emissões e pela estabilização do custo do aquecimento. Por solicitação do governo esta central passou, em junho de 2011, por inspeção de segurança da AIEA (Operational Safety Review Team - OSART) no qual se concluiu que a central é segura, mas que precisa algumas melhorias em suas práticas de segurança as quais foram recomendadas pelo relatório da inspeção.

## Romênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Romênia	2	1414	2	1440	10,563	19,4

A Romênia tem 2 usinas nucleares (Cernavoda 1 e 2- PHWR 650 MW) em operação comercial com 19,4% da geração elétrica suprida por reatores nucleares em 2012. As duas usinas são operadas pela SNN - Societatea Nationala Nuclearelectrica. As unidades 3 e 4 (720 MWe Candu, cada uma) enfrentam problemas de financiamento e têm início da operação comercial previsto para 2016.

Um acordo entre seis companhias investidoras - ENEL (9.15%), CEZ (9.15%), GDF Suez (9.15%), RWE Power (9.15%), Iberdrola (6.2%), and ArcelorMittal Galati (6.2%) - e a SNN-Societatea Nationala Nuclearelectrica (51%) da Romênia foi assinado em 20 de novembro de 2008 para a conclusão dos reatores de Cernavoda-3 e -4 (PHWR Candu -750 MW cada), no mesmo sítio das usinas 1 e 2 em operação. Em 2011 as empresas européias Iberdrola (6.2%), RWE Power (9.15%), GDF Suez (9.15%), CEZ (9.15%), desistiram de participar do projeto devidos às incertezas econômicas e de mercado e a SNN- Societatea Nationala Nuclearelectrica passou a deter 84,65% do investimento.

A empresa SNN disse que a China através da China Nuclear Power Engineering Co.-CNPEC estaria interessada no projeto das duas novas Cernavoda, e também a Coreia do Sul. A concorrência internacional aberta em novembro de 2011 aparentemente não recebeu ofertas.

Em outubro de 2012 o governo romeno solicitou que as empresas que desistiram de participar do projeto reconsiderassem sua decisão e retomassem as discussões. Devido a dificuldades de financiamento o governo romeno não forneceu os fundos prometidos e a SNN não foi capaz de arcar com os custos do projeto. O grande problema enfrentado pelo país é a falta de recursos para terminar suas construções.



**Central Nuclear de Cernavoda – Romênia – As unidades 1 e 2, à direita, estão em operação**

O país produz seu próprio combustível desde os anos 80 na Nuclear Fuel Plant (FCN) em Pitesti. Seus reatores são tipo CANDU e o projeto prevê resistência a grandes terremotos, estando localizado acima da área teoricamente atingida pela maior enchente do Rio Danúbio (num estudo de previsão para 10.000 anos), e também muito acima do nível do mar Negro, entre outros questionamentos quanto a sua segurança. Segundo as autoridades do país seria muito difícil algo similar a Fukushima acontecer.

## Rússia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Rússia	33	25242	11	9.285	165,594	17,80

A Rússia tem 33 usinas (24.429 MW) em operação (sendo 15 delas com reator RBMK ou LWGR– o mesmo modelo da usina ucraniana Chernobyl), 11 usinas em construção (1RBMK, 1



FBR e 9 VVER) com capacidade de 9.285 MW líquidos e 20 planejadas (21.400 MW líquidos), já com local escolhido e data de início de operação prevista. Existem ainda mais 24 unidades (24.180MW) previstas para futuro, porém com datas ainda incertas.

As usinas em operação produziram em 2012 mais de 165 TWh de energia ou 17,80% da energia do país.

**Central Nuclear Kursk composta de 5 reatores - tipo LWGR (1 em construção) foto: Atomenergoproekt**

As usinas russas são licenciadas para uma vida útil de 30 anos. Atualmente estão em andamento processos de extensão de vida para 12 usinas de reatores de primeira geração (Leningrad 1&2, Kursk 1&2, Kola 1&2, Bilibino 1-4, Novovoronezh 3&4) totalizando 5.7 GWe a serem revitalizados

por 15 a 25 anos, após investimentos para reformá-los. Três reatores RBMK receberam licença para operar por mais 15 anos (Leningrad 1, 2 and 3) após melhorias no projeto original. Em julho de 2012 o diretor geral da Rosatom – empresa estatal nuclear russa, declarou que o governo russo prevê a construção de novas capacidades nucleares de cerca de 30 GW até 2020, o que corresponderá a 25% ou 30% da energia do país nesta data. O consumo per capita do país é quase 3 vezes maior que o brasileiro, para uma população de cerca de 142 milhões de habitantes.



**Volgodonsky NPP (tipo PWR) na Rússia**  
**Foto: Energoatom**

O foco na geração nuclear pela política energética russa visa permitir a exportação de seu gás natural para a Europa – mais lucrativa do que seu uso para a geração doméstica de eletricidade – e a substituição de seu parque gerador, já no fim de sua vida útil. Os RBMK devem terminar sua vida útil até 2024.



**Sala de controle de um dos reatores da Central de Leningrad - (RBMK ou LGWR)**

A Rússia vem firmando uma série de acordos comerciais e de cooperação com diversos países para construção de novos reatores, desenvolvimento e exploração de combustíveis nucleares e pesquisa em geral na área nuclear.

Estas atividades formaram uma grande rede de influência mundo afora, que segundo seus dirigentes permitirá ao país ser fornecedor de 30% dos novos negócios na área nuclear, podendo chegar a 38% do mercado de reatores e serviços nucleares em 2030.

A crise econômico-financeira do final de 2008 atingiu fortemente a economia russa com a produção industrial caindo mais de 7% e, conseqüentemente, diminuindo o consumo de energia.

Apesar disso, seus dirigentes afirmam que os planos nucleares serão apenas “alongados” no tempo, permitindo que as novas usinas sejam conectadas mais tarde, em 2020.

A reposição de reatores antigos por outros novos continua como parte dos planos de redução de emissões de carbono em 25 % até 2020.

A Rosatom, estatal nuclear russa, iniciou em fevereiro de 2012 a construção da central Baltic Nuclear Power Plant em Kaliningrad (2x VVER 1200MW), com dois reatores, na fronteira com a Lituânia (apenas 10 Km de distância) que é vista como concorrente a central de Visaginas que iria repor a energia de Ignalina (reator RBMK lituano fechado em 2009). Em novembro de 2011 o órgão regulador russo – Rossetekhnadzor forneceu a licença para a central.

Outra novidade russa é a usina nuclear flutuante que a população de Pevek, localidade russa situada na região ártica de Chukotka aprovou, após descartar que esta ameace o entorno da

região. A proposta foi aceita em debate popular convocado pelas autoridades do município de Chaunski, onde fica Pevek, com a participação de funcionários, deputados e ativistas, segundo informou a agência oficial "RIA Novosti". As autoridades locais tinham organizado uma exposição na biblioteca municipal sobre o projeto para informar aos habitantes da região sobre o impacto ecológico da central

**Baltic plant could look on completion (Image: Rosatom)**



As unidades estão previstas para operar em 2016 e 2018 respectivamente. O projeto também inclui a linha de transmissão que distribuirá a energia pelos vizinhos (BRELL - Belarus Rússia Estônia Letônia e Lituânia). A Empresa Rosatom disse que está construindo ou tem contrato para construção de 28 reatores no mundo e que nos próximos 20 anos planeja comprar equipamentos e serviços no valor de mais de 300 bilhões de dólares (238 bilhões de Euros).



Com relação aos eventos de Fukushima, o país fará os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco. Um programa de inspeções está em andamento nas centrais russas com relação aos possíveis riscos quando o operador se depara com falta de água e energia de emergência para os sistemas de refrigeração.

**Novovoronezh na Rússia 3 unidades em operação, 2 em construção, 2 planejadas e 2 fechadas**

Em sequência em meados de junho de 2011 foi anunciado um programa de melhorias de segurança no valor de 15 bilhões de rublos (530 milhões de dólares) destinado a energia e água de emergência composto de 66 novos motores Diesel e 35 estações de bombeamento móveis e outras 80 bombas fixas, além da instrumentação e controle destes equipamentos.

Desde o evento de Fukushima, a Rússia manteve a construção da usina de Leningrado 2 (segunda fase), Continua também construindo mais 2 usinas na China e 2 na Índia e já assinou contratos para construção de mais 12 usinas (4 na Turquia, 2 na Belarus, 2 em Bangladesh, 2 no Vietnã e mais 2 na Índia), que deverão ser iniciadas de 2013 a 2015).

## Resíduos Nucleares

A Rússia reprocessa o combustível nuclear irradiado, tendo uma central de reprocessamento em Mayak nos Montes Urais.

Na área de descomissionamento a Rússia (Rosatom e Tvel) terminou o primeiro descomissionamento de uma instalação civil e a experiência adquirida será usada no futuro na indústria nuclear. O trabalho foi realizado em uma fábrica de pellets de urânio enriquecido que foi retornada ao estado sem atividade nuclear (greenfield status). O custo do projeto foi equivalente a 21 milhões de dólares e devido à complexidade do trabalho (desmonte de equipamento, demolição de estruturas, remoção de solo contaminado, etc.) levou quase 4 anos.

## Suécia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Suécia	10	9.281	0	0	61,473	38,11

A Suécia possui 10 reatores nucleares em operação que produziram 61,473 TWh de energia em 2012, o que representou um aumento de 5,9% em relação a 2011. Existem 3 reatores fechados, sendo 1 por término de vida útil (Agesta) e 2 (Barsebäck) por decisão política. O aumento de capacidade dos reatores existentes no país atingiu cerca de 1150 MW e conseguiu praticamente equivaler à capacidade dos 2 reatores Barsebäck-1 (BWR-600MW) e 2 (BWR-615 MW), fechados prematuramente em 2004 e 2005.

Com uma população de cerca de 9 milhões de habitantes tem 1 reator nuclear por milhão de residentes.

### Central Nuclear de Oskarshamn 3 unidades (2.308MW) Suécia



A produção de energia elétrica na Suécia é dominada por duas formas de geração- a hidrelétrica com cerca de 50% da capacidade e a nuclear com 45%. A expansão destas produções era limitada por legislações que protegiam os rios e proibiam a construção de novos reatores.

Em junho de 2010, a legislação que baniu a construção de novos reatores foi oficialmente abolida pelas autoridades do país e desde janeiro de 2011 novos reatores poderão ser construídos para substituir os mais antigos quando do término de vida útil ou para aumentar a capacidade de geração e garantir a segurança energética do país.

Em 2013 a empresa sueca Vattenfall informou que está procurando áreas de terra ao lado da Central Ringhals para aquisição objetivando a construção de um novo reator (o número 4), que pela lei vigente no país só pode ser instalado ao lado dos reatores existentes e em substituição aos antigos. Até 2025 pelo menos 4 reatores atingirão o término da vida útil e serão fechados ocasionando a perda de mais de 22 TWh de energia firme no país.

O governo Sueco, através de seu Primeiro Ministro, declarou que manterá a decisão de repor os reatores nucleares ao final de sua vida útil por novas nucleares.

<b>Reatores Nucleares na Suécia</b>					
<b>Reator</b>	<b>Operador</b>	<b>Tipo</b>	<b>MWe liq.</b>	<b>operação Comercial</b>	<b>fechamento (aprox.)</b>
<b>Oskarshamn 1</b>	<b>OKG</b>	<b>BWR</b>	<b>473</b>	<b>1972</b>	<b>2022?</b>
<b>Oskarshamn 2</b>	<b>OKG</b>	<b>BWR</b>	<b>638</b>	<b>1974</b>	<b>2034</b>
<b>Oskarshamn 3</b>	<b>OKG</b>	<b>BWR</b>	<b>1400</b>	<b>1985</b>	<b>2035</b>
<b>Ringhals 1</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>BWR</b>	<b>859</b>	<b>1976</b>	<b>2026</b>
<b>Ringhals 2</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>PWR</b>	<b>866</b>	<b>1975</b>	<b>2025</b>
<b>Ringhals 3</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>PWR</b>	<b>1045</b>	<b>1981</b>	<b>2041</b>
<b>Ringhals 4</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>PWR</b>	<b>950</b>	<b>1983</b>	<b>2043</b>
<b>Forsmark 1</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>BWR</b>	<b>987</b>	<b>1980</b>	<b>2040</b>
<b>Forsmark 2</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>BWR</b>	<b>1000</b>	<b>1981</b>	<b>2041</b>
<b>Forsmark 3</b>	<b>Vattenfall</b>	<b>BWR</b>	<b>1170</b>	<b>1985</b>	<b>2045</b>
<b>Total (10)</b>			<b>9388</b>		

## Resíduos Nucleares

Östhammar – Suécia - Local selecionado para construção de depósito definitivo de rejeitos nucleares

Com um parque gerador nuclear em que todos os reatores têm entre vinte e trinta e oito anos de operação a segurança de operação e os processos de guarda de resíduos são uma preocupação constante. A Companhia de Gerenciamento de Combustível e Rejeitos - SKB, uma empresa independente de propriedade dos operadores de usinas nucleares da Suécia, escolheu, em junho de 2009, um sítio (Östhammar) localizado próximo à Central Forsmark para sediar o depósito final de combustível irradiado do país.



Anualmente mais de 10.000 pessoas visitam a área de cavernas de teste do laboratório Aspo Hard Roch, um modelo onde o combustível usado de centrais nucleares poderá ser armazenado. A população é incentivada a conhecer as soluções propostas como política de esclarecimento geral. A aceitação da população quanto ao depósito é de mais de 80% e havia competição com outras comunidades interessadas em hospedar a instalação.

A operação do depósito final pode ser possível em 2023 se for cumprido o cronograma proposto. Segundo a porta voz da empresa de Combustível Nuclear e Gestão de Resíduos (SKB), Inger

Nordholm, a política que levou a esta posição foi a de completa transparência com as comunidades, informando o que se queria fazer, o porquê e o como se encontraria um lugar para isto.

## Suíça

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Suíça	5	3.352	0	0	24,445	35.9

A Suíça possui 5 reatores nucleares em operação (3.352 MW de capacidade instalada distribuída em reatores tipo PWR e BWR) que produziram 24,445 TWh de energia em 2012, o que representa 35,9% da energia elétrica produzida no país. Com 7,6 milhões de habitantes, isso representa cerca de um reator para cada milhão e meio de habitantes.

Essas usinas foram projetadas para operar por 50 anos, e atualmente têm licença para operar por tempo que varia de 2019 a 2034 quando do término de vida útil dos reatores. A Suíça procura há tempos um local adequado para construir um depósito final dos rejeitos atômicos. Por enquanto, ele é transportado para depósitos intermediários em Sellafield (Inglaterra) e La Hague (França), mas deverá retornar ao país quando houver esta definição. A previsão da entrada em operação dos depósitos para rejeitos é até 2024.

Os cinco reatores suíços produzem anualmente cerca de 75 toneladas de combustível irradiado que ao final da vida útil totalizarão de 3.000 a 4.300 toneladas (cerca de 7.300m<sup>3</sup>), dependendo das condições operacionais de cada planta.

A empresa responsável pelo gerenciamento dos resíduos

nucleares em geral calcula também que os de baixa e média atividade e os provenientes das áreas médicas farão um total de 93.000 m<sup>3</sup>. Os custos gerados pelo descomissionamento das usinas, pela guarda e transporte, repositório intermediário e depósito geológico profundo destes materiais, além da necessária pesquisa e desenvolvimento, já é pago pelos consumidores nas suas contas de energia. Os produtores de resíduos médicos pagam uma taxa ao governo que é o responsável por todo este serviço.

No tange ao evento de Fukushima o país fez os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco. As conclusões dos testes são de que as centrais têm altos níveis de segurança.

As autoridades federais suíças analisavam três pedidos de construção de novas usinas nucleares quando ocorreu o acidente e como consequência estes processos foram suspensos.

Reatores Suíços de Potencia em Operação					
Reatores	Operador	Tipo	MWe liq.	início operação	fechamento (aprox.)
Beznau 1	NOK	PWR	365	1969	2019
Beznau 2	NOK	PWR	365	1971	2021
Gösgen	KKG/Alpiq	PWR	985	1979	2029
Mühleberg	BKW	BWR	372	1971	2022
Leibstadt	NOK/Alpiq	BWR	1165	1984	2034

As leis propostas de abandono da energia nuclear não são rígidas e incluem avaliação periódica da situação energética do país e do desenvolvimento tecnológico mundial de forma a permitir mudanças políticas quanto à energia.

## Ucrânia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Ucrânia	15	13.880	2	2.000	84,885	46,2



A Ucrânia tem 15 reatores em operação com capacidade instalada de 13.880 MW (13 VVER 1000MW e 2 VVER 400 MW) e 4 unidades fechadas (a central de Chernobyl – 3 RBMK 925 MW e 1 RBMK 725 MW). A central nuclear de Zaporozhe, no leste da Ucrânia, é a maior da Europa com 6 reatores tipo VVER de 950 MW cada um.

Em 2012 as usinas nucleares ucranianas produziram 84,885 TWh que representaram 46,2% da energia elétrica do país. Com cerca de 45 milhões de habitantes (censo 2010) e as dimensões do Estado de Minas Gerais, no Brasil, o país

### **Central de Khmelnytski**

tem um reator para cada 3 milhões de habitantes e consome quase o dobro da energia per capita dos brasileiros. As fontes principais de energia da Ucrânia são o carvão, o gás e o urânio, mas o gás não é explorado e junto com o petróleo são importados da Rússia, que também fornece o combustível nuclear. Essa dependência energética tem criado problemas políticos para o país que gostaria de encontrar substitutos para os fornecimentos energéticos.

Em 2004 a Ucrânia completou, comissionou e colocou em operação comercial a unidade 2 da central Khmelnytski (1000MW – VVER), e também a unidade 4 (1000MW – VVER) da central Rovno foi comissionada e entrou em operação. A empresa russa Atomstroyexport irá terminar a construção das unidades 3 e 4 da central Khmelnytski (1000MW – VVER, cada), conforme aprovado em outubro de 2008. A construção havia sido suspensa em 1990. A usina 3 está com 75% dos trabalhos concluídos e a usina 4 com 28%.

Conforme dados da World Nuclear Association – WNA existem 22 reatores planejados na Ucrânia, sendo que 9 se destinam a reposição dos antigos que sairão de operação até 2035 e treze são novos para atender as necessidades futuras de consumo do país.

Em Outubro de 2012 a Agência Internacional de Energia liberou uma revisão da política de energia da Ucrânia onde informam que o país irá necessitar entre 3 e 5 GW novos de capacidade de geração nuclear e que existe uma lista de possíveis sítios para estas construções. A decisão sobre novas centrais é esperada entre 2015 e 2018 com investimentos atingindo de 12 a 15 bilhões de dólares. O relatório considera a energia nuclear como um pilar principal da estratégia energética do país até 2030.

O país fez os mesmos testes de stress que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco.

## Resíduos Nucleares

A Ucrânia não reprocessa seus resíduos e eles são mantidos nas próprias usinas. Os 4 reatores Chernobyl estão sendo descomissionados. A unidade 4 que foi destruída em 1986 por acidente nuclear, com explosão e liberação de radiatividade, está encapsulada em um sarcófago e uma nova estrutura de proteção está sendo construída sobre ele.

Após a queda da União Soviética a Ucrânia negociou a repatriação das ogivas nucleares que estavam no país e a sua transformação em combustível nuclear, livrando-se também do risco de qualquer acidente com armas atômicas e podendo, então, assinar o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP.

## Outros países europeus

### Países Bálticos (Lituânia, Estônia, Bielorrússia e Latvia)

Por serem muito pequenos para assumir os custos da construção de uma usina nuclear os países bálticos querem se consorciar para a construção de uma usina. Em conjunto também podem se beneficiar de linhas de crédito a que têm direito junto ao Nordic Investment Bank. O projeto poderia incluir a Polônia, mas esta desistiu de participar no final de 2011.

## Bielorrússia



A Bielorrússia assinou em março de 2009, acordo com a Rússia, através da sua Atomstroyexport, para a construção da primeira usina nuclear do país. Foi feita uma concorrência internacional para o fornecimento de tecnologia e construção e em 11/10/2011 foi assinado com a russa AtomStroyExport (ASE) o **contrato** de construção para a duas usinas na Bielorrússia. Será um projeto "Turn Key" que tem o custo estimado em cerca de 9 bilhões de dólares e a primeira usina poderá ser comissionada em 2018.

*Simulação das duas unidades AES-2006 (Image: AtomEnergoProekt)*

O sítio de Ostrovetsk, na região de Grodno foi selecionado para a Central ( 2 x VVER -1200 MWe AES-2006). Em julho de 2012, a Bielorrússia assinou o contrato de construção com a Atomstroyexport da Rússia para 2(dois) reatores assim como o suprimento de combustível, o armazenamento do combustível usado, o treinamento e outros serviços.

O projeto da central na Bielorrússia passará pelos mesmos testes que os aplicados as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco.

Os reatores serão manufaturados pela AEM-Technologies de São Petersburgo, uma subsidiária da Atommas de engenharia de fabricação de grandes componentes (vasos de pressão,

geradores de vapor, partes internas de reatores, etc.) situada em Volgodonsk. Todas fazem parte da grande holding nuclear russa Rosatom.

## **Lituânia**

Em dezembro de 2009 foi fechado o último reator (RBMK) da Lituânia que estava em operação no país conforme o termo de adesão do país à União Europeia. A Lituânia vinha tentando manter em funcionamento até 2012 a usina nuclear Ignalia 2 (1.300-MW RBMK) em operação, mas não conseguiu reverter o parecer das autoridades europeias.

Será construído um repositório intermediário no próprio sítio da usina (contrato AREVA a ser pago pela União Europeia) para guardar os rejeitos de média e baixa atividade resultantes do descomissionamento da usina. Em março de 2010 foi assinado um acordo com a Suécia para construção de uma linha de transmissão para fornecer eletricidade ao país, enquanto não são disponíveis outras nucleares.

Como consequência do fechamento do reator o preço da energia elétrica no país subiu 31% em 2010. Já existe a proposta para um reator (Visaginas) na Lituânia, em consórcio com a Estônia e a Letônia, que os governos classificam como de implantação imediata para garantir segurança energética e aliviar a dependência do gás importado da Rússia, além de ajudar no cumprimento de metas europeias de redução de emissões de gases do efeito estufa. A Lituânia decidiu em 14 de julho de 2011 que o fornecedor para o novo reator Visaginas será a Hitachi-GE com o reator tipo ABWR 1.340 MW que deverá estar em operação em 2020. Em 23 de dezembro de 2011 foi assinado o contrato de fornecimento de serviços como o custo estimado em até 5 bilhões de euros. É prevista a decisão sobre a participação da Letônia e Estônia no projeto em meados de 2013. A Lituânia teria 38% da energia. A Polônia informou que não participará.

Outra solução para a falta de energia desta região é a proposta russa de construção de 2 VVER com capacidade de 1200 MW cada em Kaliningrad que é vizinha (10 Km) à Lituânia e à Polônia, cuja construção se iniciou em 2011 com operação prevista para 2016 e 2018. O projeto foi apresentado aos investidores como negócio com clientes garantidos.

Em outubro de 2012 os lituanos votaram contra a construção de uma nova usina no mesmo sítio onde anteriormente existia a central nuclear de Ignalina. Ainda pode haver, daqui a 2 anos, um segundo referendo. Uma decisão final sobre o investimento deverá ser tomada até 2015, que segundo a empresa Hitachi, permitiria a nova usina operar em 2022.

## C - África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos



Construção de Barakah 1 nos Emirados Árabes - UEA (Foto cortesia da ENEC)

O continente africano tem enormes reservas fósseis e fontes hidráulicas que podem ser usadas para gerar energia, contudo a eletrificação e o consumo são em níveis muito baixos em especial nas áreas rurais uma vez que os países são incapazes de utilizar suas reservas devido às secas extremas, ao alto preço do petróleo, aos conflitos e à falta generalizada de recursos.

Os sistemas de transmissão de energia existentes são precários para dar o necessário suporte para a distribuição interna nos países além de apresentarem altas perdas. Existe a necessidade urgente de oferecer à população do continente eletricidade de qualidade e com confiabilidade.

Energia Nuclear está em consideração por mais de 20 países africanos que não a possuem. No Oriente Médio e norte da África estão nesta condição os países do Golfo Pérsico incluindo a União dos Emirados Árabes, Arábia Saudita, Qatar e Kuwait, Yemen, Israel, Síria, Jordânia, Egito, Turquia, Tunísia, Líbia, Algeria, Marrocos, Sudão. No Oeste e Sul do continente: Nigéria, Gana, Senegal, Quênia, Uganda e Namíbia.

### África do Sul

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
África do Sul	2	1800	0	0	12,397	5,10

A África do Sul possui dois reatores em operação (Koeberg 1 e 2 - PWR 900 MW cada), que em 2012 produziram 12,397 TWH, cerca de 5,10% da energia elétrica do país.

A África do Sul tem um projeto próprio de reator, mas por problemas de financiamento a empresa responsável, PBMR (Pty) Ltd está em fase de extinção, com a retirada do apoio do governo, que já havia investido, nos 11 anos de sua existência, cerca de 1,23 bilhões de dólares na empresa que oficialmente pertence à Eskon (Industrial Development Corp) e a Westinghouse . A Ex Ministro de Energia - Dipuo Peters reiterou, em 2012, o compromisso do governo com a energia

nuclear e com fontes renováveis, para a redução dos gases de efeito estufa e diversificação da matriz elétrica.



**Central Nuclear Koeberg (Photo by: Ruvan Boshoff)**

Segundo ela, o acidente japonês trará lições que serão aproveitadas nos projetos que estão previstos para operar em 2023 já que nesta indústria as experiências são trocadas entre os países, beneficiando a todos.

O país pretende construir 9.600 MW de nova capacidade nuclear nas próximas 2 décadas como parte do plano de dobrar o suprimento energético da África do Sul, de 25.000 MW para 50.000 MW, a um custo total estimado de 89 bilhões de euros. Neste plano estão também energias eólicas, carvão

e solar. Neste contexto foi assinado, em outubro de 2013, um memorando de entendimento entre a empresa sul-africana SEBATA (empresa de engenharia, suprimento e gestão de construção) e a Westinghouse para a preparação para a construção potencial de usinas nucleares AP1000 no país.

## Arábia Saudita

Em 2008 o país assinou acordo de cooperação com os Estados Unidos para desenvolvimento de programa civil de geração nuclear. Em fevereiro de 2011, acordo similar foi assinado com os franceses e outro com a Coreia do Sul, República Checa, Reino Unido e Rússia. Em janeiro de 2012 a Arábia Saudita adicionou a China à sua lista de países com os quais ela assinou acordos de cooperação.

Em junho de 2011, a Arábia Saudita confirmou seus planos de construir 16 reatores nucleares de potência nas próximas duas décadas a um custo estimado de 80 bilhões de dólares.

Estes reatores serão usados em geração de energia e dessalinização de água e os 2 primeiros deverão começar a operar a partir de 2022, seguindo-se todos os demais até 2030. O governo espera que a energia nuclear chegue a 20% do consumo interno nos próximos 20 anos. A concorrência internacional para os 4 primeiros reatores deve ser lançada em 2013 e mais 4 em 2014.

## Egito

O Egito não dispõe de grande quantidade de combustíveis e a previsão é que as reservas de óleo e gás durem apenas mais 3 décadas. Por estas e outras razões o Egito deve assinar contrato com uma das 6 consultoras estrangeiras que submeteram ofertas na concorrência para desenvolver as atividades que ajudarão o país nos trabalhos preparatórios para a primeira central egípcia.

Espera-se que até 2012 já se tenha definido o tipo e o fornecedor do futuro reator, uma vez que o país pretende construir 4 usinas nucleares até 2025, com a primeira entrando em operação em

2019. O sítio definido é El-Dabaa na costa do Mediterrâneo. As atividades licitadas incluem o treinamento das equipes, em especial em atividades de segurança nuclear e monitoramento de usinas, sistemas de qualidade e de regulação que possibilitem ao país nivelar-se aos padrões internacionais antes da construção das usinas propriamente ditas. Além destas atividades existem acordos de cooperação com a Rússia para futuros trabalhos em prospecção e minério de urânio, treinamento de mão de obra especializada em questões regulatórias, construção e operação nuclear.

O Egito tem 2 reatores de pesquisa usados em pesquisa de nêutrons e radiografia e física de nêutrons e produção de radioisótopos.

## **Gana**

Gana tem 24 milhões de habitantes e a totalidade de sua energia vem da Central de Akosombo de 1020 MW (no rio Volta) que também atende os vizinhos do Oeste africano. A maior parte dessa energia (80%) vai para a companhia americana VALCO (Volta Aluminium Company)

A empresa russa Rosatom assinou um memorando de cooperação com Gana para criar a infraestrutura necessária para suportar o desenvolvimento de energia nuclear no país. Uma central nuclear pode suprir 10% da energia do país até 2020. Um grupo de trabalho foi constituído para este fim.

O país opera um reator de pesquisa de origem chinesa (GHARR-1) desde 1994

## **Israel**

O país não faz parte da AIEA e não é signatário dos acordos de não proliferação de armas nucleares (TNP), mas tem-se notícia de que desenvolve um completo programa neste campo podendo ter forte capacidade nuclear militar. Toda informação neste contexto de armas nucleares é de difícil avaliação sem o acesso a dados concretos de inteligência dos países o que não é o foco deste trabalho.

Uma usina nuclear para geração elétrica não teria espaço no país uma vez que o seu grid é pequeno (10.000 MW), mas mesmo assim, em março de 2010, o governo (ministro da Infraestrutura) anunciou que o país passará a desenvolver um programa civil e que a primeira usina deverá operar nos próximos 15 anos. O país se dedica ao setor de energias renováveis.

Israel possui o Centro de Pesquisas Nucleares de Negev a 13 km da cidade de Dimona (KAMAG) e o Soreq Nuclear Research Center (MAMAG) a cerca de 55 km de Tel Aviv, em cada um dos nos quais são operados os dois reatores de pesquisa do país.

## **Jordânia**

A Jordânia tem um programa civil de energia nuclear e após assinar memorandos de entendimento com fornecedores de reatores do Canadá (AECL), do Japão e da Coreia do Sul (empresa Kepco), para a seleção do sítio para a construção de sua central nuclear, escolheu, em 15/09/09, a Tractebel Engineering (GDF Suez Company) como parceira no desenvolvimento de tecnologia nuclear e estudos objetivando o uso desta energia na produção de água potável a partir da água do mar.

Por não ser produtora de petróleo ou gás (importa 97% dos seus combustíveis), e depender de fornecedores politicamente instáveis numa região sujeita a constantes conflitos, a Jordânia pretende ter 30% de sua energia fornecida por fonte nuclear até 2030.

Muito disto em decorrência da descoberta de depósitos de urânio em seu território (reservas estimadas em 65.000 toneladas) que o país pretende explorar apesar da forte objeção dos Estados Unidos. A política americana se recusa a permitir que a Jordânia mine e enriqueça o



próprio urânio, condicionando qualquer cooperação nesta área à compra de combustível nuclear no mercado internacional, com o objetivo de evitar, segundo eles, problemas de proliferação de armas e/ou outras intenções militares.

#### **Imagem do primeiro reator da Jordânia (KAERI)**

O país espera iniciar a construção da sua primeira central em 2014 para chegar a operação do primeiro reator em 2020 e do segundo em 2025. O fornecedor será a Rússia, vencedora da concorrência internacional com o modelo AES92 (VVER 1000).

Além disso, a Jordânia assinou contrato de mineração do seu urânio com a Areva com duração de 25 anos.

Um contrato para a construção de um reator de pesquisa de 5 MWt foi assinado com a Coreia do Sul em dezembro de 2009 que servirá tanto para produção de radioisótopo como também para treinamento do corpo funcional no país. Este reator tem sua conclusão prevista para 2016.

O acidente de Fukushima não trouxe modificações na política nuclear do país, que continua planejando 2 reatores de potência nos próximos 10 anos. Contudo em maio de 2012 a Câmara Baixa do Parlamento votou a favor de uma moção para a suspensão do programa nuclear no país, incluindo a exploração de urânio conforme havia sido recomendado pelo Comitê Parlamentar de Energia e Recursos Minerais. A JAEC - Jordan Atomic Energy Commission diz que isto representa apenas a cautela de todo o processo.

A central deverá se localizar em Majdal, a 40 km ao norte de Amman, com refrigeração a partir de uma estação de tratamento de esgoto.

## **Namíbia**

A Namíbia não possui usinas de geração elétrica nuclear, mas é o 1º produtor africano de urânio e o 4º maior produtor no mundo. De acordo com o governo, o país vai usar este potencial para desenvolver sua indústria nuclear e na geração de energia através de centrais nucleares destinadas a complementar o mix energético do país. A política para o urânio e para energia nuclear deverá contemplar todo o ciclo do combustível.

Em novembro de 2012 começou a construção da Swakop Uranium's Husab Project após a assinatura do contrato de engenharia, procura e construção (EPC). A Swakop Uranium é uma entidade cujo proprietário é a China Guangdong Nuclear Power Company Uranium Resources Company Limited e o fundo China-Africa Development Fund.

## **Nigéria**

A Nigéria não possui reatores de potência em operação, mas possui um reator de pesquisas operando desde 2004 no Centre for Energy Research and Training na Universidade Ahmadu Bello em Zaria.

Segundo a Comissão de Energia Atômica da Nigéria (NAEC) a Nigéria deverá construir uma central nuclear nos próximos três anos para a produção de eletricidade, e para isso será lançado no país um programa de recrutamento e qualificação de mão de obra especializada em nuclear. O país se comprometeu a seguir todas as normas de segurança estabelecidas por organismos internacionais de regulação.

Em agosto de 2011 a empresa russa Rosatom e o governo da Nigéria finalizaram uma proposta de cooperação intergovernamental em projeto, construção, operação e descomissionamento da 1ª usina nuclear do país que deverá ter 1.000 MW de potência e iniciar a operação em 2020. A central em questão irá acrescentar mais capacidade chegando a 4.000MW até 2030. A licença do sítio (que pode ser Kogi and Akwa Ibom) é esperada ainda para 2013 segundo informou o governo.

## **Quênia**

No início de 2011 o Kenya's National Economic and Social Council (NESC), entidade governamental destinada a acelerar o crescimento econômico do país, recomendou que se começasse um programa nuclear como forma de atender as crescentes necessidades de energia e que tomasse as providências para que uma usina estivesse disponível em 2020.

O Ministro de Energia do Quênia, Kiraitu Murungi, formou um comitê de 13 especialistas para preparar um plano detalhado, com cronograma e está procurando sítios ao longo de sua costa para a construção de uma usina nuclear, que deverá atender aos requisitos que a AIEA exige para esta atividade.

A empresa KenGen, maior produtora de eletricidade está procurando parceiros para uma Central nuclear de até 4.200 MW, tentando desta forma reduzir os problemas causados pelas secas que reduzem os reservatórios de água usados na geração hidrelétrica (65% da geração interna) .

O processo de gestão do projeto nuclear do país começou com o recrutamento de pessoal especializado inicialmente composto de um líder de equipe do projeto de viabilidade, auditor interno, contador financeiro, gestor de contratos, assistente jurídico e assistente de auditoria relacionada com planos de construir um projeto de energia nuclear.

O órgão regulador ERC estima que o pico de demanda de energia do país está em cerca de 1.200MW contra uma capacidade instalada de 1.500 MW e é projetada para o país uma necessidade mínima de 1.800MW até 2016.

Na região subsaariana da África, além da África do Sul, apenas o Quênia tem planos de construção de central nuclear como forma de atender suas necessidades energéticas a curto prazo (2015).

## Turquia

Atualmente a Turquia é 17ª economia do mundo e importa a maior parte da sua energia. Em 2011 produziu 228 TWh de energia elétrica (com capacidade instalada em 64% térmicos e 36% renováveis), para atender a uma população de 72 milhões de habitantes.

A introdução da energia nuclear na Turquia remonta ao início dos anos 70.

Neste contexto a Turquia abriu, em março de 2008, concorrência internacional para a construção de até 4.000 MW de capacidade Nuclear até 2015, com a possível reativação do projeto Akkuyu que havia sido suspenso em 2000. Em setembro de 2009 o embaixador turco na AIEA - Ahmet Ertay, informou que seriam construídos pela Rússia 5 reatores tipo VVER no sítio de Akkuyo, na costa mediterrânea, com capacidade de 5.000 MW e que estavam em estudos um segundo projeto com capacidade de até 5.000MW em um sítio separado ainda não licenciado no Mar Negro (Sinop).

No final de 2010 os acordos assinados entre a Turquia e a Rússia foram ratificados pelos respectivos parlamentos e definidos os critérios para a venda da energia nuclear gerada para a empresa turca TETAS, que comprará 70% do total produzido pelas duas primeiras usinas (1200 MW cada) em Akkuyo.

### Reatores planejados e Propostos na Turquia

Reator/Usina	Tipo	MWe	início construção	início operação
<b>Akkuyu 1</b>	VVER-1200	1200	Janeiro 2016	2021
<b>Akkuyu 2</b>	VVER-1200	1200		2021
<b>Akkuyu 3</b>	VVER-1200	1200		2022
<b>Akkuyu 4</b>	VVER-1200	1200		2023
<b>Sinop 1</b>	Atmea1	1150	2017	2023
<b>Sinop 2</b>	Atmea1	1150		2024
<b>Sinop 3</b>	Atmea1	1150		?
<b>Sinop 4</b>	Atmea1	1150		?

Fonte : WNA

De acordo com os termos do contrato de 2010, Atomenergoproekt JSC, uma subsidiária da Rosatom Corporation irá construir e operar totalmente quatro unidades PWR (VVER/491) de 1.200 MWe (capacidade total 4.800 MWe) em Günlar-Akkuyu (Buyukeceli, Mersin província), na costa mediterrânea do sudeste da Turquia.

Em 2012 o contrato de 20 bilhões de dólares para a primeira central nuclear turca, Akkuyu, foi assinado com a Rosatom e a Atomstroyexport. A primeira usina é prevista para 2019.

Em 2013 os responsáveis pelo projeto Sinop, localizado na costa do Mar Negro, cuja concorrência internacional se encontra em andamento informou que a empresa coreana Kepco havia sido desclassificada na concorrência que agora tem como principais participantes as

empresas MHI e Areva. O país escolheu em 2013 o consorcio franco – japonês Mitsubishi Heavy Industries-GDF Suez para o **Projeto SINOP**. O projeto Sinop preve 4 reatores e a construção deve ser iniciada em 2017 com a primeira unidade estando pronta em 2023. O projeto está orçado em 22 bilhões de dólares.

O acidente de Fukushima não trouxe mudanças na política nuclear do país, mas os cidadãos turcos levantam preocupações sobre as condições de segurança do projeto Akkuyu e as consequências ambientais. Os projetos nucleares no país se submeterão aos mesmos testes que as centrais das nações da EU na questão da segurança das usinas, mesmo não fazendo parte do Bloco.

## União dos Emirados Árabes

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
União dos Emirados Árabes	0	0	2	2.690	0	0

Em 2008, após um grande estudo, o governo resolveu que para atender ao crescimento do consumo de energia na região, o país precisa dobrar a capacidade de geração disponível e que a melhor fonte para atender esta necessidade seria a energia nuclear.

Acordos de cooperação foram assinados com vários países para suporte a um programa civil de energia nuclear que pretende ter em operação até 2020 três usinas nucleares de 1.500 MW cada uma.

A Coréia do Sul venceu a concorrência internacional para a construção da primeira central nuclear dos Emirados Árabes (4 reatores, APR-1400). Os demais concorrentes foram a AREVA e GE Hitachi. O contrato assinado em 27 de dezembro de 2010 pela Korea Electric Power Corporation (Kepco) e Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) chega a 40 bilhões de dólares e prevê a construção de 4 unidades nucleares até 2020, que suprirão 25% da eletricidade do país.



### **Sítio de Barakah – obras iniciadas em Julho 2012 para a unidade 1**

O sítio selecionado para esta primeira central é Barakah (também conhecido como Braka), próximo a Doha (capital do Qatar) e a 240 km de Abu

Dhabi e pode conter até 4 reatores. A construção começou da primeira usina em julho de 2012 e se prevê o início da operação comercial da primeira unidade para 2017. A empresa coreana Doosan Heavy Industries vai suprir os componentes pesados. A construção da unidade 2 de Barakah iniciou em maio de 2013.

Além disso, foram contratadas 6 empresas para o suprimento das diversas etapas do combustível nuclear para a futura usina pelos próximos 15 anos. Em agosto de 2012 foi assinado um acordo de cooperação com a Austrália que permite que empresas australianas produtoras de urânio exportem o material para os Emirados.

O país confirmou, através de seu embaixador permanente na AIEA Hamad Al Ka'abi, na 55ª Conferência Geral em Viena em setembro de 2011, mais uma vez seu compromisso com os mais altos padrões de segurança na implantação de seu programa civil de energia nuclear em cooperação com a agência. Os Emirados Árabes Unidos (EAU) emitiram uma lei que estabelece a responsabilidade pelo dano nuclear em 450 milhões de Direitos Especiais de Saque, o equivalente a cerca de 2,5 bilhões de dirhams (680 milhões de dólares, € 523.000.000).

Em 01 de março de 2013 a Emirates Nuclear Energy Corporation, ENEC, junto a Autoridade Federal dos Emirados Árabes Unidos para o Regulamento Nuclear, FANR e Korea Electric Power Corp em fizeram a solicitação de licença de construção para Barakah-3 e -4.

## D - Ásia



Localização aproximada das usinas nucleares na Ásia

A região da Ásia-Pacífico é fortemente dependente de fontes térmicas para geração de energia com cerca de 60% da energia de China, Japão, Coréia do Sul e Índia vindo destas fontes. A mudança do mix de geração é esperada para região com a energia nuclear ganhando maior destaque com o rápido crescimento apresentado na China é provável que o número de reatores na região dobre até 2020. Hoje são 7 os países detentores de energia nuclear e se espera que sejam 21 em 2020.

### Cazaquistão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Cazaquistão	0	0	0	0	0	0

O Cazaquistão não possui nenhuma usina nuclear em operação, mas já teve uma usina em Aktau no Mar Cáspio com um reator rápido (BN350) de fabricação e operação russa em atividade de 1972 até 1999.

Devido à sua grande capacidade de produção de urânio (é o maior produtor mundial de minério de urânio) Cazaquistão tem um grande peso na indústria nuclear. O país é capaz de converter urânio altamente enriquecido (HEU) em urânio de baixo enriquecimento (LEU) na sua fábrica Ulba (Ulba planta metalúrgica em Ust-Kamenogorsk), como fez em agosto de 2011, quando 33 kg de urânio altamente enriquecido foram convertidos em LEU, conforme relatado pela National Nuclear Security Administration dos EUA - NNSA), que está cooperando com o Cazaquistão para modificar o reator de pesquisa e torná-lo capaz de usar LEU combustível.

Em seu novo plano de energia 2030 o país pretende ter seu suprimento atendido em 4,5% por centrais nucleares aproveitando o fato de ser o maior produtor mundial de urânio.

Ministro da Indústria e Novas Tecnologias Isekeshev confirmou que, embora a construção de

uma usina nuclear ainda não esteja muito na agenda, o processo é visto como um objetivo a longo prazo e que nenhuma decisão foi tomada ainda sobre o tipo de reator, o local ou o momento do projeto.

Um projeto para a construção de pequenos reatores nucleares russos em Aktau está em consideração há vários anos, e estudos de viabilidade e estudos ambientais já foram realizados. Planos para usinas nucleares, incluindo reatores de água leve grandes para a região do sul, unidades menores em partes do oeste e unidades de cogeração menores em cidades regionais também já foram discutidos em várias ocasiões.

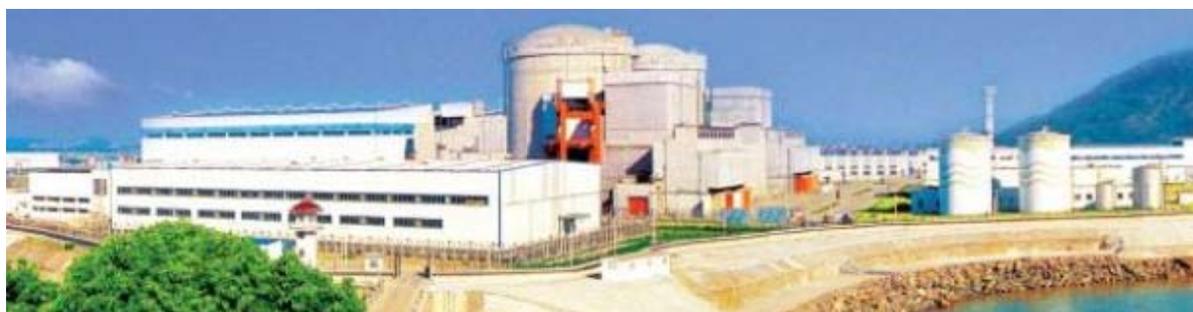
## China

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% total gerado em 2012
China	18	14.742	28	30.610	98,200	2,00

A China é hoje o maior consumidor de energia do mundo (4.940 TWh em 2012), de acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica. A demanda chinesa por bens e produtos é tão grande que tem enorme impacto no mercado global. O país tem pouca disponibilidade de petróleo e gás, mas é rico em carvão e o seu consumo leva a grande pressão ambiental quanto à emissão de gases. Além dos problemas com emissões de poluentes para o meio ambiente, o abastecimento de água é precário e as disparidades regionais levam a tensões internas.

Atualmente 83% da geração de eletricidade chinesa vêm da queima do carvão enquanto que no mundo este valor é de 36%. A intenção do governo é baixar esta dependência para 15% da geração de energia, sem, portanto, as emissões produzidas pelos combustíveis fósseis.

No que tange a energia nuclear o país tem, até maio de 2013, 18 usinas em operação (14.742 MW) e o governo chinês prevê a construção de 54 novas usinas nucleares nos próximos 30 anos. De acordo com IAEA existem 28 usinas em construção (com capacidade total de 30.610 MW) e 16 novos reatores encontram-se aprovados para início de construção. Todos os grandes fornecedores já fizeram suas ofertas ao governo chinês uma vez que este é o maior negócio mundial em geração nuclear da atualidade. Só para a AREVA a China irá pagar 12 bilhões de dólares por 2 EPR já contratados.



**Qinshan 4 Fase II em operação comercial desde 2012**

A opção chinesa pela energia nuclear está associada à grande demanda por energia e à estratégia do governo de diversificar ao máximo sua matriz energética para evitar colapsos no

fornecimento. O consumo per capita do país é cerca de metade do brasileiro, mas a população é quase 7 vezes maior.

Para atender essas necessidades a China em 2012 produziu 98,200 TWh de energia elétrica de fonte nuclear o que significa cerca de 2,00% da energia elétrica do país. O país pretende atingir 35 GW de capacidade instalada nuclear em 2015, 58 GW em 2020 e 70 GW em 2025. Com tal capacidade a China deverá chegar a 5% de geração por fonte nuclear em 2030.

A empresa chinesa CNNC- China National Nuclear Corporation realiza ampla cooperação internacional em energia nuclear, combustíveis nucleares e aplicações da tecnologia nuclear e, além disso, estabeleceu intercâmbio de ciência e tecnologia e relações econômicas e comerciais com mais de 40 países e regiões, incluindo a Rússia, França, Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Japão, Coreia do Sul, Paquistão, Mongólia, Cazaquistão, Jordânia, Níger, Argélia, Namíbia, Austrália e etc.

A Atomstroyexport confirmou que fechou acordo com a chinesa Jiangsu Nuclear Power Corporation (JNPC) para a construção dos reatores 3 e 4 na Central de Tianwan..

Em abril de 2009, em Zhejiang, iniciaram-se as obras do primeiro AP1000 no mundo, a usina Sanmen 1 (PWR 1000 MW) cujo vaso do reator foi instalado em setembro de 2011 (manufatura da coreana Doosan Heavy Industries & Construction). O projeto prevê vida útil de 60 anos para esta usina cuja operação comercial está prevista para dezembro de 2014. Esta Central quando completa terá 6 usinas AP1000, sendo que a segunda deverá entrar em operação em setembro de 2015.



AP1000



Haiyang 2 (AP-1000) – maio 2012  
(Foto CNECC)

Todo esse ambicioso processo está aquecendo enormemente a indústria nuclear chinesa com rápida diversificação das empresas em atendimento à intenção do governo de se tornar autossuficiente o mais rápido possível. O Instituto de Energia Nuclear Chinês (Nuclear Power Institute of China - NPIC) tem hoje 6.000 profissionais trabalhando e há muitos mais em outros institutos de pesquisa no país. Muitas empresas de suprimento mecânico estão mudando seu foco de negócios para atender as novas necessidades do país.

Neste contexto espera-se que a China consuma anualmente cerca de 25.000 toneladas métricas de urânio já em 2020, segundo o diretor de desenvolvimento da CNNC -China National Nuclear Corp, Cao Shudong.



Yangjiang NPP



NPP Taishan 1- EPR 1600 em construção

Outra proposta chinesa (da gigante Companhia COSCO de Navegação) é mover os navios de contêiner fazendo uso de reatores nucleares com redução de emissões mundiais em 4%.

### Resíduos Nucleares

A política de rejeitos nucleares da China contempla o reprocessamento do combustível irradiado e uma planta piloto, com capacidade para 50 toneladas métricas por ano, em Gansu Province, foi testada em 2006. O combustível irradiado da Central Daya Bay foi transportado para essa usina piloto em 2004, mas não se tem notícia de que esse material tenha sido reprocessado com a separação do plutônio nele contido. A empresa China National Nuclear Corp- CNNC planeja ter uma unidade de reprocessamento em operação comercial até 2025.

Em janeiro de 2011 a China anunciou ter desenvolvido uma tecnologia de reprocessamento de combustível nuclear que reaproveitará integralmente o urânio irradiado e o plutônio de suas usinas, tornando o país autossuficiente em combustível nuclear. Tecnologias de reprocessamento não costumam ser compartilhadas entre os países.

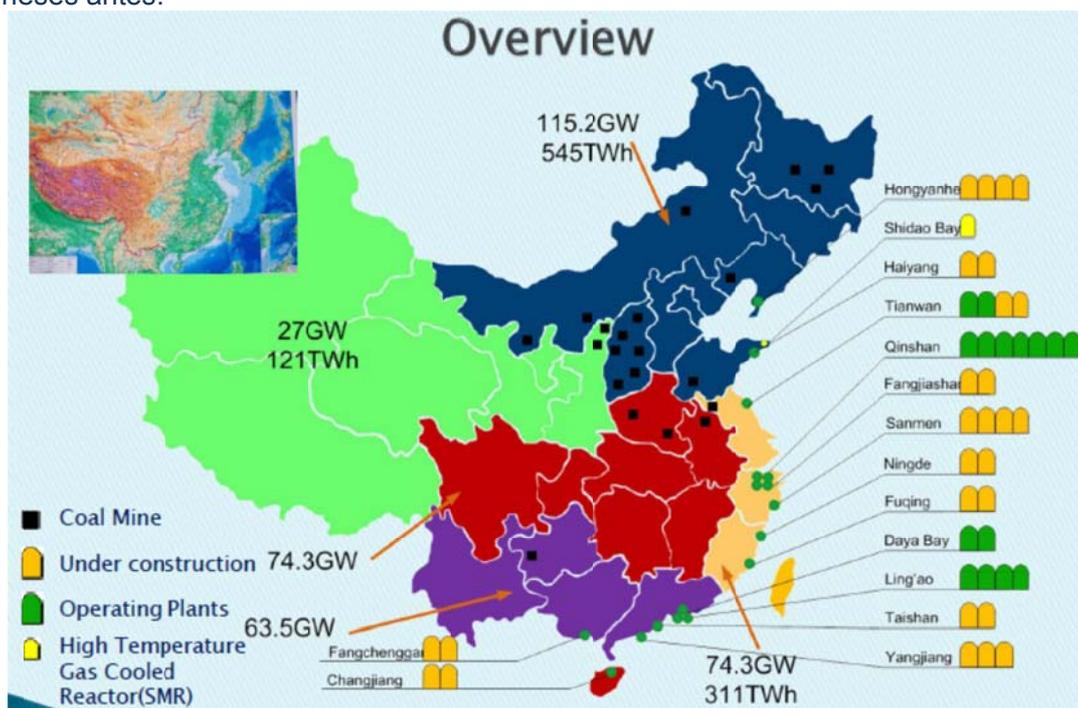
A usina Qinsham 3, que é tipo Candu (PHWR) e usa normalmente urânio natural, está usando, desde março de 2010, combustível reprocessado. Este teste indica que a China está começando a encontrar uso para seu estoque de urânio reprocessado (RepU) e que tem preocupação com o suprimento de urânio para suas usinas.



**Reator Experimental Chinês - CEFR**  
(foto : China Institute of Atomic Energy)

Neste contexto foi conectado à rede em julho de 2011 o reator experimental Chinês - CEFR, (20 MWe, fast-neutron reactor) Próximo à Pequim. Reatores FBR produzem muito menos radiação como subproduto. O reator foi construído pela China Institute of Atomic Energy com o auxílio do governo russo, durante uma década. Agora eles podem partir para um modelo comercial planejado para operar em 2017.

A China ordenou um amplo programa de inspeção de segurança em suas usinas após o acidente de Fukushima. A aprovação de novos reatores ficou condicionada aos resultados destes testes. Locais mais sujeitos a atividades geológicas graves estão sendo descartados como sítios para novas usinas, assim como áreas densamente povoadas, condições estas que não preocupavam os chineses antes.



**Localização das usinas nucleares chinesas**

Os testes realizados nas centrais em operação não encontraram problemas de segurança e estão agora sendo aplicados nas usinas em construção, que irão até outubro. Todo o sistema de segurança está sendo reavaliado, e só então novas licenças serão liberadas, informou o Ministro de Meio ambiente, Li Ganjie.

É provável que a ambição chinesa de exportar o modelo de reator CPR1000 de segunda geração tenha sido abandonada, visto que, mesmo sendo mais barato, enfrentaria problemas de mercado

por não atender as condições de segurança mais atuais. Alguns projetos poderão sofrer atrasos, mas a China continua comprometida com os 58 GW nucleares previstos para 2020 de acordo com Xu Yuming, Secretário Geral da Associação de Energia Nuclear da China (maio 2011).

## Coréia do Sul

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Coréia do Sul	23	20.700	5	6.320	143,549	30,04

A Coréia do Sul é a quarta maior economia da Ásia, mas não possui fontes energéticas em seu território, importando cerca de 97% de suas necessidades, inclusive todo o petróleo e urânio que utiliza. O país está fazendo esforços para, além de reduzir sua dependência de combustíveis fósseis, diversificar as fontes de geração de energia elétrica. Atualmente, o carvão é a maior fonte geradora do país, suprimindo 42% da eletricidade coreana. O consumo de eletricidade per capita é cerca de 3 vezes maior que o brasileiro.



Shin-Kori 1 e 2  
Foto: KHNP (Korea Hidro and Nuclear Power)

A Coréia do Sul tem 23 reatores em operação (20.700 MW de capacidade instalada). Em 2012 essas usinas nucleares produziram 143,548 TWh, o que representa cerca de 34,64% da energia consumida no país. São 5 as usinas em construção, com a previsão de chegar a 27 GW até 2015, sendo que cerca de 6.320 MW se encontram em construção e mais 3.000 MW têm seus contratos assinados para o início da construção. A mais recente usina a entrar em operação comercial foi Shin-Wolsong (PWR - 960 MW) em janeiro de 2012 cujo design é coreano (Improved Korean Standard Nuclear Plant - OPR 1000). Até 2024, segundo o governo coreano, deverão ser construídas mais 8 centrais além das atualmente em construção.

A política energética do país privilegia as iniciativas nucleares, levando em consideração a segurança e a confiabilidade de suprimento de energia, uma vez que a Coréia do Sul não dispõe de fontes energéticas em seu território. As atividades de pesquisa na Coréia são desenvolvidas com participação em trabalhos em diversos modelos de reatores avançados (modulares, ITER, rápidos, alta temperatura).

Atua também na produção própria de combustível nuclear, apesar de não possuir nem enriquecer urânio em seu território, e ainda em trabalhos de gerenciamento de resíduos nucleares com tecnologia desenvolvida no país.



**Usina Shin-Wolsong 1 e 2 ilustração AIEA**

O país tem ainda concorrido internacionalmente para venda de serviços e estudos nucleares e ganhou em dezembro de 2009, a concorrência para fornecimento de 4 reatores de 1400MW cada para os Emirados Árabes. Este é um negócio de 40 bilhões de dólares.

Após obter sua primeira encomenda de usina nuclear fora do país a percepção da energia nuclear para seus habitantes ficou ainda melhor conforme atestam as últimas pesquisas de opinião (88,4 % a favor do desenvolvimento da indústria nuclear).

O governo declarou que tem a intenção de atingir 20% do mercado de suprimento mundial de reatores até 2030. Foi também anunciado o plano de treinar 2.800 novos engenheiros nucleares de forma a garantir a autossuficiência tecnológica e o atendimento de mão de obra especializada para a indústria.

Ainda não existe decisão sobre o que fazer com o combustível irradiado do país e um reprocessamento é possível desde que negociado com os Estados Unidos que, conforme acordo de cooperação entre os países, precisa ser consultado sobre este assunto.

O desenvolvimento de uma nova tecnologia denominada “pyroprocessing”, que não gera plutônio no reprocessamento, está em estudos e poderá ser a solução para reutilização do combustível nuclear. A decisão deve ser tomada logo porque os depósitos de combustível usado estarão completos até 2016.

A Coreia do Sul tem sua demanda por eletricidade crescendo a 4% ao ano a uma década e tinha um plano de exportação de tecnologia que pretendia vender no mercado internacional 80 reatores até 2030. Inicialmente esse plano se mostrou satisfatório, com a venda de reatores para os Emirados Árabes. Apesar da queda na satisfação do público interno com a energia nuclear devido ao acidente de Fukushima, as previsões de novos reatores passou a 9 unidades contra as mais de 20 anteriormente previstas. O país pretende continuar com a sua expansão nuclear e mesmo plantas antigas como Kori 1 (de 1978) continuam a gerar energia.

Em julho de 2011 uma comissão internacional de especialistas nucleares da AIEA esteve na Coreia para verificar e assegurar as boas práticas desenvolvidas no país. Recomendações de melhorias foram feitas à luz do evento de Fukushima, sem ressalvas que comprometessem o bom funcionamento das usinas.

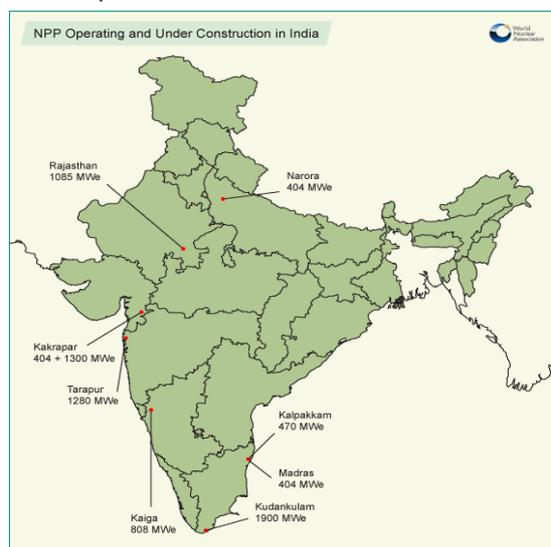
Em agosto de 2011 o vaso de pressão da usina 4 da central Shin-Kori foi instalado na sua posição definitiva. Este é o segundo APR-1400 (modelo coreano de reator da Kepco, fornecido pela Doosan Heavy Industries) em construção e suas atividades seguem o cronograma que prevê operação em setembro de 2014.

## Índia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Índia	20	4.391	7	4.824	29,664	3,60

A Índia enfrenta extraordinário desafio de conciliar uma enorme e crescente população, um rápido desenvolvimento da economia e uma infraestrutura ultrapassada. Uma das consequências foi a enorme falha do sistema elétrico do país entre julho e agosto de 2012 que deixou sem energia mais de 600 milhões de pessoas.

Na Índia cerca de 40% da população (450 milhões de pessoas) não tem qualquer acesso à eletricidade. O país atende a maioria de suas necessidades de eletricidade com carvão (68%), hidroelétricas (15%) e gás (8%), mas para fazer frente às gigantescas necessidades de energia de um país com mais de 1,15 bilhões de habitantes e cujo consumo é apenas 4% da energia per capita dos Estados Unidos ou 25% do consumo per capita do Brasil é preciso muito mais.



O mercado de fornecedores nucleares espera que até 2020 sejam encomendados 25 novos reatores (cerca de 20 GW). A Índia possui considerável quantidade de tório (290.000 toneladas), e tem 20 reatores nucleares em operação (4.391 MW) que produziram em 2012 cerca de 3,6% da energia do país que correspondeu a 29,664 TWh. Existem atualmente 7 usinas em construção (4.824 MW) e mais 10 PHWR de 700 MW e 10 LWR de 1.000 MW estão planejados oficialmente e devem iniciar a construção até 2013. A capacidade nuclear instalada do país deve atingir 10.080 MW em 2017 quando todas estas usinas em construção deverão estar prontas e planeja aumentar em 10 vezes sua capacidade nuclear nas próximas duas décadas atingindo em 2032 cerca de 60.000 MW.

As necessidades em infraestrutura, geração, transmissão e distribuição devem levar a um gasto de 150 bilhões de dólares de acordo com a consultoria KPMG.

A Índia desenvolve um programa próprio de geração nuclear com ênfase em reatores PHWR (18 unidades), a maioria com 220MW de capacidade. Contudo também possui 2 reatores BWR (150 MW cada).

A Índia não é signatária do TNP – Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, e por possuir um programa de armas nucleares, e por isso vinha enfrentando problemas de fornecimento de combustível nuclear para as suas usinas. Dentre os reatores em operação e em construção, somente 6 estão abertos a inspeções pela AIEA. Desde 2008 o fornecimento de material sensível à Índia está liberado. Com isso as empresas americanas estão autorizadas a fornecer material, equipamento e tecnologia nuclear ao país. O isolamento internacional devido à

não participação no TNP levou a Índia a desenvolver tecnologia própria e a formar internamente seus especialistas.

Hoje o país está apto a fornecer mão de obra para várias companhias pelo mundo e sua indústria está se expandindo e entrando em joint ventures para fornecimentos mundiais de componentes nucleares e serviços, além dos reatores de tecnologia própria.

Em setembro de 2009 o país anunciou suas intenções de se tornar um exportador de reatores de potência de tecnologia própria (Advanced Heavy Water Reactor -AHWR), que usaria urânio com baixo enriquecimento como combustível, vindo a concorrer com outros fornecedores. A Índia é um enorme mercado que não pode ser negligenciado e espera-se também que o país se torne grande comprador de tecnologia e combustível.

O consumo de urânio tende a ser grande uma vez que o país importa 70% das suas necessidades em energia, o que equivale a importar 90% da demanda nacional por combustível. Confirmando esta posição em agosto de 2010 a NPCIL - Nuclear Power Corporation of India Limited, assinou contratos para importar urânio das seguintes empresas: Areva (300MT de concentrado de urânio); Tvel Corporation da Rússia (58 MT de dióxido de urânio enriquecido (pellets) e 2.000 MT de oxido de urânio natural (pellets); e NAC Kazatomprom do Cazaquistão (2100 MT de mineral natural de urânio).

O governo também desenvolve um projeto de submarino de propulsão nuclear, de 7.000 toneladas, construído na Índia e baseado no modelo russo Akula I (deverão ser 5 unidades). A Rússia, que fornece 70% do equipamento bélico ao país, entregou o primeiro submarino à Índia em dezembro de 2011.

No sistema de gestão de resíduos o tratamento é feito no próprio sítio das usinas e um sistema para reprocessamento dos rejeitos nucleares está adiantado e ajudará muito a mitigar o problema de escassez de energia do país.

**Kudankulam - Dois reatores (950 MW -VVER) em construção na Índia.  
Reator 1 conectado à rede em outubro de 2013 (Foto: Atomstroyexport)**



O combustível das usinas PHWR são reprocessados em Bhabha Atomic Research Centre (BARC) em Trombay, Tarapur e Kalpakkam para extrair o plutônio que é usado em reatores “FAST BREEDER”. O país estoca o produto do reprocessamento de combustível das demais usinas. Em agosto de 2011 foi assinado acordo civil de cooperação nuclear com a Coreia do Sul que permite que as empresas coreanas participem dos projetos nucleares indianos. Este é o nono acordo assinado pela Índia com outros países após a flexibilização dos acordos do NSG - Nuclear

Suppliers' Group. Os demais acordos foram assinados com a França, U.S.A., Rússia, Canadá, Mongólia, Cazaquistão, Argentina e Namíbia.

A Índia tem um programa sólido de construção de usinas e busca fortalecer seu sistema de geração nuclear com o acréscimo de mais 470 GW até 2050 (planejadas mais 39 usinas).

Construir mais capacidade nuclear é a proposta do governo para fazer frente ao racionamento constante e severo que o país vive. Segundo as autoridades é inevitável o uso do carvão para a geração de energia elétrica no país, cujo consumo sobe 6% ao ano, e mesmo assim 40% das residências não têm acesso a este conforto.

O acidente no Japão trouxe dúvidas aos habitantes e provocaram protestos nos sítios nucleares que estariam mais sujeitos a terremotos e enchentes. As autoridades prometeram reexaminar estes projetos no que diz respeito à segurança e mecanismos de reação a acidentes severos, aplicando os melhores e mais modernos critérios internacionais.

O governo se reservava o direito de manter a opção nuclear, garantindo que a considera a melhor fonte energética, principalmente com relação à redução de emissões de gases do efeito estufa - GEE. O Primeiro Ministro Manmohan Singh reafirmou em agosto/11 o compromisso de sua administração com a expansão da geração nuclear como forma de atingir o desejado crescimento e desenvolvimento do país sem a produção de GEE.

## Irã

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Irã	1	1.000	0	0	1,33	0,6

O início do programa nuclear iraniano data do final dos anos 1950 e início de 1960 quando os americanos forneceram um pequeno reator de pesquisas, e assinou um acordo em 1957 se comprometendo a fornecer ao Irã dispositivos nucleares, equipamentos e a treinar especialistas. Antes da revolução islâmica eram previstos até 23 reatores de potência para geração de eletricidade.

O Irã tem uma usina em operação (Bushehr, PWR 1000 MW) conectada à rede em setembro de 2011, e produziu em 2012 um total de 1,33 TWh, cerca de 0,6% da energia do país. Cerca de 70% da eletricidade foi produzida com gás e 25,5% a partir de petróleo, ambos abundantes no país. O consumo por habitante é cerca de 2.000 kwh.

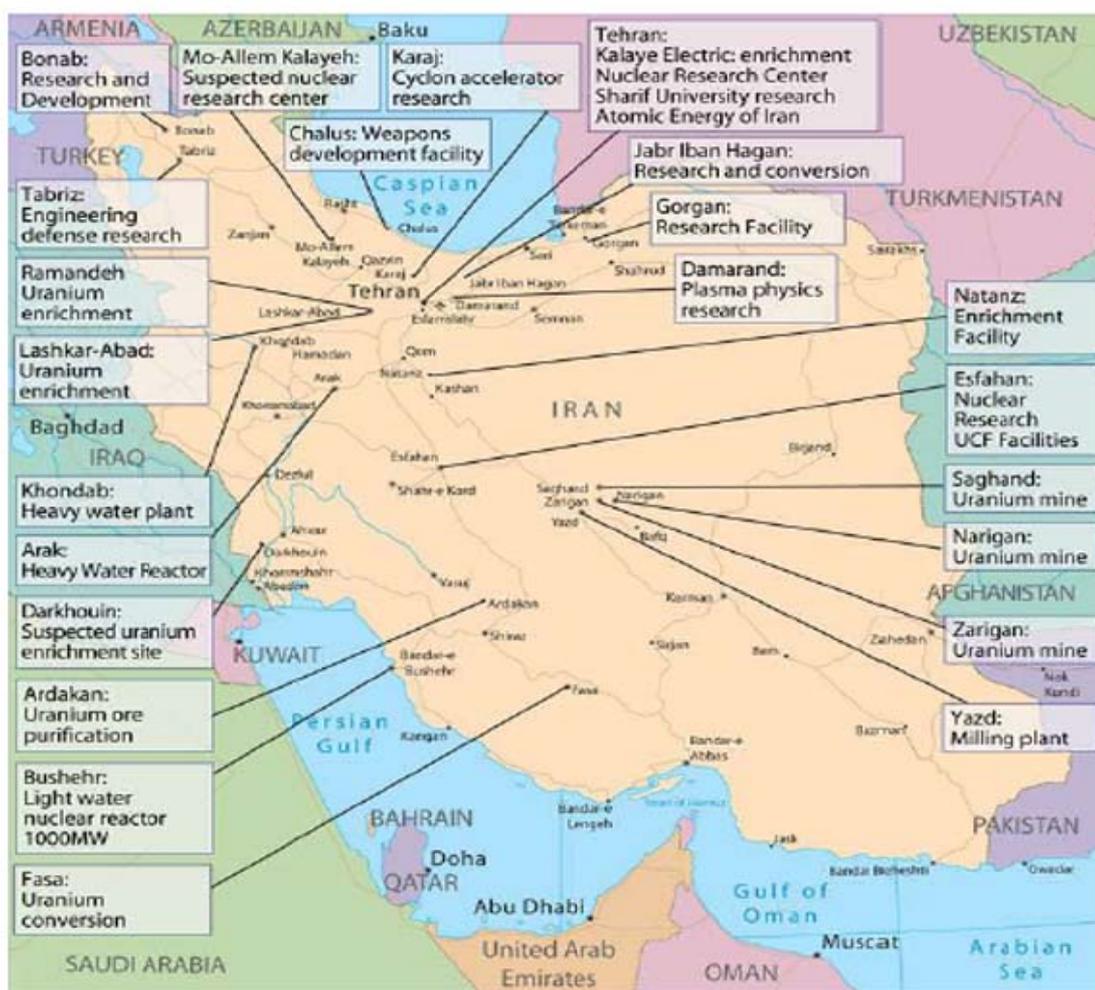


Usina Nuclear Bushehr, no Irã (foto : Atomenergoproekt)

As obras da única central foram iniciadas em 1975 por um consórcio alemão (Siemens/KWU) e paralisadas em 1980, após a revolução islâmica (1979) quando os alemães acompanharam o embargo americano e quebraram os contratos existentes na época. A construção foi retomada, após anos de paralisação, com o auxílio da Rússia e a aprovação da AIEA, sendo concluída

após diversos atrasos provocados pelas mais diversas razões. A operação da usina, o suprimento de combustível e a guarda dos rejeitos estarão a cargo da Rússia pelos próximos 3 anos.

### Iran Nuclear Sites



Sítios com atividade Nuclear no Irã

Atualmente o país planeja construir outros 5 reatores nucleares, para atingir cerca de 10% da energia do país, conforme informa o governo, fazendo assim frente aos racionamentos que têm ocorrido na região. Os 2 primeiros reatores seriam um reator água leve de 360 MWe em Darkhovin/ Darkhoveyn, no rio Karun na região da província de Khuzestan e o outro seria um VVER -1000 (russo) no mesmo sítio de Bushehr.

Em 3 de Julho de 2013, o presidente do Irã disse já ter terminado as conversas preliminares com a Rússia para a construção da nova central nuclear iraniana, faltando apenas a aprovação pelo presidente russo Vladimir Putin para dar andamento ao projeto.

O Irã tem um programa nuclear que contempla beneficiamento e enriquecimento de urânio que, conforme a AIEA, é inferior a 5%, mas que tem trazido grandes problemas ao país em relação à comunidade internacional que o acusa de ter intenções bélicas no processo e de já ter material suficiente para a construção de uma bomba nuclear. O país nega estas intenções, uma vez que o enriquecimento para a fabricação de arma nuclear deve ser em torno de 90%, e que todo o seu urânio se destina à geração futura de energia elétrica. De toda forma, segundo o WNA-World Nuclear Association, os recursos minerais em urânio conhecidos não são expressivos.

A Agência Internacional de Energia Atômica está propondo um acordo no qual o Irã enviaria cerca de 75 % de seu estoque de cerca de 1,5 tonelada de urânio de baixo enriquecimento (LEU) para conversão no exterior (provavelmente na Rússia), onde seria transformado em combustível para alimentar um reator de pesquisas em Teerã.

Segundo o último relatório da AIEA, apresentado em fevereiro 2013, o Irã produz atualmente urânio enriquecido a 3,5% ou a 20% em dois complexos, Natanz e Fordo.

## Japão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Japão	50	44.114	2	2.600	17,350	2,1

O país como um todo depende de fontes externas de energia primária em 96%.

O Japão tem 50 reatores (44.114 MW) em condição operacional. Destes apenas dois produziram energia em 2012, totalizando 17,350 TWh, o que representou 2,1 % da energia do país. Há 2 usinas em construção (Shimane 3 e Ohma 1– ABWR 1300 MW, cada) e nove reatores fechados permanentemente. Existem ainda planos para ampliações de vida útil e potência. Em maio de 2012 todas as 50 usinas nucleares japonesas estavam desligadas. Em Setembro apenas 2 (reatores Ohi 3 e 4) haviam retornado à operação e estavam gerando energia para a rede. Os demais reatores só serão religados após o término e aprovação dos Stress testes. É necessário ainda aprovação das prefeituras locais para o retorno à operação dos reatores hora parados.

O desligamento dos reatores nucleares no Japão levou a um forte aumento das importações de petróleo para alimentar suas usinas a óleo combustível, necessárias para preencher a lacuna de menor energia fornecida pela energia nuclear. Isso também pode ajudar a explicar por que o país vive hoje, pela primeira vez nos últimos cinco anos, um déficit comercial. Essa condição energética só piora o alto nível de endividamento, muito provavelmente vai levar a um reinício de operação dos reatores nucleares. Na verdade, o novo primeiro-ministro Shinzo Abe já tem falado muito sobre este assunto.

### O acidente de Fukushima-Daiichi

Às 14h46min do dia 11 de março de 2011, hora local, o Nordeste do Japão foi atingido por um terremoto de 9,0 graus na escala Richter. O epicentro foi bem próximo ao litoral e a poucos quilômetros abaixo da crosta terrestre. Foi o maior terremoto que se tem registro histórico a



**Central Fukushima-Daiichi após a primeira onda tsunami**

termelétricas e indústrias químicas, localizadas na região atingida colapsaram imediatamente, causando milhares de mortes e dano ambiental ainda não totalmente quantificado. As estradas e as linhas de transmissão de energia elétrica também foram danificadas em diversas escalas.

As 14 usinas nucleares das três centrais nucleares da região afetada resistiram às titânicas forças liberadas pela natureza. Todas desligaram automaticamente e se colocaram em modo seguro de resfriamento com diesel-geradores, após ter sido perdida toda a alimentação elétrica externa.

A onda gigante (Tsunami) que se seguiu ao evento inviabilizou todo o sistema diesel de emergência destinado a refrigeração de 4 reatores de da Central Fukushima-Daiichi e os levou ao status de **grave acidente nuclear**, com perda total dos 4 reatores envolvidos, devido ao derretimento do núcleo dos reatores e com liberação de radiatividade para o meio ambiente após explosões de hidrogênio, porém sem vítimas devido ao acidente nuclear. Houve 4 mortes por outras razões que não o acidente ou a radiação nuclear.

A necessidade de remoção das populações próximas à área da central se tornou imperiosa e todo o plano de emergência nuclear foi mobilização num momento em que o país estava devastado e mais de 18.000 pessoas haviam morrido em consequência do terremoto, tsunami, incêndios e explosões industriais, além das mais de 5.000 pessoas desaparecidas. Não havia infraestrutura disponível para atuação das equipes e mesmo assim graças ao preparo de toda a população, as autoridades foram, aos poucos, dominando a situação.

Além das perdas de vidas humanas o Japão enfrentou as perdas econômicas decorrentes da inoperância da indústria por quebra, por indisponibilidade de infraestrutura ou por falta de energia elétrica que o desastre acarretou.

Fukushima foi um acidente extremamente sério, mas não produziu uma única fatalidade. De acordo com os especialistas em radiação, as emissões decorrentes dele não atingiram níveis que possam causar danos irreparáveis ao meio ambiente ou a saúde das pessoas (mesmo para os trabalhadores envolvidos nos processos de emergência). A empresa operadora da central –

Tepco examinou 3700 trabalhadores e destes 127 receberam alguma dose de radiação, mas nenhuma deles está em risco de uma doença imediata por conta da radiação. Em 20 ou 30 anos existe a possibilidade (até 5%) de desenvolverem alguma enfermidade se continuarem a se expor à radiação devido a doses acumuladas.

Em 20 de junho de 2011 o governo japonês através do Ministro da Indústria, Kaieda, determinou que todas as usinas, exceto as 6 unidades de Fukushima e 2 na central de Hamaoca, estão em estado de segurança para continuar em operação no país. Medidas de segurança para acidentes severos estão sendo implementadas em todo o país, que não pode, neste momento, prescindir desta energia.

As decisões que serão tomadas pelo Japão sobre a continuação do uso da energia nuclear no país terão que levar em consideração a falta de opções energéticas disponíveis e o custo das decisões para uma população já extremamente abalada. O Ministério da Economia, Comércio e Indústria estimou que a substituição da energia nuclear por outra fonte térmica custaria ao governo 3 trilhões de ienes ou 37 bilhões de dólares por ano (cerca de 0,7% do PIB japonês). O melhor Mix energético para o país continua em discussão e nenhuma decisão foi ainda tomada,



mas de qualquer forma o país continua com sua política de exportação da tecnologia nuclear, mantendo todos os acordos assinados, mesmo se ela não for mais usada domesticamente.

O governo japonês está tentando desenvolver um programa de energia de longo termo. A decisão sobre o mix de energia para até 2030 deverá ser tomada entre os três cenários disponíveis onde a energia nuclear varia de zero a 20 ou 25%.

**NPP Fukushima-Daiichi Set. 2013 (foto: Kyodo News)**

Existem cálculos nos quais o plano de gerar 20% da energia do Japão em renováveis através, por exemplo, de centrais eólicas em terra, exigiria uma área comparável ao total da ilha Kyushu (uma das 4 ilhas principais que compõem o país, com área de 42.191 km quadrados). A alta densidade populacional pode levar a uma reação da população conhecida como NIMB- not in my backyard - não no meu quintal- que pode fazer o público ser contra qualquer projeto energético.

Para fazer frente a esta indisponibilidade de energia gerada por nucleares, o Japão foi forçado em 2012 a importar combustíveis como óleo, gás e carvão para geração elétrica térmica com um custo adicional de cerca de 4,3 trilhões de yens (55 bilhões de dólares ou 42 bilhões de euros) por ano e com isso as descargas de gases do efeito estufa aumentaram cerca de 1,2 gigatonnes/ano como resultado direto do desligamento das nucleares. Outra consequência foi a solicitação de redução do consumo de energia feita em maio de 2013 pelo governo aos habitantes em geral num montante de 15% do total na área atendida pela empresa Kepco, que opera Ohi (4 reatores), Mihama (3) e Takahama (4) e de 5 a 10% no restante do país para evitar racionamento compulsório.

O governo está desenvolvendo trabalho de esclarecimento junto a este público envolvido de forma a reduzir a insegurança e o medo decorrente da desinformação reinante neste processo.

A ajuda internacional através de rede de países coordenados pela AIEA tem dado assistência especializada para os eventos de liberação de radiação.

A Electric Power Development (conhecida como J-Power) vai retomar as obras de construção de uma central de energia atômica na província de Aomori, no norte do Japão. Esta será a primeira usina a ser construída no país após o acidente nuclear de Fukushima. O status da construção estava em cerca de 40% quando foi suspensa devido ao acidente de Fukushima. Atualmente uma empresa de engenharia realiza trabalhos de escavação para construção dos canais da usina e a Hitachi-GE Nuclear Energy Ltd está instalando pequenos equipamentos na central. A força de trabalho envolvida chega a 1.000 pessoas.

Os religamento de usinas são aguardados pelos operadores. Kyushu EPC esperava reiniciar as duas unidades Sendai em Julho, o que não ocorreu e também as duas Genkai até janeiro de 2014. Kansai EPC quis sem sucesso religar Takahama-3 e -4 em outubro de 2013. Com os novos cenários de referência seis reatores talvez se reiniciem até o final de 2013, 16 outros reatores são previstos de voltar a operação até o final de 2014, com uma média 7 meses de operação e podendo gerar 73 TWh de eletricidade.

As nove empresas de energia nuclear japonesas relataram perdas financeiras de 16 bilhões de dólares (1,59 trilhões de Yens) no ano de 2012 terminado em 31 de março de 2013.

### **Resíduo nuclear**

O país reprocessa o seu resíduo nuclear em usinas de reprocessamento na França (Central de Reprocessamento La Hague) e na Inglaterra, mas está construindo sua própria central de reprocessamento comercial em Rokkasho-mura, na ilha de Honshu. A operação em teste dessa usina foi iniciada em 31.03.06 e a sua operação comercial deveria se iniciar em 2009, mas foi adiada. Com o reprocessamento de 800 toneladas de urânio irradiado e a produção de 4 toneladas de plutônio que junto com mais urânio será convertido em combustível MOX para as usinas nucleares do país. Este combustível já foi testado e aprovado para várias usinas japonesas.

Em maio de 2009 o primeiro carregamento de MOX proveniente da fábrica de combustíveis Melox, na França, chegou ao Japão para alimentar a Usina Genkai-3. Em novembro de 2009 se iniciou a operação da usina que é a primeira a usar MOX comercialmente. Até janeiro de 2011 já eram 4 usinas com este combustível.

Cerca de 5% do conteúdo do combustível MOX é plutônio recolhido de combustível já queimado em uma central de geração nuclear. Reciclar este material é o método de aumentar a energia que ele pode produzir em 12% enquanto o urânio não fissionado é também recolhido e reusado aumentando a energia disponível em 22%. Este processo também permite a separação dos produtos mais radioativos da fissão nuclear reduzindo os volumes de rejeitos perigosos em até 60%.

O Japão importa mais de 90% de suas necessidades energéticas. Não possui urânio em seu território. Hoje sua maior fonte de energia é o plutônio resultante do reprocessamento do resíduo nuclear das usinas existentes, que o país vem estocando desde 1999. Este tipo de reciclagem é

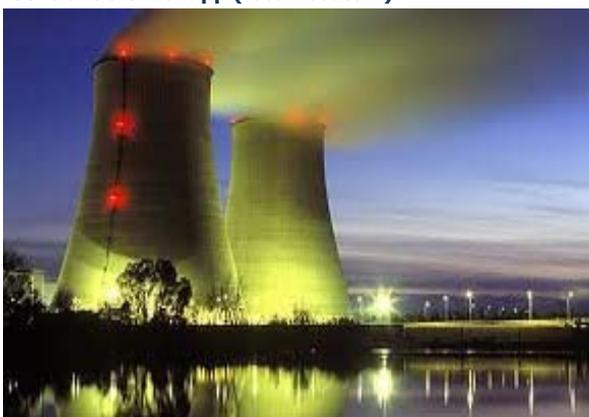
constitui a base do ciclo de combustível nuclear no Japão que desta forma valoriza ao máximo o urânio que importa.

As empresas japonesas Tokyo Electric Power, Chubu Electric Power, Kansai Electric Power, Toshiba, Mitsubishi Heavy Industries, e Hitachi informaram, em julho 2010, que estavam tentando montar uma nova empresa (International Nuclear Energy Development of Japan) para oferecer projetos nuclear para os países emergentes, mas o acidente de Fukushima deve mudar este panorama.

## Paquistão

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWh)	% do total gerado em 2012
Paquistão	3	725	2	630	5,271	5,34

A eletricidade no Paquistão é 62% derivada de combustíveis fósseis e 33% de hidrelétricas. Para o restante o Paquistão tem três usinas nucleares em operação (Chasnupp 1e 2, PWR 300 MW Central de Chasnupp (foto Rosatom)



cada e Kanupp, PHWR - 125 MW) na região do Punjab. Existem dois reatores em construção (Chasnupp 3 e 4, PWR, 315 MW cada uma). Em 2012 foram gerados 5,271 TWh de eletricidade de fonte nuclear, cerca de 5,34 % do total do país no ano. O país informou que assinou contrato com a China (China National Nuclear Corporation -CNNC) para a construção de quinta unidade em Chasnupp, cujas obras ainda não se iniciaram.

Em agosto de 2013 foi assinado o contrato para duas novas usinas - Karachi Coastal Nuclear Power Project que compreenderão 2 reatores ACP1000. Este é o primeiro contrato de

fornecimento de tecnologia chinesa fora da China. O custo previsto é 9,5 bilhões de dólares e a construção poderia começar em 2015.

Reatores Nucleares em Construção, Planejados e propostos				
Reator	Tipo	MWe bruto	Início da Construção	Operação Comercial Planejada
Chashma 3	CNP-300	340	mai/11	dez/16
Chashma 4	CNP-300	340	dez/11	out/17
Chashma 5	PWR	1000?		
Karachi coastal 1&2	ACP1000	1100x2	Final 2014	
<b>Total (5)</b>				

O país não é signatário do TNP e possui um programa de armamento nuclear independente do programa civil de geração de energia elétrica, o qual usa as fontes de urânio natural do país.

O litígio existente com a Índia, também detentora de armamento atômico, coloca toda a região em permanente tensão com o alto risco de conflito nuclear, segundo os analistas internacionais. Em julho de 2011 noticiou-se que o país pretende aumentar seu arsenal de armas nucleares com a adição de mais mísseis ar-ar e terra-ar em atendimento ao seu plano estratégico de manutenção de paridade com outros países igualmente armados na região.

As centrais de geração elétrica do país têm uma capacidade total de cerca de 20.000 MW que seriam suficientes para satisfazer as necessidades paquistanesas. Contudo as companhias gestoras das usinas não são capazes de produzir energia a plena capacidade devido ao déficit financeiro causado pelo setor público que não paga suas contas de energia há anos. Um gasoduto do Irã até o Paquistão, com potencial de resolver a falta de fornecimento de gás do país, foi construído apenas no lado iraniano, faltando ainda a parte paquistanesa que melhoraria o atendimento neste combustível.

Em junho de 2010 foi anunciado acordo com a China que permitirá a construção de dois novos reatores de 340 MW cada um. O custo estimado é de 2,4 bilhões de dólares e estrategicamente ajudará o Paquistão a reduzir sua crônica escassez de energia (chegam a 10 horas sem fornecimento de energia por dia)

Os rejeitos são tratados e guardados nas próprias usinas. Existe proposta de construção de repositório de longa duração.

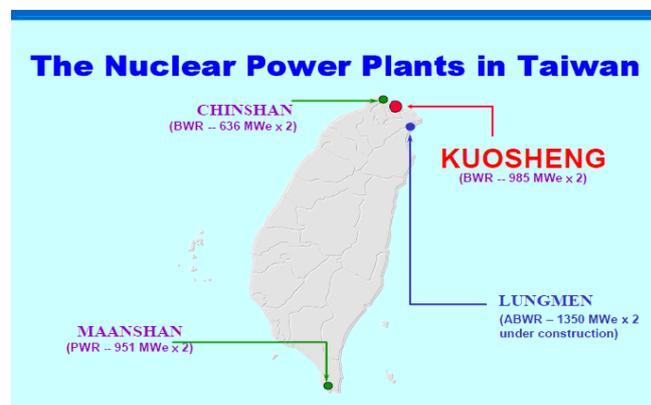
## Taiwan

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2012 (TWH)	% do total gerado em 2012
Taiwan	6	4.980	2	2.600	38,887	18,37

Taiwan tem 6 usinas em operação (2 PWR e 4 BWR) que, segundo a AIEA produziram em 2012, 38,887 TWh de energia, ou cerca de 18,37% da energia do país. Os 2 reatores Lungmen (PHWR 1350 MW) estão em construção (em torno de 90% pronto) em New Taipei City.

### Localização das Centrais nucleares em Taiwan

As usinas Chinshan 1 e 2 (BWR 636 MW cada) iniciaram a operação em 1978 e 1979 respectivamente. A central Kuosheng tem 2 reatores BWR de 985 MW cada. As usinas Maanshan são PWR com 951 MW cada.



O governo de Taiwan convocou comitê para estabelecer um mecanismo multidisciplinar de verificação de segurança nuclear e de preparação para respostas á emergências em centrais. À luz dos eventos de Fukushima o governo se preocupa em especial com as usinas na costa da China que são muito próximas do país e sobre as quais não pode atuar. O mesmo pensam os chineses que não confiam na segurança de operação e guarda de resíduos em Taiwan.

Foi feita a proposta e o convite para que os dois países trabalhem juntos nesta questão.

## Vietnam

Em maio de 2010 o primeiro-ministro vietnamita declarou a intenção de construir 8 reatores. A central 1 (inicialmente com dois reatores: Ninh Thuan Nuclear Power Plant 1,) se localizará em Phuoc Dinh Commune, no distrito de Ninh Phuoc e a central 2 (Ninh Thuan Plant 2, com dois reatores) se localizará em Vinh Hai Commune, distrito Ninh Hai. Em ambas as centrais há a possibilidade de expansão para 4 unidades por central.

**Reatores Planejados e Propostos até 2027 no Vietnam**

Localização	Usina (provincia)	Tipo do Reator	MWe nominal	Início da construção	Operação
Phuoc Dinh	Ninh Thuan 1-1	VVER-1000	1000	2014	2020
	Ninh Thuan 1-2	VVER-1000	1000	2015	2021
	Ninh Thuan 1-3	VVER-1000	1000		2024
	Ninh Thuan 1-4	VVER-1000	1000		20125
Vinh Hai	Ninh Thuan 2-1	Gen III Japonesa (?)	1000	2015	2021
	Ninh Thuan 2-2	Gen III Japonesa (?)	1000	2015	2022
	Ninh Thuan 2-3	Gen III Japonesa (?)	1000		2026
	Ninh Thuan 2-4	Gen III Japonesa (?)	1000		2027

De acordo com o Diretor da Agência Vietnamita para Segurança Nuclear e Radiação a Central 1 será de modelagem russa com potência de 1.900 MW, sendo que também já foram assinados os memorandos para treinar os novos especialistas do país. A construção deve começar em 2014.

As empresas Toshiba, Mitsubishi Heavy Industries e Hitachi Ltd formaram um consórcio com o governo japonês para participar da concorrência da segunda Central. Os coreanos também fizeram sua oferta de cooperação e construção de uma das centrais.

A AIEA afirmou que o Vietnam está bem preparado para começar a desenvolver um parque nuclear e que apoiará o país no desenvolvimento de procedimentos de segurança e de resposta a emergências. Atualmente já existe uma equipe de mais de 800 pessoas trabalhando nos institutos de energia, radiologia e segurança nuclear no país.

Agora o processo pode sofrer atrasos e redução de quantitativos, mas as autoridades anunciaram que prosseguem com os planos de construir pelo menos 4 reatores. Todos os grandes fornecedores (Chineses, coreanos, franceses, russos, japoneses e americanos) estão ativamente trabalhando para conseguir fechar estes contratos.

Os Japoneses através da empresa Japan Atomic Power Company (JAPC) assinaram em 28/09/2011, contrato com Electricity of Vietnam (EVN) para estudo de viabilidade da construção da primeira central. Em julho de 2013 as partes concordaram em “acelerar a cooperação para especificar o projeto “o que seria um passo importante para a assinatura de um contrato.

## Ásia – Outros

As **Filipinas**, a Indonésia e a Malásia estão em processo de reavivamento de seus antigos programas nucleares.

A **Malásia** já tem luz verde de sua população, que apoia a construção de usinas nucleares e está em processo de reconstrução do conhecimento técnico necessário através de programas de visitas técnicas e de treinamento para projeto, construção e operação de centrais. Os estudos para a definição de um sítio adequado já foram autorizados pelo governo. O país é fortemente dependente de gás (64%) e carvão (25%) e tem a intenção de diversificar a matriz elétrica.



No caso das **Filipinas** inicialmente um grupo de especialistas da AIEA foi convidado para organizar um processo multidisciplinar e independente para verificar se a antiga usina nuclear Bataan Nuclear Power Plant, que apesar de pronta, nunca operou, pode ser ligada com segurança, tornando-se uma alternativa local para a geração de energia. Atualmente, está em vigor o contrato com a empresa coreana Kepco para a execução destes mesmos estudos.

**Filipinas - Bataan Nuclear Power Plant (foto IAEA)**  
**Pronta – nunca operou**

A **Indonésia**, apesar de se sentir capacitada, pretende num primeiro momento familiarizar seus habitantes com a energia nuclear para só depois se engajar num processo de construção de uma central, segundo seu Ministro de Pesquisa e Tecnologia, Syamsa Ardisasmita.

**Bangladesh** assinou em 01 de novembro de 2011 um contrato com a Rússia com o objetivo de construir 2 usinas nucleares de 1.000 MW, tipo VVER, modelo AES92, cada uma, no nordeste do país, na região de Rooppur. O contrato também inclui o suprimento de combustível e a gestão do resíduo que será levado de volta à Rússia após o uso.

O crescimento recente do país e a disponibilidade limitada de energia (reservas de gás existentes estão quase extintas) contribuíram o governo a se decidir por este negócio de 3 bilhões de dólares. Em 2007, o país recebeu a aprovação da AIEA para seu projeto nuclear.

Em setembro de 2011 o Ministro de Relações Exteriores de Bangladesh, Dipu Moni, informou que o país deverá ter sua primeira usina em operação em 2022. O país mantém seu programa nuclear com o objetivo de garantir o suprimento adequado de energia elétrica depois de 2020.

O governo conduz um estudo detalhado para o marco regulatório de seu programa nuclear e tem mantido as conversações com a AIEA e com consultores independentes sobre este assunto. O país também pretende assinar os acordos internacionais pertinentes a um programa nuclear civil.

Em outubro de 2013 a Rosatom anunciou iniciou os trabalhos de pré-construção para a instalação de uma usina de 2.000 MW de energia nuclear no Rooppur em Pabna (Bangladesh). A empresa russa vai construir, operar e fornecer combustível para o projeto. Atomstroyexport vai iniciar uma série de testes em um contrato de EUA \$ 46 milhões, enquanto que a Comissão de Energia Atômica de Bangladesh (BAEC) também vai realizar exames por conta própria. Os testes incluem a avaliação de viabilidade, de impacto ambiental, desenvolvimento e pesquisa de engenharia, o desenvolvimento do programa global de pesquisa de engenharia, as condições antrópicas na área do projeto e local, e de engenharia e de pesquisa hidro meteorológicos.

## E - Austrália

**População:** 23,6 Milhões hab; **crescimento anual do PIB:** 3,6%/ano; **Emissões de CO<sub>2</sub>:** 15,3 tCO<sub>2</sub>/capita ; **Independência em Energia:**100%; **Consumo Total /PIB:** 88 (2005=100) ;

A Austrália é o nono maior produtor de energia no mundo e aproveita o benefício da abundante diversidade de recursos energéticos. O Continente Australiano é rico em urânio, possuindo cerca de 40% de todas as reservas mundiais economicamente exploráveis.

A Austrália não tem nenhuma usina nuclear comercial em operação, mas, através do Australian Nuclear Science and Technology Organization opera o reator de pesquisas OPAL perto da cidade de Sidney.

Contudo, devido a problemas de fundo político o país hoje atende a menos de 20% das necessidades mundiais de urânio.

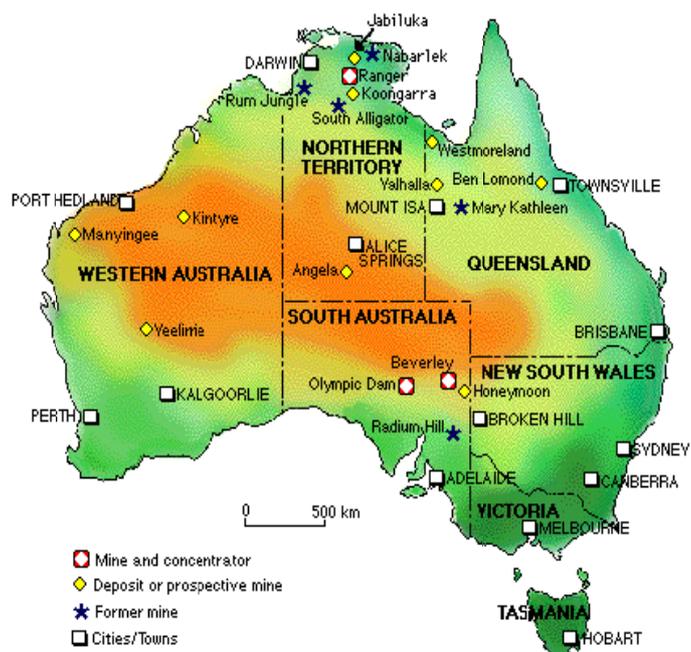
Recentemente a Austrália assinou acordo de cooperação autorizando seus exportadores de urânio a fornecer o combustível aos Emirados Árabes que constroem atualmente suas primeiras usinas nucleares. O Ministro de Relações Exteriores disse que o acordo, que ainda deve ser aprovado pelo parlamento atenderá suprimento nuclear de material, componentes e tecnologia associada para o suprimento de energia desta fonte.

Outro acordo importante foi o realizado pela empresa BHP Billiton, uma mineradora baseada na Austrália, para a venda de seu depósito de urânio em Yeelirrie (capacidade estimada de 139 milhões de libras peso de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> , para a empresa canadense CAMECO, a um custo de 430 milhões de dólares. O negócio ainda depende de aprovação dos departamentos do governo australiano que regulam este tipo de negócio. Este é provavelmente o maior depósito mundial de urânio conhecido.

### Urânio na Austrália (WNA – agosto 2013)

O urânio vem sendo minerado na Austrália desde 1954, e existem 4 minas em operação atualmente. Outras estão planejadas. Os recursos uraníferos na Austrália são os maiores conhecidos no mundo com cerca de 31% do total.

Em 2012 a Austrália produziu 8.244 toneladas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (equivalente a 6.991 toneladas de Urânio natural). É o terceiro maior produtor mundial atrás apenas do Cazaquistão e do Canadá.



## V - Acordos Comerciais e de Cooperação Nuclear

Os países e os governos se associam conforme suas necessidades e suas estratégias, sempre objetivando maiores lucros e/ou segurança para o seu suprimento energético. Relatório da Agência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento (Unctad) confirma a crescente tendência de multinacionais de se apoiarem em cerca de 3.200 acordos internacionais de investimentos existentes. A seguir apresentamos, sem esgotar o tema, alguns dos acordos celebrados e de conhecimento público.

### **Estados Unidos e Outros:**

#### **Estados Unidos – China**

Os Estados Unidos (empresa EXELON) e a China (empresa CNNC) assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual instrutores seniores da Excelon vão treinar cerca de 200 profissionais chineses de gestão e operação nucleares nas melhores práticas desenvolvidas pela empresa americana.

#### **Estados Unidos – Emirados Árabes**

Os Estados Unidos e os Emirados Árabes assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual os Emirados se comprometem a não promover programa próprio de enriquecimento e reprocessamento de urânio.

#### **Estados Unidos – Japão**

A Westinghouse Electric Company e a Toshiba Corporation anunciaram a formação da **BWRPLUS**, uma organização comercial para operar usinas nucleares nos Estados Unidos que que irá alavancar as sinergias entre as duas empresas.

#### **Estados Unidos – Kuwait**

Os Estados Unidos e o Kuwait assinaram em junho de 2010 acordo para a cooperação na área de salvaguardas nucleares e outros tópicos de não proliferação. O acordo prevê atividades em legislação, regulamentação, desenvolvimento de recursos humanos, proteção radiológica, gestão de resíduos, operação de reatores entre outras, mas não previsão de construção de usinas.

#### **Estados Unidos – Países do Golfo Pérsico**

As empresas americanas Lightbridge e Exelon Generation assinaram acordo com o Conselho de Cooperação do Golfo (Bahrain, Kuwait, Omã, Qatar, Arábia Saudita e União dos Emirados Árabes) para estudo que irá avaliar a possibilidade e a localização de uma central nuclear para geração de energia e dessalinização de água para a região.

#### **Estados Unidos – França**

1. A AREVA e a NORTHROP GRUMMAN firmaram acordo para montar uma empresa- Areva

Newport News LLC- que fabricará os componentes pesados (vasos do reator, tampa do reator, gerador de vapor e pressurizador) do reator francês EPR nos Estados Unidos e que deverá começar a operar em 2011. A AREVA tem expectativa de construir até 7 reatores no território americano nos próximos anos e essa estratégia visa protegê-la de um possível gargalo industrial para componentes pesados, cujos fabricantes mundiais são em número reduzido.

2. A AREVA também solicitou ao órgão regulador americano – NRC, uma licença para construir e operar uma planta (Eagle Rock) de enriquecimento de urânio por centrifugação próxima a Idaho Fall. Segundo a empresa este é um investimento multibilionário.
3. Areva será o maior fornecedor os serviços de engenharia, construção e combustível para a central Bellefonte-1 pertencente a TVA, localizada no estado americano do Alabama. O contrato é de 1(um) bilhão de dólares e compreende, entre outras atividades, a ilha nuclear, a sala de controle, instrumentação digital, simulador para treinamento e o combustível.

### **Estados Unidos – Itália**

Os Estados Unidos e a Itália assinaram, em setembro de 2010, acordo para a cooperação nuclear civil, com duração de 5 anos (até 2015), no qual a Itália abre as portas aos fornecedores americanos de tecnologia e serviços nucleares.

### **Estados Unidos – Rep. Checa**

Os Estados Unidos através do seu Departamento de Energia (DoE) e universidades americanas e a Rep. Checa (várias universidades e Centros de Pesquisa) assinaram, em setembro de 2011, acordos de cooperação para pesquisas, com troca de experiências e profissionais para reatores de geração IV refrigerados a sal líquido (molten salt reactors).

### **Estados Unidos – África do Sul**

Em setembro de 2009 foi assinado pelo secretário de energia americano Steven Chu e pelo ministro de energia sul-africano um acordo bilateral de cooperação em pesquisa e desenvolvimento em energia nuclear com ênfase em tecnologia avançadas de reatores e sistemas nucleares. O acordo, segundo o americano reitera a posição de seu governo de que a energia nuclear tem papel principal no futuro energético mundial, principalmente no que diz respeito aos desafios das mudanças climáticas.

### **Estados Unidos – Vietnam**

Em março de 2010 foi assinado um memorando de entendimento no sentido de aumentar a cooperação com os americanos que permitirá ao Vietnam o acesso ao combustível nuclear que o país precisará no futuro próximo após a construção do seu primeiro reator de potência.

### **Rússia e Outros:**

#### **Rússia – Estados Unidos**

A empresa russa TENEX-Techsnabexport, que produz combustível nuclear, informou que recebeu a aprovação do departamento de comércio americano para o fornecimento de urânio enriquecido à Constellation Energy Nuclear Group entre 2015 e 2025. Este é o sexto contrato de

suprimento de combustível da Tenex para o mercado americano de geração nuclear. Os outros foram com Exelon e Fuelco (que representa Pacific Energy Fuels, Union Electric ou AmerenUE) e Luminant.

### **Rússia-Austrália**

A Primeira Ministra da Austrália, Julia Gillard e o presidente russo Dmitry Medvedev assinaram acordo de suprimento de urânio para os reatores russos em novembro de 2010.

### **Rússia-Inglaterra**

A Rosatom através de seu diretor Sergei Kiriyyenko assinou acordo de cooperação em energia nuclear com a empresa britânica Rolls-Royce.

### **Rússia – Japão**

A Toshiba e a Technabexport – Tenex assinaram um acordo de cooperação comercial para fabricar e suprir produtos e serviços do ciclo do combustível nuclear, inclusive no enriquecimento de urânio. Um dos principais objetivos do acordo é a estabilidade e a segurança dos suprimentos de bens e serviços nucleares. Como consequência deste acordo um contrato de suprimento de longa duração foi assinado pelo qual a empresa Chubu Electric receberá combustível nuclear por 10 anos. Atualmente a Tenex supre cerca de 15% da demanda por combustível nuclear no Japão e deverá aumentar este suprimento com o acordo ora assinado.

### **Rússia – China**

A Rússia e a China assinaram acordo para a cooperação na construção de reatores rápidos (fast breeder reactor) de demonstração com 800 MW e também na construção dos reatores Beloyarsk-4 na Rússia e das unidades 3 e 4 de Tianwan na China. Acordos anteriores propiciaram a construção de Tianwan 1 e 2 além de três módulos de planta de enriquecimento de urânio e ainda um reator rápido experimental - CEFR

### **Rússia – Holanda**

A empresa russa Rosatom e a holandesa Royal Philips Electronics assinaram (junho de 2011) acordo para fabricar equipamentos médicos de imagem destinados ao diagnóstico de câncer.

### **Rússia – Bulgária**

A NEK - National Electric Company da Bulgária e a russa Atomstroyexport assinaram contrato para projeto, construção e comissionamento das usinas da Central Nuclear de Belene (2x 1000 MW – VVER). Como subcontratado está o consórcio 'CARSIB' (Consortium Areva NP-Siemens for Belene) que fornecerá sistemas elétricos e de instrumentação e controle (I&C systems). A Bulgária mantém contrato (no valor de 2,6 milhões de euros) para a seleção de sítio e projeto de depósito rejeitos de baixa e média atividade no país, em área de superfície.

### **Rússia – Nigéria**

A companhia estatal russa Rosatom assinou um memorando de cooperação com o regulador nigeriano para fomentar o uso pacífico da energia nuclear naquele país.

## **Rússia – Índia**

A Índia assinou contrato com a fabricante russa de combustível nuclear TVEL. O combustível irá para várias centrais nucleares indianas e este é o primeiro contrato de suprimento após a retirada dos embargos do Nuclear Supplier Group (NSG) que vigoram até 2008. Assinado também acordo no sentido de fornecer mais 4 reatores na área de Kudankulam onde já existe uma central instalada. O acordo amplia a cooperação existente no campo de combustíveis, tecnologia, serviços e pesquisa nuclear.

## **Rússia – Itália**

Acordo para participação italiana na construção de reatores nucleares de 3ª geração de modelo russo e no estudo, projeto e construção de um protótipo de reator de 4ª geração. Esse acordo ajudaria a Itália na formação de mão de obra especializada.

## **Rússia – Emirados Árabes**

A Rússia e os Emirados Árabes assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual a Rússia irá compartilhar tecnologia, equipamentos e material nuclear. Sob o acordo a Rússia poderá fornecer legalmente urânio, serviços de conversão e de enriquecimento do combustível.

## **Rússia – Omã**

A Rússia e o Omã assinaram acordo intergovernamental objetivando a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear com ênfase em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento e construção e operação de usinas nucleares de potência. A empresa estatal russa ROSATOM será a responsável pelos trabalhos.

## **Rússia – Jordânia**

A Rússia e a Jordânia assinaram acordo intergovernamental, com duração de 10 anos, para a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear que cobre uma larga escala de atividades que abrangem engenharia e construção, fabricação de componentes, estudos de segurança, proteção e controle de radiação, dessalinização, mineração de urânio, serviços, pesquisa dentre outros.

## **Rússia – Egito**

O diretor da empresa estatal russa Sergei Kiriyenko disse que o acordo de cooperação em energia nuclear assinado com o Egito está focado principalmente na prospecção e mineração de urânio naquele país. Outros grupos de trabalho serão formados para a construção de usinas atômicas, com treinamento de mão de obra especializada em operação nuclear e atividades regulatórias. O Egito tem 2 reatores de pesquisa

## **Rússia – Eslováquia**

A empresa russa TVEL assinou contrato de fornecimento de combustível nuclear de longa duração com a empresa Slovenské Elektrárne, proprietária e operadora da usina, para atender as unidades 3 e 4 Mochovce (VVER-440). O contrato abrangerá 5 recargas e os serviços

associados devendo começar em 2012, quando as usinas devem entrar em operação. O sócio majoritário da proprietária é a italiana ENEL.

### **Rússia – Turquia**

A Rússia (Russian Technical Supervisory Authority - Rostechndzor) e a Turquia (Turkish Atomic Energy Agency -TAEK) assinaram acordo de cooperação no qual é previsto transferência de “Know-how “ e informações em licenciamento nuclear, proteção radiológica e gestão da qualidade .

### **Rússia – Ucrânia**

1. A Rússia e a Ucrânia assinaram acordo intergovernamental com o objetivo de retomar a construção dos dois reatores ucranianos de Khmelnytsky. O acordo foi assinado em Kiev pelo ministro de energia e combustível da Ucrânia, Yuri Boyko e pelo Diretor geral da empresa russa Rosatom, Sergei Kiriyyenko e prevê financiamento, projeto, construção, comissionamento, serviços e suprimento russo para as unidades 3 e 4 da central Khmelnytsky.
2. A empresa russa TVEL e a ucraniana Nuclear Fuel assinaram acordo para a construção de fábrica de combustíveis nucleares para reatores VVER-1000 na Ucrânia (a TVEL ajudará no financiamento do projeto).

### **Cazaquistão e Outros**

O Cazaquistão não possui nenhuma usina nuclear, mas é desde dezembro de 2009 o maior produtor mundial de urânio à frente do Canadá e da Austrália. A Kazatomprom - corporação nuclear nacional possui 21 minas em operação no país e estará estrategicamente envolvida na construção de usinas nucleares na China como forma de diversificar os seus negócios, hoje basicamente mineração.

O acordo assinado com a China Guangdong Nuclear Power Group (CGNPG) e China National Nuclear Corp (CNNC), criará uma empresa, na qual a Kazatomprom terá 51%, que construirá usinas na China e desenvolverá minas de urânio no Cazaquistão, nos depósitos em Irkol, na região de Kyzylordinskaya, cuja capacidade de produção anual estimada é de 750 toneladas de U3O8; nos depósitos de Semizbay na região de Akmolinskaya (capacidade de produção anual estimada de 500 toneladas de U3O8) e nos depósitos de Zhalkpak com capacidade de produção anual estimada é de 750 toneladas de U3O8. Os acordos prevêem o suprimento de urânio natural à China por 10 anos.

Similarmente também foram assinados acordos com o Canadá (Empresa Cameco) para ter acesso à tecnologia de conversão do UF6 (Hexafluoreto de Urânio) através de uma entidade legal, a ULBA Conversion LLP, a ser construída no Cazaquistão pelo Canadá e que produzirá até 12.000 toneladas métricas de UF6.

Com a França (AREVA) os acordos assinados permitirão a produção de combustível nuclear (nuclear fuel assemblies) na mesma planta de ULBA com a fabricação de até 1.200 toneladas métricas de varetas e elementos combustíveis com a engenharia e a tecnologia desenvolvida pela AREVA. Foi assinado também acordo de cooperação com a Bélgica para a troca de experiências na condução de um programa nuclear civil.

Foi assinado em março 2010 um acordo de suprimento no qual o Japão espera garantir a estabilidade de suprimento de combustível nuclear para as suas nucleares. Em outro acordo em setembro de 2010, três empresas japonesas assinaram memorando de entendimento com a

empresa Kazakh National Nuclear Centre objetivando um estudo de viabilidade para a construção da primeira usina nuclear do Cazaquistão.

## **Canadá – Índia**

O Canadá, através da empresa CAMECO abriu escritório de negócios na cidade de Hyderabad que tem por objetivo suportar e desenvolver as oportunidades de negócios da companhia no mercado de combustíveis nucleares da Índia e representar a empresa junto ao governo indiano.

O Canadá e a Índia completaram os arranjos administrativos para implantar os acordos de cooperação entre os dois países assinados em 2010, conforme informou o primeiro ministro Stephen Harper em novembro após as conversações com primeiro ministro indiano Manmohan Singh. O referido acordo permite que material controlado, equipamentos e tecnologia que estão submetidos às salvaguardas da AIEA possam ser importados e exportados pelas empresas do Canadá de e para a Índia.

“A Índia representa um enorme oportunidade de negócios para a CAMECO e para toda a indústria nuclear canadense” disse o presidente da CAMECO, Tim Gitzel. A habilidade de fornecer o urânio canadense para este mercado em rápida expansão significa mais empregos, mais investimentos e mais desenvolvimento internamente no Canada. Em contra partida ajuda a Índia a atender seu crescente mercado de energia elétrica com uma fonte limpa e não emissora de gás carbônico.

## **Canadá – Vietnam**

A empresa vietnamita Atomic Energy Institute assinou acordo com a canadense NWT Uranium Corporation – Toronto destinado à avaliação do potencial físico e econômico de minério de urânio da região e ajudar a desenvolver a indústria nuclear do país.

## **Canadá – Austrália**

A empresa australiana BHP Billiton assinou acordo para vender o seu depósito de urânio Yeelirrie, Situado no oeste do país aos canadenses da **Cameco Corporation**. Este é o maior depósito não desenvolvido da Austrália, no qual estima se existir entre valores medidos e indicados os recursos minerais de cerca de 139 milhões de libras de  $U_3O_8$ .

## **Canadá – Emirados Árabes**

O Canada assinou um acordo de cooperação nuclear com os Emirados Árabes Unidos para fornecer equipamento, serviços e urânio. O acordo permite às empresas do Canadá oferecer toda a gama de seus equipamentos, serviços e fornecimento de urânio para o mercado nuclear civil dos Emirados Árabes Unidos

## **China e Outros**

### **China – África do Sul**

Em março de 2009, a China e a África do Sul assinaram acordo de cooperação com relação ao desenvolvimento de reatores de alta temperatura, para os quais, ambos os países têm projetos

de pesquisa em andamento. Do acordo participam as empresas Pebble Bed Modular Reactor Ltd (PBMR) da África do Sul e o Institute of Nuclear and New Energy Technology (INET) da Tsinghua University e o Technology Company Chinergy Ltd da China.

### **China – Arábia Saudita**

O acordo, assinado em 15 de janeiro de 2012, estabelece um modelo legal que fortalece a cooperação científica, tecnológica e econômica entre Riad e Pequim, segundo um comunicado conjunto. A cooperação se dará em áreas como a manutenção e o desenvolvimento de usinas nucleares e de reatores de pesquisa, fabricação e fornecimento de elementos de combustível nuclear.

### **China – Argentina**

1- Assinado em junho de 2012, acordo entre a China (primeiro ministro Wen Jiabao) e a Argentina (Presidente Cristina Kirchner) compreendendo ampla cooperação em energia nuclear.  
2- Em setembro 2012 o ministro do planejamento argentino De Vido assinou um novo acordo de cooperação que aponta a transferência de tecnologia para o desenvolvimento de reatores com urânio enriquecido, para serem utilizados nas próximas centrais nucleares do país.

### **China – Bélgica**

Os primeiros ministros da Bélgica (Yves Leterme) e da China (Wen Jiabao) assinaram acordo definindo detalhes para a construção de uma usina piloto para a produção de MOX (combustível de óxido misto de urânio e Plutônio) a ser usado em usinas chinesas. O acordo também prevê transferência de tecnologia, assistência técnica e participação no Projeto belga MYRRHA (Multipurpose Hybrid Research Reactor for High-tech Applications).

### **China – Taiwan**

Assinado acordo de cooperação e troca de experiências nucleares nas áreas de monitoração de radiação, respostas às emergências e operação de centrais. Como Taiwan não faz parte da ONU as inspeções da AIEA são muito limitadas.

### **China – Paquistão**

Assinado em agosto de 2013 contrato de fornecimento de 2 novos reatores tipo ACP 1000 para o projeto de Karachi Coastal Nuclear Power Project in .

### **China – Canadá**

1- Acordo para desenvolvimento do projeto de combustível avançado assinado entre Atomic Energy of Canada Ltd (AECL), Third Qinshan Nuclear Power Company (TQNPC), China North Nuclear Fuel Corporation e Nuclear Power Institute of China para o uso do combustível irradiado em reatores na China nos reatores CANDU no Canadá e na China. O acordo também inclui o uso de tório como combustível.  
2- A CAMECO (gigante canadense de produção de urânio) assinou acordo de suprimento com a China Nuclear Energy Industry Corporation (CNEIC) de cerca de 10 toneladas de concentrado de urânio até 2020. A empresa está também negociando um acordo de longa duração com a China

Guangdong Nuclear Power (CGNP)

3- A CAMECO assinou acordo de suprimento de longa duração com a China Guangdong Nuclear Power Holding Co (CGNPC). O negócio dará garantia de suprimento a chinesa cuja frota nuclear está em franco crescimento.

## **China – França**

1- Acordo entre AREVA (45%) e China Guangdong Nuclear Power Company – CGNPC (55%) para formar empresa de projetos nucleares para concorrer em qualquer país do mundo com os modelos de reator da França (EPR) e da China (CPR1000).

2- Outro acordo diz respeito à produção da UraMin que pertence à AREVA e que os investidores chineses aportariam capital garantindo a compra de 49% das ações e o subsequente acesso chinês ao urânio produzido. Neste processo a UraMin fica com um mercado cativo na China e a França com os investimentos garantidos.

3- Um terceiro acordo, em novembro de 2010, diz respeito a um contrato de 3,5 bilhões de dólares relativos ao fornecimento por 10 anos de 20.000 toneladas métricas de urânio China Guangdong Nuclear Power Company.

4- O quarto acordo a AREVA e China National Nuclear Corp.-CNNC formam “*joint venture*” (CAST) para produção e comercialização de tubos de zircônio para fabricação de elementos combustíveis já em 2012.

5- O quinto acordo trata-se de cooperação industrial no campo de tratamento e reciclagem de combustível irradiado.

## **França e Outros**

### **França – Brasil**

1- A França, através da AREVA, assinou com o Brasil memorando de entendimento em cooperação industrial objetivando ampliar a frota de usinas nucleares no país e na fabricação de combustível nuclear para as novas usinas que vierem a ser construídas.

Os trabalhos se concentrarão nos principais componentes de um programa nuclear, na estrutura administrativa, jurídica e contratual, na excelência técnica e nos aspectos financeiros e econômicos, além da troca de informações quanto ao ciclo de combustível; à aquisição e ao gerenciamento de fornecedores; à construção; ao comissionamento e à operação de usinas nucleares.

2- O grupo francês GDF Suez e as companhias brasileiras Eletrobrás e Eletronuclear firmaram um acordo de colaboração no âmbito nuclear. Este "protocolo" de cooperação, que estará focado basicamente na "troca de informações e de experiência" no campo nuclear. De acordo com a Suez, os trabalhos serão centrados ainda em questões como a exploração das usinas nucleares, a tecnologia, os mecanismos de propriedade, o processo de seleção dos pontos de construção e o desenvolvimento de recursos humanos.

### **França – Chile**

Em fevereiro de 2011 foi assinado acordo de cooperação nuclear entre o Chile (La Comision Chilena de Energia Nuclear - CCHEN) e a França (Energie Atomique et aux Energies Alternatives - CEA) com foco em treinamento nuclear dos cientistas e profissionais chilenos, incluindo projeto,

construção e operação de centrais nucleares de potência.

### **França – Congo**

A França, através da AREVA, assinou acordo com o Congo para a mineração de urânio naquele país

### **França – EAU**

A França, através da AREVA assinou contrato de suprimento de urânio enriquecido no valor de 400 milhões de euros (490 milhões de US dólares) com a Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) para alimentar a primeira central dos Emirados Árabes atualmente em construção.

### **França – Espanha**

A AREVA assinou acordo de suprimento de combustível nuclear, a partir de 2010, para a usina espanhola de Trillo, localizada no estado de Guadalajara. O acordo, com duração de 6 anos, inclui serviços diversos.

### **França – Índia**

A França, através da AREVA, assinou com a Índia - Nuclear Power Corporation of India Ltd (NPCIL) um contrato de suprimento de combustível nuclear de longa duração para as usinas que operam sob controle da AIEA. No acordo também está incluída a possibilidade de desenvolvimento e fornecimento de novos reatores EPR ao país e o conseqüente suprimento de combustível.

Uma proposta de suprimento de 2 reatores EPR 1600MW para o sítio de Jaitapur no estado de Maharashtra ao sul de Mumbai, foi submetida ao NPCIL em julho de 2009, com previsão de entrada em operação das unidades em 2017 e 2018 respectivamente.

Em paralelo a AREVA começou 2 negociações estratégicas, sendo uma com a empresa indiana Bharat Forge para a formação de "joint venture" na construção de uma empresa de forja de grande porte na Índia e outra com a empresa de engenharia de projetos TCE Consulting Engineers Limited, subsidiária da Tata Sons Ltd. para o fornecimento de serviços de engenharia em geral no país.

### **França – Japão**

1- A AREVA assinou acordo de suprimento de combustível de óxido Misto – MOX (urânio + Plutônio) para a usina japonesa de Shimane de propriedade da empresa Chugoku Electric Power Co.

2- A Mitsubishi Nuclear Fuel Co e a AREVA criaram uma empresa nos Estados Unidos (US Nuclear Fuel) para a produção de combustível para reatores avançados (advanced pressurised water reactors) que a japonesa Mitsubishi Heavy Industries pretende fornecer ao mercado americano ainda nesta década. A nova empresa se localizará em área da AREVA em Richland, estado de Washington.

3- Empresas francesas e japonesas assinaram acordo de cooperação para reabilitação do sítio de Fukushima e também para o início da operação comercial da usina de reprocessamento de

combustível usado de Rokkasho.

### **França – Kuwait**

Fundos soberanos do Kuwait e da França vão investir no aumento de capital da AREVA. A autoridade de investimentos do Kuwait (KIA) ofereceu 600 milhões de euros por 4,8% das ações da AREVA e a ministra francesa de economia disse que a França ofertará 300 milhões de euros.

### **França – Marrocos**

A França assinou com o Marrocos acordo de cooperação para o desenvolvimento civil de energia nuclear para fins pacíficos no Marrocos que não tem fontes energéticas em seu território a não ser minério associado a urânio.

### **França – Polônia**

Em outubro de 2012 as companhias francesas Areva e EDF assinaram um memorando de entendimento tripartite com a empresa polonesa Energoprojekt como parte dos esforços para desenvolver um programa nuclear civil no país.

### **França – República Checa**

O fornecedor francês Areva e várias companhias Checas assinaram, em Praga, acordo de cooperação como parte da qualificação do fornecedor francês para a construção de futuros reatores EPR, incluindo os reatores checos planejados de Temelin-3 e -4. As empresas tchecas são a ABB, Abegu, Arako spol, Baest máquinas e estruturas, Excon Steel, I & C Energo, Kralovopolska RIA, Mandik, Metra Blansko, Modrany Energia, Schneider Electric CZ, Sigma Group, grupo Machinery Vitkovice e ZVVZ Engineering.

### **França – Rússia**

As empresas EDF e Rosatom acordaram, em junho de 2010, cooperar em pesquisa e desenvolvimento em combustível, operação de usinas e construção, além de troca de experiências e treinamentos de seus funcionários.

### **Europa – Bulgária**

A Westinghouse Europa (agora uma empresa da Toshiba japonesa) e a Bulgarian Energy Holding EAD (BEH) assinaram acordo para a cooperação nuclear civil, que inclui suporte técnico para as usinas em operação, extensão de vida, instrumentação e controle e descomissionamento.

### **Suécia – Emirados Árabes**

A empresa sueca Alfa Laval ganhou a concorrência para fornecer os trocadores de calor para a central dos Emirados Árabes em Brakka. O valor do contrato é 9,5 milhões de dólares.

## **Jordânia - Argentina**

A Argentina e a Jordânia assinaram acordo intergovernamental para a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear que cobre atividades de pesquisa e aplicações nucleares, a produção de radioisótopos, a exploração mineral, a construção e operação de reatores de potência e de pesquisa, a fabricação de componentes e o processamento de resíduos nucleares.

## **Jordânia – Coréia do Sul**

Um consórcio liberado pela Coréia do Sul através da Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), ganhou a concorrência para fornecer o reator de pesquisa de 5 MW para a Jordânia. Associado a este contrato será construída uma fábrica de radioisótopos e seus anexos relacionados nos próximos cinco anos.

## **Jordânia – Inglaterra**

O secretário de relações exteriores da Grã-Bretanha David Miliband assinou acordo de cooperação nuclear com a Jordânia (Nasser Judeh). Durante o evento o secretário elogiou a posição transparente da Jordânia em relação à energia nuclear e reafirmou o comprometimento de seu país com o desenvolvimento de programas civis nucleares em países árabes.

## **Jordânia – Japão**

O Japão e a Jordânia assinaram acordo de cooperação, com duração de 5 anos, no qual o Japão irá dar suporte ao processo de desenvolvimento do uso pacífico da energia nuclear na Jordânia. Tecnologia, treinamento e infraestrutura estão entre os principais pontos do acordo.

## **Jordânia – Turquia**

Acordo de cooperação nuclear assinado entre os países nas áreas de operação de centrais, serviços, fornecimento de combustíveis, exploração de urânio e proteção radiológica. A Jordânia assinou acordo similar com outra 11 nações.

## **Argentina – Canadá**

1-A Argentina e o Canadá assinaram acordo para estender os acordos de cooperação existentes relativos ao reator CANDU-6 e ao desenvolvimento do Advanced Candu Reactor (ACR-1000). Um acordo similar existe com a China.  
2- Assinado contratos entre a Nucleoelectrica Argentina e SNC-Lavalin para aumento da vida útil da usina Embalse em 30 anos com transferência de tecnologia e desenvolvimento industrial. O processo prevê também aumento de potência.

## **Argentina – Arábia Saudita**

A Argentina, através de seu Ministro Julio de Vido, e a Arábia Saudita assinaram acordo de cooperação para a construção e operação de reatores nucleares tanto para pesquisa como para a geração de energia. No escopo estão atividades de segurança, resposta a emergências,

gestão e tratamento de resíduos e uso da tecnologia na indústria, medicina e agricultura.

### **Argentina – Coréia do Sul**

A Argentina, através de seu Ministro Julio de Vido, assinou em 16 setembro de 2010, um memorando de cooperação com a Coréia do Sul (Ministro da Economia Choi Kyoung-hwan), objetivando novos projetos nucleares e extensão de vida das usinas existentes na Argentina.

### **Argentina - Turquia**

A Comissão Nacional de Energia Atômica-CNEA e o organismo similar da Turquia, a TAEK, firmaram um acordo (janeiro 2011) de cooperação nuclear. O interesse da TAEK é contar com radioisótopos nacionais e o reator nuclear argentino (CAREM).

### **Brasil – União Europeia**

O governo brasileiro fechou com a Comunidade Européia de Energia Atômica (Euratom) um acordo para pesquisa na área de fusão nuclear que englobará troca de informações científicas e técnicas, intercâmbio de cientistas e engenheiros, organização de seminários e realização de estudos e projetos.

### **Coréia do Sul – Republica Checa**

A empresa Doosan Heavy Industries & Construction da Coréia do Sul informou que está em acordo de compra da empresa de Equipamentos Pesados SKOPDA Power da Republica Checa, que lhe dará o direito sobre a tecnologia de turbinas à vapor. O acordo está orçado em 450 milhões de euros e permitirá expansão dos negócios da Doosan que desta forma se torna um fornecedor completo para usinas de energia.

### **Coréia do Sul – Egito**

O Egito solicitou formalmente à Coréia do Sul ajuda para treinar seus técnicos e engenheiros na área nuclear e a atividade deve ainda este ano, segundo a International Cooperation Agency (KOICA). Esta agência tem experiência nesta atividade já tendo trabalhado junto com a AIEA em treinamento nuclear para 400 engenheiros do Vietnã, Indonésia e Nigéria.

### **Austrália – Emirados Árabes**

Austrália assinou um acordo de cooperação nuclear autorizando a exportação de urânio para os Emirados Árabes Unidos, onde começou recentemente a construção do segundo reator nuclear, de quatro planejadas. Emirados Árabes Unidos se tornaram o primeiro mercado de exportação de urânio da Austrália no Oriente Médio e é "um passo em frente" para os planos dos Emirados Árabes Unidos de ter energia nuclear domesticamente.

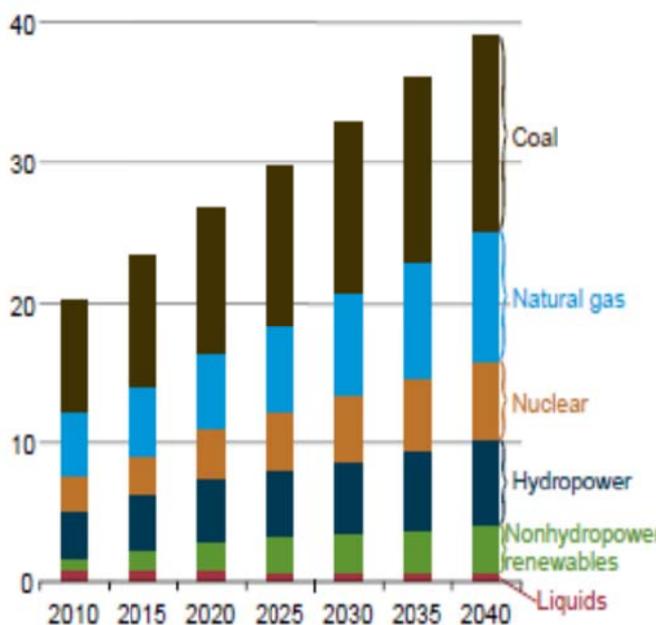
### **Japão – Polônia**

Assinado acordo entre as empresas GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) e Energoprojekt Warszawa, S.A. (EW) para verificar a possibilidade de parceria no desenvolvimento de reator nuclear com suprimento de serviços de engenharia, construção e montagem entre ambas.

## VI – Ambiente e Sociedade

É assustador que em pleno século 21 ainda tenhamos 20% da população mundial, cerca 1,4 bilhões de pessoas, vivendo sem acesso à eletricidade. Outro bilhão vive com suprimento de baixa qualidade e/ou sem garantia de fornecimento. Quase metade da população mundial (2,7 bilhões de pessoas) ainda depende de biomassa (carvão vegetal) para cozinhar ou se aquecer. O programa da ONU de fornecer eletricidade de qualidade a todas as pessoas até 2030 (o chamado Energy for All) é indispensável para o atingimento da meta do milênio da própria organização de erradicar a extrema pobreza, o que não será factível sem esta questão esteja solucionada.

A energia é a chave para o planeta e para o estilo de vida da humanidade. Ela garante postos de trabalho, segurança, produção de alimentos, transporte e tudo mais. Na falta dela, as economias do mundo, os países, ecossistemas, etc., não funcionam. Apesar de enormes ganhos em acesso global a eletricidade ao longo das duas últimas décadas, os governos e organizações de desenvolvimento devem continuar a investir em eletrificação para alcançar a saúde, proteção ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. Os problemas nos países em desenvolvimento podem parecer insuperáveis: a escassez de água potável, sistemas de saneamento básicos inadequados, o acesso limitado à eletricidade, baixa produtividade agrícola (devido à má irrigação), uso ambientalmente insustentável de recursos, e assim por diante. Para ajudar a resolver estas questões, a tecnologia nuclear se apresenta como a tecnologia disponível mais madura, com menor emissão de carbono, sendo capaz de gerar grandes quantidades de energia para suprir as necessidades da sociedade em termos de qualidade, quantidade e confiabilidade.



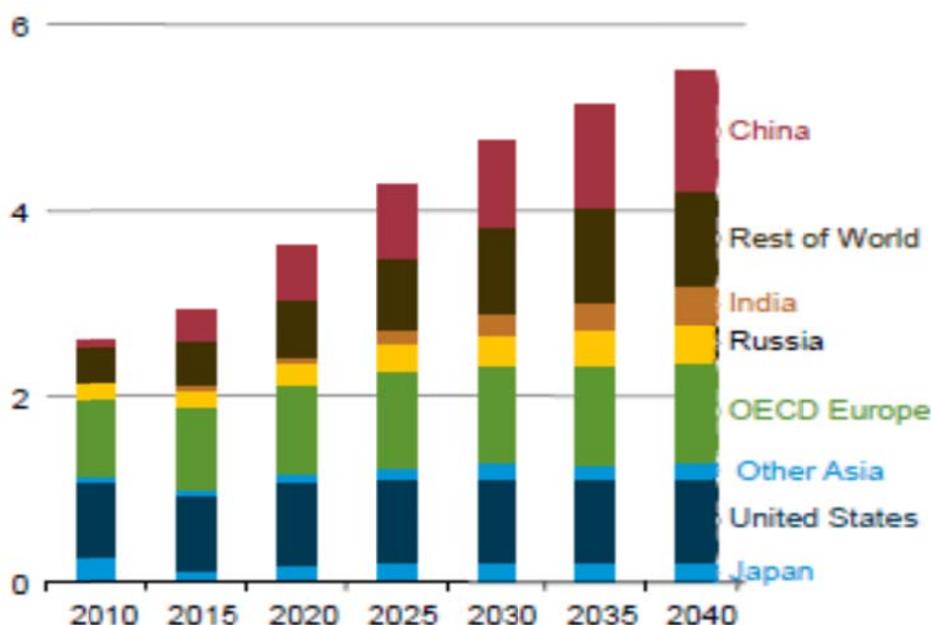
Geração líquida de energia elétrica entre 2010 e 2040  
Fonte EIA-US DoE (em trilhões de kWh)

Em 2009, cerca de 70% da energia não poluente gerada nos Estados Unidos foi proveniente de fonte nuclear que participou com apenas 20% do total de energia elétrica gerado no país. A indústria nuclear opera em geral a uma taxa de 90% de sua capacidade, não dependendo da sazonalidade climática.

O reposicionamento de vários líderes ambientalistas quanto à questão nuclear como o ativista Patrick Moore e Stephen Tindale (ex-Greenpeace), James Lovelock (teoria de Gaia), Hugh Montefiore (Friends of the Earth), Stewart Brand (Whole Earth Catalog) mostram a desmistificação do assunto que agora é tratado de forma mais técnica e menos dogmática. A independência energética é fator de segurança e riqueza para os países e a energia nuclear por ser uma fonte de grande porte, operando na base dos sistemas, produzida localmente, livre de emissões do efeito estufa é candidata a atender a estas

condições.

A oposição à energia nuclear movida por ambientalistas levou a um bilhão de toneladas extras de dióxido de carbono - CO2 bombeadas diretamente para a atmosfera, uma vez que a energia que novas nucleares não geraram foi suprida por usinas movidas à combustível fóssil. A disponibilidade e a acessibilidade da energia em especial a elétrica se tornaram indispensável para as condições de trabalho da sociedade moderna. A segurança de suprimento é preocupação de todos os governos porque ela provê os serviços essenciais para a produção, a comunicação e o comércio.



**Previsão até 2040 de Geração Nuclear líquida por região (IEA 2013-USDoE)**

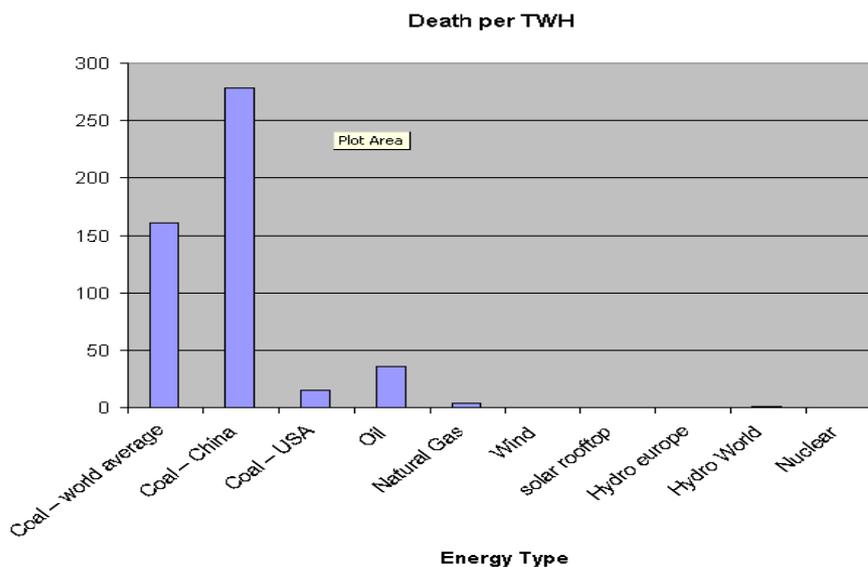
A segurança energética está intrinsecamente ligada às preferências geopolíticas, as estratégias tecnológicas escolhidas e às orientações das políticas sociais definidas pelos diversos países. A combinação das condições de fronteiras, da vizinhança, da localização continental e dos recursos internos leva a grande diversidade de entendimento do conceito de segurança energética e também da sustentabilidade. A política mundial de energia precisa de uma significativa revisão por razões que incluem desde a segurança energética até balanço de pagamentos e preocupações ambientais de cada país.

Desastres ambientais devidos às buscas, a qualquer custo, de combustíveis fósseis trazem hoje um custo que a sociedade não quer e não pode mais pagar.

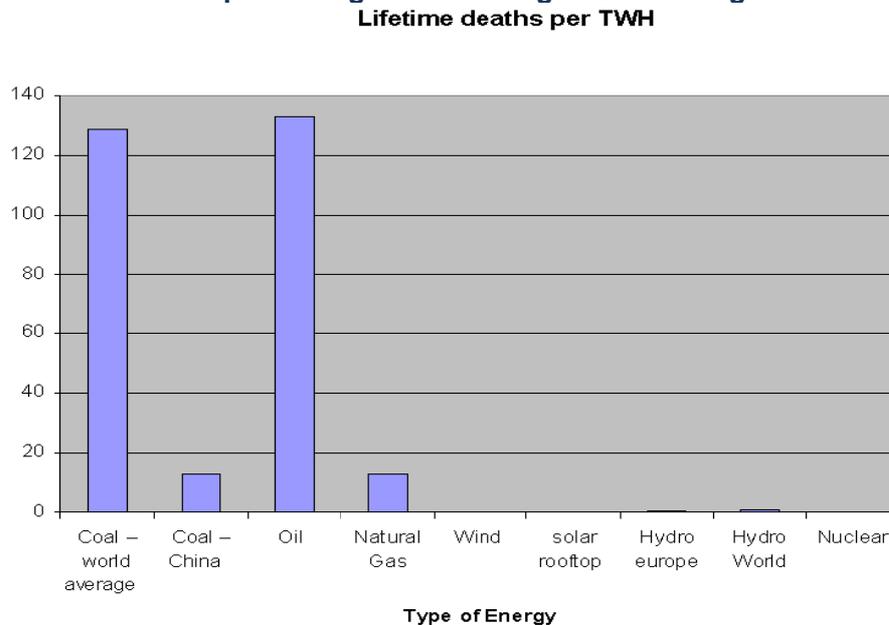
A implantação de um projeto nuclear sempre levanta questões sobre os riscos associados tais como a liberação de radiação em condições de rotina e/ou em caso de acidente; a deposição dos resíduos e a questão da proliferação de armas nucleares. Essas preocupações necessitam tratamento adequado e a sociedade como um todo precisa ser informada em linguagem clara e simples para que decisões não sejam tomadas em desarmonia com a sua vontade, ou sob efeito da emoção. Evitar conflitos só é possível quando a comunicação chega a todos adequadamente.

Para criar um paralelo de comparação apresenta-se um indicador de qualificação de risco para uma fonte geração de energia: o de óbitos registrados por TWh gerado pela forma de geração e também ao longo da vida da usina.

### Quantidade de óbitos por TWh gerado por tipo de Energia



### Quantidade de óbitos por TWh gerado ao longo da vida do gerador de energia



<http://nextbigfuture.com/2011/03/deaths-per-twh-by-energy-source.html>

As empresas nucleares dos Estados Unidos e da Europa estão sendo incluídas nos indicadores de sustentabilidade de Bolsas de Valores como a de Nova York (Dow Jones Sustainability World Index - DJSI World). Este indicador é um altíssimo padrão internacional e qualquer empresa com ações em Bolsa quer fazer parte dele devido a sua credibilidade e isenção. As empresas nucleares incluídas em 2009 foram as alemãs EOn e RWE, as espanholas Endesa e Iberdrola, as americanas Entergy e Pacific Gas & Electric, a italiana ENEL e a finlandesa Fortum.

O aquecimento do mercado de trabalho na indústria nuclear traz mais estudantes universitários para esta tecnologia e cria um círculo virtuoso para o setor com mais universidades criando cursos na área. Esta é uma estratégia defendida pela AIEA em suas recentes conferências sobre desenvolvimento nuclear onde se dá muito ênfase ao treinamento e ao aprendizado.

Existe hoje falta de mão de obra especializada em quase todas as atividades e mais ainda na nuclear que requer muita qualificação. Treinar os treinadores também é uma meta da AIEA que tem oferecido cursos para treinadores que já foram frequentados por mais de 700 especialistas.

Os Estados Unidos (DoE) investiram 17 milhões em bolsas de estudos para pesquisadores de universidades para especificamente desenvolver a tecnologia da próxima geração de reatores de energia, tentando desta forma manter a liderança neste campo. Além disso, o Idaho National Laboratory (INL) está investindo 50 milhões na construção de um centro dedicado à pesquisa e educação na área nuclear, que faz parte do programa de atualização da infraestrutura do laboratório.

O acidente de Fukushima deve atrasar um pouco todo este processo mundial sem, contudo cancelá-lo.

Outro ponto a ser considerado é o programa **Megatons to Megawatts (M2M)** que, até agosto de 2011, eliminou o equivalente a 17.000 ogivas de armas nucleares, através da reciclagem de 500 milhões de toneladas (MT) de urânio altamente enriquecido (90%) que foi transformado em combustível para usinas nucleares de geração de energia elétrica.

Durante os 20 anos do programa **M2M**, os russos desmantelaram milhares de armas nucleares e geraram centenas de milhões de libras peso de urânio equivalente na forma de urânio pouco enriquecido- LEU a 4% que foi entregue às geradoras nucleares, a maioria americana, para uso em reatores comerciais de geração elétrica. Por muitos anos as entregas deste urânio evitou a mineração de 24 milhões de libras peso.

O programa expira no fim de 2013. Haverá pressão no suprimento internacional de urânio.

## VII – Combustível

### Urânio



Produção do Yellowcake – foto INB

O urânio, metal encontrado em formações rochosas da crosta terrestre, é extraído do minério, purificado e concentrado sob a forma de um sal de cor amarela, conhecido como "yellowcake", matéria prima do ciclo do combustível para produção da energia gerada em um reator nuclear. Ele é abundante e existem tecnologias capazes de extrair material suficiente para atender até 60 vezes as necessidades do consumo. As minas produzem cerca de 60.000 toneladas por ano, mas parte do mercado é suprida por fontes secundárias como o desmantelamento de armas nucleares. O maior uso do metal é na geração de energia elétrica.



Minério de Urânio - foto INB

A mineração e a produção de concentrado de urânio ( $U_3O_8$ ) constituem a primeira etapa do ciclo do combustível, compreendendo a extração do minério da natureza (incluindo as fases de prospecção pesquisa) e beneficiamento, transformando-o no "yellowcake", composto de  $U_3O_8$ . Importante destacar que este óxido serve a todas as tecnologias de reatores nucleares, sendo hoje considerada uma "commodity".

Produção das minas (ton U) - WNA								
Pais	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Cazaquistão</b>	4357	5279	6637	8521	14020	17803	19451	21317
<b>Canadá</b>	11628	9862	9476	9000	10173	9783	9145	8999
<b>Austrália</b>	9516	7593	8611	8430	7982	5900	5983	6991
<b>Niger (est)</b>	3093	3434	3153	3032	3243	4198	4351	4667
<b>Namíbia</b>	3147	3067	2879	4366	4626	4496	3258	4495
<b>Rússia</b>	3431	3262	3413	3521	3564	3562	2993	2872
<b>Uzbequistão</b>	2300	2260	2320	2338	2429	2400	2500	2400
<b>USA</b>	1039	1672	1654	1430	1453	1660	1537	1596
<b>China (est)</b>	750	750	712	769	750	827	885	1500
<b>Malawi</b>					104	670	846	1101
<b>Ucrânia (est)</b>	800	800	846	800	840	850	890	960
<b>África do Sul</b>	674	534	539	655	563	583	582	465
<b>Índia (est)</b>	230	177	270	271	290	400	400	385
<b>Brasil</b>	110	190	299	330	345	148	265	231
<b>República Tcheca</b>	408	359	306	263	258	254	229	228
<b>Romênia (est)</b>	90	90	77	77	75	77	77	90
<b>Alemanha</b>	94	65	41	0	0	8	51	50
<b>Paquistão (est)</b>	45	45	45	45	50	45	45	45
<b>França</b>	7	5	4	5	8	7	6	3
<b>total Mundo</b>	<b>41 719</b>	<b>39 444</b>	<b>41 282</b>	<b>43 764</b>	<b>50 772</b>	<b>53 671</b>	<b>53 493</b>	<b>58 394</b>
<b>ton U3O8</b>	49 199	46 516	48 683	51 611	59 875	63 295	63 084	68 864
<b>Demanda percentual no mundo</b>	65%	63%	64%	68%	78%	78%	85%	86%

Para cada MW instalado em reator de tecnologia “água leve” (LWR) consome-se tipicamente 178 kg/ano de  $U_3O_8$ .

Os recursos mundiais de urânio podem ser divididos em: razoavelmente assegurados e estimados, sendo considerados de baixo, médio ou alto custo aqueles com custos de exploração menores do que 40 dólares/kgU, entre 40 e 80 dólares/kgU, e superiores a 80 dólares/kgU, respectivamente.

Além disso, os custos associados à classificação do recurso dependem, naturalmente, do método de produção. Cerca de 60% da produção de urânio no mundo vêm de minas do Cazaquistão (36,5%), Canadá (15%) e da Austrália (12%) e esta produção vinha caindo desde os anos de 1990 devido à queda dos preços no mercado internacional. Recentemente a produção retomou o crescimento e hoje atende cerca de 67% das necessidades de geração de energia.

As fontes de urânio já identificadas são suficientes para suprir 60 a 100 anos de operação das usinas existentes no mundo e ainda os cenários de maior expansão previstos até 2035 pela AIEA.

O Cazaquistão, tornou-se, ao final de 2009 o maior produtor mundial de urânio após aumentar enormemente a sua produção, quando atingiu a marca de 14.000 toneladas anuais.

A produção mundial aumentou 6% em 2011, com o Cazaquistão sendo novamente o maior produtor. As maiores empresas produtoras em 2010 foram Kazatomprom (do Cazaquistão); Cameco (do Canadá), Areva (da França), Rio Tinto (Austrália) e Atomredmetzoloto (da Rússia).

Todas estas empresas tem negócios em todos os continentes.

Segundo a KazAtomProm (estatal do Cazaquistão que minera o urânio do país) a medida que indústria nuclear se desenvolve e o suprimento de urânio no mercado secundário diminui cresce a possibilidade de déficit de combustível nuclear no mercado e para isso a empresa está se preparando através de aumento de produção e ampliação de capacidade que atenderá ao pico de demanda previsto para 2016. Os investimentos são da ordem de 20 milhões de dólares. Em contraste o Canadá e a Austrália diminuiram suas produções enquanto Rússia e Uzbequistão as mantiveram constantes.

O urânio é minerado em 20 países, sendo que 7 deles (Austrália, Canadá, Cazaquistão, Namíbia, Níger, Rússia e Uzbequistão) respondem por 90% da produção.

Reservas de urânio por País – 2011 – WNA

País	Toneladas U	% Mundo
<b>Australia</b>	<b>1.661.000</b>	<b>31%</b>
<b>Cazaquistão</b>	<b>629.000</b>	<b>12%</b>
<b>Rússia</b>	<b>487.200</b>	<b>9%</b>
<b>Canadá</b>	<b>468.700</b>	<b>9%</b>
<b>Niger</b>	<b>421.000</b>	<b>8%</b>
<b>África do Sul</b>	<b>279.100</b>	<b>5%</b>
<b>Brasil</b>	<b>276.700</b>	<b>5%</b>
<b>Namíbia</b>	<b>261.000</b>	<b>5%</b>
<b>USA</b>	<b>207.400</b>	<b>4%</b>
<b>China</b>	<b>166.100</b>	<b>3%</b>
<b>Ucrânia</b>	<b>119.600</b>	<b>2%</b>
<b>Uzbequistão</b>	<b>96.200</b>	<b>2%</b>
<b>Mongólia</b>	<b>55.700</b>	<b>1%</b>
<b>Jordânia</b>	<b>33.800</b>	<b>1%</b>
<b>Outros</b>	<b>164.000</b>	<b>3%</b>
<b>total mundial</b>	<b>5.327.200</b>	

<b>WNA- 2012 - Minas de Produção de Urânio 8 maiores empresas produtoras (82%)</b>		
<b>Empresa</b>	<b>toneladas U</b>	<b>%</b>
<b>KazAtomProm</b>	<b>8.863</b>	<b>15</b>
<b>Areva</b>	<b>8.641</b>	<b>15</b>
<b>Cameco</b>	<b>8.437</b>	<b>14</b>
<b>ARMZ - Uranium One</b>	<b>7.629</b>	<b>13</b>
<b>Rio Tinto</b>	<b>5.435</b>	<b>9</b>
<b>BHP Billiton</b>	<b>3.386</b>	<b>6</b>
<b>Paladin</b>	<b>3.056</b>	<b>5</b>
<b>Navoi</b>	<b>2.400</b>	<b>4</b>
<b>Outras</b>	<b>10.548</b>	<b>18</b>
<b>Total</b>	<b>58.394</b>	<b>100</b>

Atualmente são usadas por ano cerca de 68 mil toneladas. Com o uso apenas em reatores convencionais este valor é suficiente para alimentá-los por 80 anos. Se forem necessários combustíveis para mais reatores os preços deverão aumentar considerando-se as bases geológicas conhecidas no momento.

A crise financeira global de 2008-2010 teve impacto na produção de urânio, causando a redução de produção de algumas minas. O preço do urânio teve forte queda devido à redução de demanda. Até 2013 a queda de preços continuava acentuada.

A diminuição dos preços, a inflação devido ao aumento dos custos de produção, menor crescimento do desenvolvimento e produção das minas e, mais recentemente o acidente das usinas no Japão, forçaram algumas empresas produtoras de urânio a colocar suas indústrias em manutenção. Contudo, a entrada em operação de novas usinas em final de construção e a eventual recuperação da economia global deverão, a médio prazo, elevar a demanda de urânio no mercado internacional.

Segundo a consultoria UxC, a Ásia deverá liderar esse aumento de capacidade e ultrapassará a América do Norte, atualmente a maior consumidora. O consumo mundial de U3O8 deverá crescer de 44,4 mil toneladas para 110 mil toneladas em 2030. Foi levantada ainda a demanda projetada para os próximos 20 anos, que preconiza uma necessidade crítica de aumento de produção, uma vez que no último ano as minas primárias produziram apenas 43,8 mil toneladas do minério.

No Brasil a estatal Indústrias Nucleares do Brasil (INB) estima que as reservas da mina de Santa Quitéria cheguem a 142,5 mil toneladas de urânio. A capacidade produtiva plena de 1,5 mil toneladas de concentrado de urânio por ano será alcançada em 2015 e os investimentos necessários para viabilizar o projeto são da ordem de US\$ 35 milhões.

No quadro a seguir é apresentada a expectativa das necessidades de urânio, considerando os reatores em operação, os em construção, os planejados e os propostos por cada país conforme compilado pelo World Nuclear Association – WNA até outubro de 2013.

País	GERAÇÃO NUCLEAR DE ELETRICIDADE 2012		REATORES OPERACIONAIS		REATORES EM CONSTRUÇÃO		REATORES PLANEJADOS		REATORES PROPOSTOS		URANIO NECESSÁRIO 2013
			out/13		out/13		out/13		out/13		
	bilhões kWh	% e	No.	MWe liq.	No.	MWe bruto	No.	MWe bruto	No.	MWe bruto	toneladas U
Argentina	5.9	4.7	2	935	1	745	1	33	2	1400	212
Armenia	2.1	26.6	1	376	0	0	1	1060			86
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	2	2000	0	0	0
Belarus	0	0	0	0	0	0	2	2400	2	2400	0
Belgium	38.5	51.0	7	5943	0	0	0	0	0	0	1017
Brazil	15.2	3.1	2	1901	1	1405	0	0	4	4000	321
Bulgaria	14.9	31.6	2	1906	0	0	1	950	0	0	317
Canada	89.1	15.3	19	13553	0	0	2	1500	3	3800	1764
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4400	0
China	92.7	2.0	17	13842	30	32690	59	64420	118	122000	6711
Czech Republic	28.6	35.3	6	3766	0	0	2	2400	1	1200	574
Egypt	0	0	0	0	0	0	1	1000	1	1000	0
Finland	22.1	32.6	4	2741	1	1700	0	0	2	3000	1127
France	407.4	74.8	58	63130	1	1720	1	1720	1	1100	9320
Germany	94.1	16.1	9	12003	0	0	0	0	0	0	1889
Hungary	14.8	45.9	4	1880	0	0	0	0	2	2200	357
India	29.7	3.6	20	4385	7	5300	18	15100	39	45000	1326
Indonesia	0	0	0	0	0	0	2	2000	4	4000	0
Iran	1.3	0.6	1	915	0	0	1	1000	1	300	172
Israel	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17000	0
Japan	17.2	2.1	50	44396	3	3036	9	12947	3	4145	366
Jordan	0	0	0	0	0	0	1	1000			0
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	2	600	2	600	0
Korea DPR (North)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	950	0
Korea RO (South)	143.5	30.4	23	20787	5	6870	6	8730	0	0	4218
Lithuania	0	0	0	0	0	0	1	1350	0	0	0
Malaysia	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
Mexico	8.4	4.7	2	1600	0	0	0	0	2	2000	270
Netherlands	3.7	4.4	1	485	0	0	0	0	1	1000	103
Pakistan	5.3	5.3	3	725	2	680	0	0	2	2000	117
Poland	0	0	0	0	0	0	6	6000	0	0	0
Romania	10.6	19.4	2	1310	0	0	2	1310	1	655	177
Russia	166.3	17.8	33	24253	10	9160	28	29180	18	18236	5090
Saudi Arabia	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17000	0
Slovakia	14.4	53.8	4	1816	2	942	0	0	1	1200	675
Slovenia	5.2	53.8	1	696	0	0	0	0	1	1000	137
South Africa	12.4	5.1	2	1830	0	0	0	0	6	9600	305
Spain	58.7	20.5	7	7002	0	0	0	0	0	0	1357
Sweden	61.5	38.1	10	9388	0	0	0	0	0	0	1505
Switzerland	24.4	35.9	5	3252	0	0	0	0	3	4000	521
Thailand	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5000	0
Turkey	0	0	0	0	0	0	4	4800	4	4500	0
Ukraine	84.9	46.2	15	13168	0	0	2	1900	11	12000	2352
UAE	0	0	0	0	2	2800	2	2800	10	14400	0
United Kingdom	64.0	18.1	16	10038	0	0	4	6680	9	12000	1828
USA	770.7	19.0	100	98951	3	3618	9	10860	15	24000	19622
Vietnam	0	0	0	0	0	0	4	4000	6	6700	0
WORLD**	2346		432	371,9	70	73,366	173	187,74	314	356,99	64,978

## Tório

O tório tem um grande potencial como combustível alternativo ao urânio. Segundo o diretor do Institute of Nuclear Science at the University of Sydney, Reza Hashemi-Nezhad, o tório apresenta vantagens em relação ao urânio porque na operação de uma usina, ele não gera plutônio nem outros materiais que podem se destinar a armas nucleares, não oferecendo, portanto, riscos à proliferação. Por não ser um material normalmente fissil não pode ser usado em reatores térmicos com fluxo de neutros, mas ele absorve nêutrons e se transforma em bom combustível (urânio 233).

Existe um reator ADS (accelerator-driven nuclear reactor) que poderia usar tório como combustível e poderia incinerar seu próprio resíduo e também o de outras usinas nucleares abastecidas com urânio. Ainda não é operacional.

O tório é 4 vezes mais abundante no planeta que o urânio e os depósitos conhecidos (principalmente na Austrália, Índia, USA, Brasil, etc..) poderiam fornecer energia por milhares de anos.

Somente a Índia tem um programa nuclear baseado em tório, mas o processo não usa o combustível puro. O país espera ter um protótipo de usina à tório operando até o final da década. Ratan Kumar Sinha, diretor da Bhabha Atomic Research Centre em Mumbai, Índia, informou que sua equipe está finalizando o sítio para a construção de uma central de 300MW movida a tório, com um reator AHWR (Advanced Heavy Water Reactor) que tem a flexibilidade de usar combinações de combustíveis como plutônio-tório ou urânio-tório (com baixo enriquecimento).

A não geração de plutônio pode ser fator de competitividade dependendo do que cada país deseja no seu programa nuclear. É provável que o pouco desenvolvimento do tório em décadas se deva ao fato de ele não atender as ambições militares. Os nuclídeos gerados são gama radioativos, rastreáveis e facilmente detectáveis o que dificulta seu uso ilícito.

## VIII - Combustível Irradiado, Radiação, Rejeitos e Reprocessamento

Toda atividade humana produz resíduos. Nenhuma tecnologia é absolutamente segura ou livre de impactos ambientais.

### Combustível irradiado

Resíduos convencionais são restos provenientes de quaisquer atividades ou processos de origens industrial, hospitalar, comercial, agropecuária e outros, incluindo os lodos e cinzas provenientes de sistema de controle de poluição ou de tratamento de água, nos estados sólido, semi-sólido e/ou líquido.

Segundo a AIEA, a descarga anual de combustível irradiado proveniente de todos os reatores de geração de energia elétrica é de 10.500 toneladas (de metal pesado).

Alguns países veem o combustível irradiado como rejeito que deve ser guardado em repositórios definitivos para alta radiação. Outros países veem este material como um recurso energético para ser reprocessado e reutilizado.

#### **Usina de Reprocessamento Sellafield Cumbria – Inglaterra**

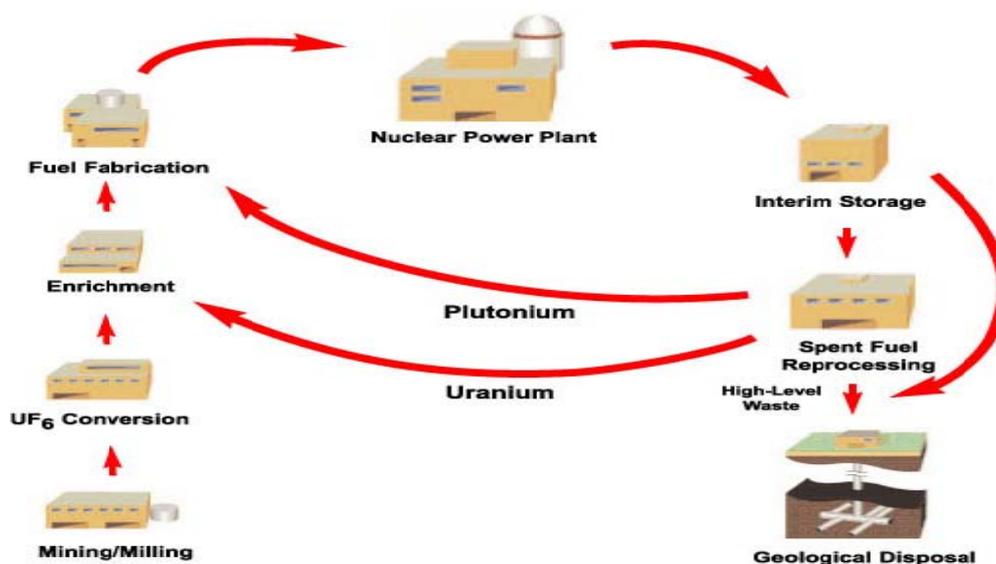


Desta forma, existem duas estratégias de gerenciamento deste material sendo implementadas no mundo. A primeira é o reprocessamento ou armazenagem para futuro reprocessamento, de forma a extrair o combustível ainda existente no material irradiado (Urânio e Plutônio) para produzir o MOX (óxido misto de Urânio e Plutônio) que será usado como combustível em usinas preparadas para tal. Cerca de 33% da descarga mundial tem sido reprocessada.

Na segunda estratégia o combustível usado é considerado rejeito e é armazenado preliminarmente até a sua disposição final. A experiência de 50 anos no manuseio deste material se mostrou segura e eficiente em ambas as tecnologias que foram até agora empregadas – armazenamento a seco ou em piscinas (Wet and Dry technologies). Nos dois casos o combustível irradiado é primeiramente armazenado na piscina do reator e depois em repositórios intermediários que podem ser na própria usina.

Hoje os países que reprocessam combustível nuclear são China, França, Índia, Japão, Rússia e Reino Unido. Os que guardam podendo reprocessar no futuro são Canadá, Finlândia e Suécia.

Os Estados Unidos não estão completamente definidos sobre a tecnologia a usar. A grande maioria dos demais países sequer definiu a estratégia e estão armazenando seu combustível usado e aguardando maior desenvolvimento das tecnologias associadas a ambas as estratégias.



**Ciclo do Combustível Nuclear**

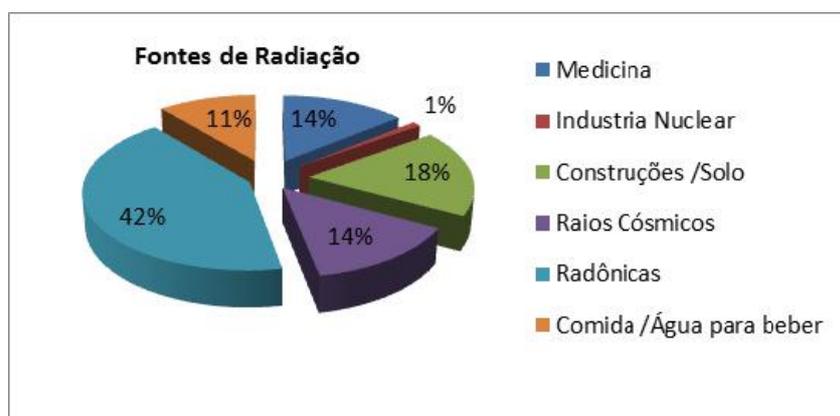
Em 2006 cerca de 180 toneladas de MOx foram usadas em dois reatores BWR e em 30 reatores PWR em diversos países (Bélgica, França, Suíça, Alemanha, etc.). O maior uso é esperado no Japão e na Índia a partir de 2010.

Programas de depósitos definitivos para combustível irradiado estão em andamento em diversos lugares, mas nenhum deles deve operar comercialmente antes de 2020. O fato de não haver nenhum depósito definitivo em operação não significa que não se tenha concebido uma solução para o tratamento dos rejeitos. A tecnologia de tratamento para deposição definitiva compreende o isolamento dos materiais através de blindagem e vitrificação e em seguida o seu depósito em cavidades rochosas estáveis. Neste local o material deverá permanecer contido até o seu decaimento a níveis que não causem danos à espécie humana ou ao meio ambiente.

O desenvolvimento de soluções inovativas como o projeto Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) na Bélgica oferecem outras possibilidades para o tratamento de resíduo nuclear como a transmutação. Apesar de uma fábrica com grande capacidade ainda estar muito distante, um projeto piloto (ao custo de 1 bilhão de euros) deverá ser comissionado até 2019 no Centro Belga de Pesquisas Nucleares-SCK, como parte do projeto Myrrha. Os testes levarão 5 anos até o início da operação comercial, porém poderão levar a uma grande redução na quantidade e no tamanho dos depósitos permanentes para resíduos de alta atividade.

## Radiação

Como muitas coisas na natureza a radiação pode ser boa ou ruim dependendo da quantidade. No nosso planeta existe uma radiação natural de fundo (natural background source) à qual todos nós estamos submetidos todos os dias. O ser humano está adaptado a essas fontes. O sol, as rochas de granito, as areias monazíticas, outros materiais naturalmente radioativos encontrados no ar, no mar e na terra fazem parte dessa radiação. As radiações de fundo variam enormemente pelas regiões do mundo dependendo de fatores como composição de rochas no ambiente, altitude, etc.



**Apenas 15% das emissões é provocada pelo homem (medicina e indústria nuclear)**

A radiação produzida por um reator nuclear é similar à natural só que mais intensa, e por isso ele tem as proteções necessárias de forma a isolar a radiação do ambiente e das pessoas. As doses de radiação recebidas pela humanidade são, em mais de 85%, vindas da natureza.

Tipos de Radiação	Características - Perigo Apresentado
ALFA	Não penetra na pele – perigoso apenas se ingerido
BETA	podem ser barrados por madeira/ alumínio, etc. – pouco perigo
Raio GAMA	perigoso para pessoas - precisa ser isolado
Raio X	perigoso para pessoas - precisa ser isolado
Radiação CÓSMICA	Partículas que veem do espaço muito perigosas, não fosse a proteção da atmosfera terrestre
NEUTRONS	produzidos por fissão nuclear, podem causar danos ao homem - precisa ser isolado

Os sentidos dos seres humanos não são capazes de detectar radiação e por isso são necessários equipamentos de detecção para a medição de tais liberações, sejam elas naturais ou derivadas de acidentes. Diariamente cada habitante do planeta recebe uma carga radioativa que varia conforme sua localização e/ou atividade desenvolvida. Procedimentos médicos já corriqueiros na sociedade acrescentam doses extras de radiação ao corpo humano.

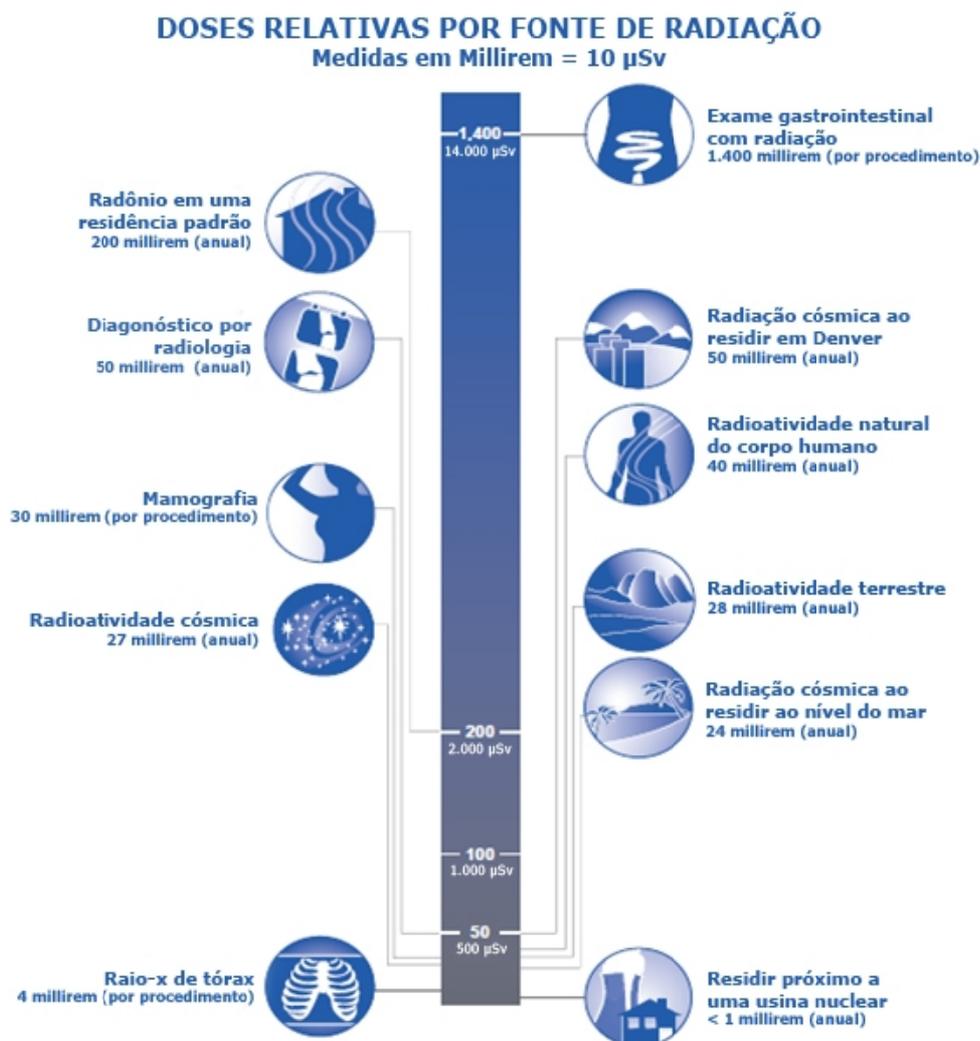
A tabela abaixo dá exemplos de dose radioativa por procedimento médico realizado:

Procedimento Médico	Dose em mSv
Radiografia Dental	0,005
Mamografia	2
Scan de Cérebro	0,8 a 5
Scan de Mama	6 a 18
Raio-X Gastrintestinal	14

A unidade de medida de exposição à radiação é o Sievert (Sv) e seus derivados, o mili Sievert – mSv (um milésimo do Sievert =0,001 Sv) e o micro Sievert -  $\mu$ Sv (milionésimo do Sievert =0,000001 Sv). Esta é a unidade internacional que define os padrões para as proteções contra a radiação, levando em conta os diferentes efeitos biológicos dos diferentes tipos de radiação.

As doses são cumulativas quando a fonte é constante:

$\mu$ Sv/h = 1 milionésimo do Sievert por hora de exposição (0,000001 Sv/h). Outra unidade usada é o Rem que é igual a 0,01 Sv.



A partir de EPA – Radiations: Risks and Realities

Comparado com outros eventos que afetam a saúde das pessoas a Radioatividade é um dos assuntos mais estudados e compreendidos pela ciência. Em cada país os padrões de proteção são estabelecidos em acordo com as recomendações da Comissão Internacional para a Proteção Radiológica (ICRP- International Commission on Radiological Protection) que determina que qualquer exposição deve ser tão baixa quanto possível (conceito ALARA - as low as reasonably achievable). A maior autoridade mundial em efeitos da radiação na saúde humana é o UNSCEAR- UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, órgão das Nações Unidas dedicado ao assunto.

O desconhecimento do público sobre este assunto e a grande quantidade de unidades de medida dão margem a muita confusão e permite a desinformação, muitas vezes proposital, podendo causar medo e ansiedade no público leigo.

Dose Radioativa Anual	mSv/ano
Dose máxima aceitável para qualquer obra humana	1
Dose aceitável para viver próximo a Central Nuclear	0,0001 a 0,01
Dose aceitável para viver próximo a Central a Carvão	0,0003
Dose para dormir junto a outra pessoa (8 horas/ dia)	0,02
Dose anual por radiação cósmica	0,24
Dose anual por radiação terrestre	0,28
Dose anual por radiação do corpo humano	0,4
Dose anual por radiação de fontes atmosféricas	2
Dose média anual para americanos	6,2
Dose média em vôos de Nova York a Tóquio	9
Dose média anual limite para empregados de nucleares	20
Dose de radiação de fundo em partes do Irã, da Índia e da	50
Dose de radiação por fumar 30 cigarros por dia	60 a 160

Contaminação radioativa é a presença de material radioativo em algum lugar onde não queremos, portanto, um material radiativo sem um controle de contenção. Limpar resíduos radioativos normalmente significa esfregar com água e sabão, baldes e pincéis, num processo confuso que é perigoso para as pessoas expostas à poeira e águas residuais contaminadas.

Quase tudo no mundo emite radiação normalmente. A radioatividade de um material emissor de radiação precisa ser medida para se definir os critérios de proteção. Neste caso a física define a unidade Bequerel (Bq) que representa a quantidade de desintegrações por segundo no material considerado.

A exposição à radioatividade é acumulativa, pode ser medida em  $\mu\text{Sv/h}$  é muito variada e conhecida na maioria dos casos. A seguir apresentamos exemplos de dose radioativa por hora de exposição em  $\mu\text{Sv/h}$ .

Dose média de radiação medida	$\mu\text{Sv/h}$
Média individual por radiação de fundo	0,230
Média individual por radiação de fundo para Americanos	0,340
Média individual por radiação de fundo para Australianos	0,170
Dose média em Fukushima no dia 25/05/2011	1,600
Dose média na cidade de Tóquio no dia 25/05/2011	0,062

No Brasil, na localidade de Guarapari, no Espírito Santo uma dose de 200mSv/ano é normal devido às areias monazíticas que compõem as praias.

Exemplos de dose radioativa por ano de exposição contínua:

<b>Radioatividade em alguns materiais naturais ou não</b>	
Fonte: WNA	
<b>1 adulto humano (65 Bq/kg)</b>	<b>4.500 Bq</b>
<b>1 kgde café</b>	<b>1.000 Bq</b>
<b>1 kg fertilizante superfosfatado</b>	<b>5.000 Bq</b>
<b>O ar de uma casa de 100 m<sup>2</sup> na Austrália (randon)</b>	<b>3.000 Bq</b>
<b>O ar de uma casa de 100 m<sup>2</sup> na Europa (radon)</b>	<b>até 30.000 Bq</b>
<b>1 detector de fumaça (com amerício)</b>	<b>30.000 Bq</b>
<b>Radioisótopos para diagnósticos médicos</b>	<b>70 milhões Bq</b>
<b>Fontes de Radioisótopos terapias médicas</b>	<b>100Trilhões Bq (100 TBq)</b>
<b>1 kg de resíduo nuclear (vitrificado) de alta atividade com 50 anos de idade</b>	<b>10 Trilhões Bq (= 10 TBq)</b>
<b>1 sinal luminoso de saída ( anos 1970)</b>	<b>1 Trilhões Bq (1 TBq)</b>
<b>1 kg de urânio</b>	<b>25 milhões Bq</b>
<b>1 kg do minério de urano (Canadá, 15%)</b>	<b>25 milhões Bq</b>
<b>1 kg do minério de urano (Austrália, 0.3%)</b>	<b>500.000 Bq</b>
<b>1 kg de resíduo nuclear de baixa atividade</b>	<b>1 milhão Bq</b>
<b>1 kg de cinzas de carvão</b>	<b>2.000 Bq</b>

Doses acidentais de radiação apresentam efeitos variados no ser humano em função da exposição ser maior ou mais concentrada.

- Efeitos biológicos só começam a ser sentidos a partir de uma exposição aguda de 250 mSv.
- Efeitos transitórios como náuseas, vômitos e diarreia aparecem com dose aguda de 1000 mSv.
- Com doses agudas de 4.000 mSv o ser humano é severamente afetado e cerca de 50% veem a falecer em curto espaço de tempo (cerca de 1 mês)
- Com doses agudas de 7.000 mSv são letais para 100% das pessoas

Se a radiação é recebida de fontes externas, a pele e os tecidos próximos a superfície do corpo são os mais afetados. Os órgãos profundos dentro do corpo são afetados somente pela radiação penetrante gama e nêutron. Entretanto se o material radioativo é ingerido, inalado ou introduzido no corpo através de ferimentos, o material radioativo pode ser levado às proximidades dos órgãos críticos e irradiá-los nesta posição interna. A quantidade de radiação recebida de uma fonte externa pode ser controlada simplesmente afastando a fonte.

Uma vez o material inalado e/ou ingerido, ele continua a irradiar o corpo até ser eliminado naturalmente pelo organismo. Alguns radionuclídeos permanecem no corpo por longo período de tempo – meses ou mesmo anos. Os efeitos biológicos do material radioativo ingerido são idênticos àqueles produzidos pela radiação externa, visto que a contaminação emite radiação. A localização interna do material emitindo radiação alfa e beta permite que essas radiações afetem os órgãos e tecidos, que normalmente não afetariam devido a sua baixa capacidade de penetração.

### Fatos sobre Radiação

Mesmo quando se vive ao lado de uma central nuclear, ainda se recebe menos radiação anual do que fazendo apenas uma viagem de avião entre Porto Alegre e Manaus.

Cerca de 85% da radiação recebida pelo homem vem de fontes naturais como os raios cósmicos vindos do espaço, do granito das rochas e mesmo da comida. O restante da dose anual de cada um vem de fontes artificiais como aparelhos de raio X médicos. Menos de 0,1% vem da indústria nuclear como um todo.

### Iodeto de Potássio – Uma medida preventiva e não uma pílula mágica

Uma das medidas de proteção que as comunidades próximas a centrais nucleares podem fazer uso em caso de emergências radiológicas é o iodeto de potássio. Mas este produto, um sal (fórmula química KI), não é uma pílula antirradiação.

Ele se destina, se tomado em tempo adequado e na quantidade correta, a proteger a glândula tireoide de doenças causadas pela absorção indesejada de iodo radiativo, impedindo que a glândula absorva esse este radionuclídeo em caso de acidente severo num reator nuclear. O KI não protege a glândula nem o corpo contra quaisquer outros elementos radiativos a que a pessoa possa estar submetida.

## **Resíduos nucleares e Rejeitos Radiativos**

A gestão de resíduos nucleares começa no projeto da instalação que usa material radioativo e prossegue durante a operação destas instalações considerando a necessidade de limitar, ao máximo, o volume e a atividade de sua produção de resíduos. A identificação, seleção, tratamento, empacotamento, transporte, o depósito intermediário e o depósito definitivo fazem parte do processo de gestão, sendo que cada item precisa ser apropriadamente tratado. As condições de segurança, proteção radiológica, rastreabilidade e redução de volume são a base deste trabalho.

Todos os rejeitos radioativos gerados nas usinas nucleares devem ser armazenados de forma segura e isolados do público e meio ambiente. Os rejeitos são classificados como de alta atividade (elementos combustíveis irradiados); rejeitos de média atividade (resinas de purificação e fluidos de processo); e rejeitos de baixa atividade (material descartável usado na operação e manutenção).

Os rejeitos de alta atividade das usinas nucleares são armazenados em piscinas no interior ou no exterior das usinas, com capacidade para toda vida útil de operação da usina. Os rejeitos de média atividade devem estar armazenados em prédios adequadamente projetados junto à

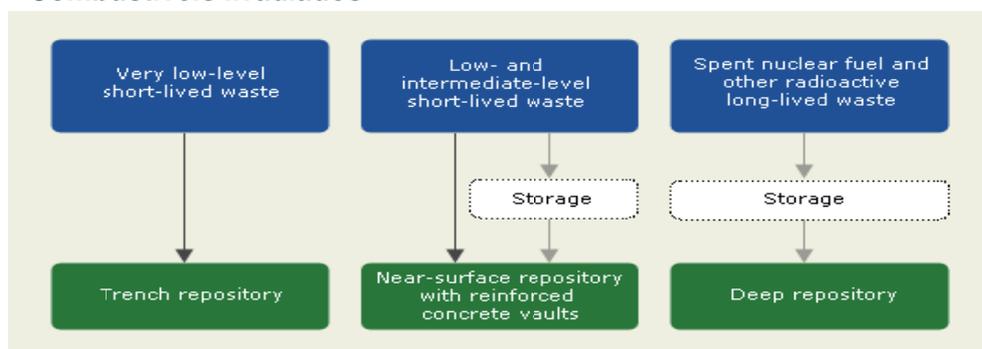
usina e devem ter capacidade para toda a vida útil da usina. Os rejeitos de baixa atividade também estão armazenados em prédios localizados próximos a usina.

A CNEN- Comissão Nacional de Energia Nuclear tem a responsabilidade da implantação da Política Nacional de Rejeitos Radioativos e possui os seguintes projetos em andamento:

• **Repositório para Rejeitos de Baixo e Médio Nível de Radiação**

Objetivo: Conceber, projetar, licenciar, construir, e comissionar o Repositório Nacional para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Radiação.

• **Desenvolvimento de Recipientes para Transporte e para Armazenagem de Combustíveis Irradiados**



Objetivo: Definir, desenvolver, construir e qualificar um recipiente para transporte e, outro recipiente para armazenagem de combustíveis irradiados de centrais nucleares

de potência.

Os rejeitos radioativos são gerados em diferentes fases do ciclo do combustível e podem aparecer sob a forma de líquidos, gases e sólidos em um largo espectro de toxicidade. O tratamento, condicionamento e armazenagem são dependentes do nível de atividade (baixa, média ou alta) do material.

Resíduos de baixa e média atividade de usinas nucleares são em geral os materiais usados em limpeza, peças de reposição, roupas, sapatilhas e luvas utilizadas no interior dos prédios dos reatores, impurezas, filtros etc. Tais materiais são acondicionados em embalagens metálicas, testadas e qualificadas por órgão regulador e transferidos para um depósito inicial, construído, normalmente, no próprio sítio da usina. Esse depósito é permanentemente controlado e fiscalizado por técnicos em proteção radiológica e especialistas em segurança da nuclear.



Depósitos finais de baixa e média atividade no mundo

Já os elementos combustíveis irradiados, considerados resíduos de alta atividade, são colocados dentro de uma piscina no interior das usinas ou em um depósito intermediário de longa duração, cercado de todos os requisitos de segurança exigidos internacionalmente. Até que o ciclo do combustível seja fechado, através de reprocessamento, os reatores refrigerados a água continuarão a produzir rejeitos de alta atividade que precisam ser gerenciados e guardados por longo tempo.

Uma vez que estes resíduos são de magnitude muito menor que resíduos de geração elétrica à combustíveis fósseis como o carvão, por exemplo, e como nas centrais nucleares em geral há muito espaço para armazenagem dos rejeitos durante a vida útil da usina, não há urgência na implementação de uma solução definitiva para o acondicionamento dos mesmos. Esta condição permite desenvolver, com cuidado, planos e políticas para fechar o ciclo incluindo a deposição final do rejeito.

<b>Abordagem para a Gestão de Resíduo Nuclear por país</b>			
<b>Tipo de abordagem / País</b>	<b>Combustível Irrradiado em Toneladas métricas</b>	<b>Armazenamento Intermediário</b>	<b>data de operação para depósito em sítio geológico</b>
<b>Deposição direta</b>			
Bélgica	2.699	sim	2040
Canadá	40.054	não	2025
Finlandia	1.684	não	2020
Coréia do Sul	10.185	Planejado para 2016	desconhecida
Espanha	3.827	Planejado para 2012	2050
Suécia	4.893	sim	2022
USA	62.400	não	desconhecida
<b>Reprocessamento</b>			
China	1.532	Não	2050
França	12.400	Não	2025
Alemanha	12.788	sim	2035
Japão	12.585	Não	2035
Suiça	1.040	sim	2040
Grã-Bretanha	423	Não	2025

Fonte: EIA\_US DoE 2011

O desenvolvimento da energia nuclear pressupõe um comprometimento desta indústria na gestão dos rejeitos.

## IX- Proliferação e Riscos para a Segurança- TNP

O Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP, concluído a nível internacional, reconhece a todas as suas Partes envolvidas o direito de desenvolver e utilizar a energia nuclear para fins pacíficos.

Os 189 signatários do histórico tratado de controle de armas de 1970 - que visa impedir a proliferação de armas nucleares e pede aos países que possuem ogivas atômicas que abram mão delas - se reúnem a cada cinco anos para avaliar o cumprimento dos termos do pacto e os avanços feitos para alcançar suas metas. A última conferência de revisão do NPT foi em abril de 2012 em Viena.

Mais de duas décadas depois do fim da Guerra Fria, o inventário de ogivas nucleares permanece em nível muito alto: mais de 17.000. Destas, algo como 4.300 ogivas são consideradas operacionais, das quais cerca de 1.800 ogivas americanas e russas estão em alto alerta, ou seja prontas para uso imediato.

Apesar de reduções significativas nos EUA, Rússia, França e nas forças de nucleares britânicas em comparação com os níveis da Guerra Fria, todos os estados que possuem armas nucleares continuam a modernizar as suas forças nucleares restantes e parecem comprometidos com a retenção dessas armas nucleares por futuro indeterminado.

O exato número de armas que cada país detém chega a ser um segredo nacional. Apesar destas limitações as informações públicas disponíveis e os vazamentos ocasionais tornam possível uma estimativa sobre o tamanho e a composição dos estoques de armamento nuclear:

Status das Armas Nucleares no Mundo - início de 2013*					
<u>País</u>	<u>Operacional Estratégica</u>	<u>Operacional Não Estratégica</u>	<u>Reserva/ Não implantada</u>	<u>Estoques Militar</u>	<u>Inventário Total</u>
Rússia	1,800	0	2,700	4,5	8500
Estados Unidos	1,950	200	2,500	4,65	7700
França	290	n.a.	?	300	300
China	0	?	180	250	250
Reino Unido	160	n.a.	65	225	225
Israel	0	n.a.	80	80	80
Paquistão	0	n.a.	100-120	100-120	100-120
Índia	0	n.a.	90-110	90-110	90-110
Coreia do Norte	0	n.a.	<10	<10	<10
<b>Total:</b>	<b>~4,200</b>	<b>~200</b>	<b>~5,700</b>	<b>~10,200</b>	<b>~17300</b>
atualização início 2013					
*Todos os números são aproximados e estimados descrito no Caderno Nuclear no Boletim dos Cientistas Atômicos, e o apêndice nuclear no SIPRI Yearbook.					

O risco de proliferação ligado à utilização da energia nuclear pode provir essencialmente de duas atividades nucleares específicas: o enriquecimento do urânio e o reprocessamento do combustível nuclear irradiado. Estas atividades requerem tecnologias muito complexas e dispendiosas.

Combustível nuclear e materiais na cadeia de suprimento da indústria nuclear e radiológica podem ser usados na fabricação de armas nucleares e por isso devem ser protegidos contra roubo, sabotagem ou acidente. Como consequência todo o uso de material nuclear requer cuidados e salvaguardas inclusive para as instalações de manuseio (por exemplo, um evento externo- uma explosão- próximo a uma unidade de separação de combustível nuclear pode impedir o seu funcionamento por décadas e abalar a confiança do público, criando enormes problemas para a aceitação em geral desta indústria).

O tratado é considerado desigual mesmo por países que o assinam, como é o caso do Brasil porque perpetua a divisão entre as potências nucleares e as não nucleares. Adicionalmente as grandes potências dão prioridade à agenda de não proliferação — e exercem fortes pressões sobre o direito dos países em desenvolver o uso pacífico da energia nuclear. No entanto, pouco se exige das potências nucleares, no que se refere ao desarmamento.

Nos últimos anos, as grandes potências nada realizaram de concreto no sentido de diminuir e de destruir seus arsenais nucleares. Ao contrário, em muitos casos o que tem existido é um esforço de modernizá-los e desenvolver estratégias nas quais se rogam ao direito de utilizar armas nucleares contra seus inimigos. É o caso dos Estados Unidos, com sua estratégia da “contra proliferação” — um corolário que afirma que os americanos têm o direito de usar armas nucleares contra grupos terroristas e países que lhes dão apoio.

A consequência é um clima de profunda insegurança e inquietação no sistema internacional, gerando a necessidade da adoção de estratégias de dissuasão pelos países que se sentem ameaçados.

Em seminário sobre o TNP no Rio de Janeiro em 2011 foi apresentado um exemplo disso. A posição da Índia, defendida pelo seu embaixador no Brasil - B.S. Prakash, foi clara e enfática ao afirmar que seu país se recusa a participar do TNP por considerá-lo discriminatório e injusto. Defendeu que a Índia, desde a independência em 1948, tem afirmado claramente, que “por suas dimensões, por ser um quinto da população do globo, não pode abrir mão de fontes de energia, de uma tecnologia, de meios de dissuasão, que os outros países semelhantes à Índia possuem e não abrem mão”. Na opinião dele dever-se-ia criar uma convenção internacional que proibisse o uso de armas nucleares. Essa proposta tem sido defendida por vários países em desenvolvimento, como uma forma de tornar um crime contra a humanidade o uso desse artefato, mas é rejeitada pelos países desenvolvidos.

Outro ponto que esteve presente nos debates do seminário foi a proposta americana de “multilateralização do ciclo de enriquecimento de urânio”. Trata-se da constituição de um mecanismo internacional (similar a um banco) que enriqueceria o urânio para os países signatários do tratado. Nesta proposta o país entregaria suas reservas de urânio ao banco, que autorizaria um outro país “credenciado” (uma das cinco potências nucleares) a realizar o enriquecimento. Em seguida, o urânio seria devolvido ao país de origem, em pequenas

quantidades, sob o argumento de “evitar que se possa ter quantidade suficiente de urânio enriquecido, para a produção de um artefato nuclear”.

A opinião dos países detentores de reservas e tecnologia é que se trata de uma proposta com um grande conteúdo de ingerência sobre um recurso estratégico. A demanda mundial por fontes de energia é grande e se amplia pelos dilemas surgidos a partir do aquecimento global, o que faz com que a energia nuclear seja tanto um tema de disputa comercial como um tema de segurança. Nesse aspecto, além das questões de segurança nacional, está o interesse em manter o monopólio do comércio de material físsil, impedindo a emergência de que outros países o possam participar desses mercados. As grandes potências têm realizado fortes pressões aos países em desenvolvimento, como o Brasil, para que estes assinem protocolos adicionais que ampliam ainda mais restrições ao desenvolvimento da energia nuclear, a produção e o gerenciamento de materiais físséis.

O Brasil tem se recusado a assinar tal protocolo adicional e já chegou a impedir que inspetores da AIEA realizassem inspeções em parte do programa que era considerado segredo científico. Além do quê, o Brasil possui, em conjunto com a Argentina, uma agência que fiscaliza a produção de material físsil de forma conjunta, a ABACC (Agência Brasileiro Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares), que dá garantias sobre os fins do material produzido pelos dois países.

Segundo Samuel Pinheiro Guimarães da Ex-Ministro Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, a concordância do Brasil em assinar um Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguardas, que é instrumento do Tratado de Não Proliferação (TNP), permitiria que inspetores da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), sem aviso prévio, inspecionassem qualquer indústria que considerassem de interesse além das instalações nucleares. Nisto se incluem as fábricas de ultra centrífugas e o submarino a propulsão nuclear permitindo o acesso a qualquer máquina, a suas partes e aos métodos de sua fabricação, ou seja, a qualquer lugar do território brasileiro, para inspecioná-lo, inclusive instituições de pesquisa civis e militares. Como os inspetores são formalmente funcionários da AIEA, mas, em realidade, são técnicos altamente qualificados, em geral nacionais de países desenvolvidos, naturalmente imbuídos da "justiça" da existência de um oligopólio nuclear não só militar, mas também civil, estes estão sempre prontos a colaborar não só com a AIEA, o que fazem por dever profissional, mas também com as autoridades e empresas dos seus países de origem.

## X – Algumas Aplicações Nucleares

O campo nuclear oferece inúmeras aplicações e pretendemos apenas citar algumas.

No **campo médico** destacam-se a radiologia convencional, mamografia, tomografia computadorizada, radiografia dental panorâmica, angiografia digital, exame PET (Positron Emission Tomography), etc.

O uso de radiofármacos, que é um composto que contém um radioisótopo na sua estrutura e pode ser usado tanto no diagnóstico como na terapia, merece especial atenção. O radionuclídeo mais utilizado no mundo é o Tecnécio 99 que detém cerca de 75% das aplicações médicas que chegam a 50 milhões de procedimentos por ano. O Tecnécio 99 é produzido por decaimento do molibdênio-99. Os problemas atuais de suprimento deste radionuclídeo são decorrentes da curta vida útil do mesmo, de apenas 6 horas, o que obriga a sua geração próxima ao centro de utilização e também de problemas na cadeia de suprimento cujos reatores de produção no mundo são antigos (de 40 a 53 anos de idade) e poucos.

Ainda no campo médico um importante avanço vem sendo conseguido nos países africanos, em conjunto com a AIEA, no sentido neutralizar um dos piores vetores da transmissão de doenças. O objetivo aqui foi o combate à mosca Tse-tse (vetor de transmissão da doença do sono em humanos). A técnica utilizada no processo é a de esterilização dos insetos (SIT- Sterile Insect Technique) que é uma tecnologia nuclear na qual insetos machos, esterilizados em laboratório, são soltos aos milhares em áreas silvestres infestadas e, ao se acasalarem com fêmeas férteis da região, não se reproduzem, contribuindo para a extinção da espécie que se quer controlar. O processo é muito usado em outros insetos parasitas na agricultura. Este é um processo de interferência na seleção natural através do controle de natalidade dos insetos.

**A indústria** também tem uma infinidade de aplicações, sendo o RX de soldas uma das mais aplicadas. Temos ainda a irradiação de materiais plásticos (seringas, luvas, etc.) para a indústria farmacêutica para esterilização dos mesmos. A irradiação de plásticos para o aumento de sua dureza na indústria automobilística (para choques).

Cerca de um quinto da população do planeta, em especial na África e na Ásia, não tem acesso à água potável. A **limpeza e a dessalinização de águas do mar** nestas áreas é uma questão de sustentabilidade da sociedade. O processo de dessalinização é eletrointensivo e é em geral realizado fazendo uso de energia térmica de combustíveis fósseis ou nucleares. Neste caso o uso da fonte nuclear tem a vantagem de não acrescentar os poluentes que aparecem com outras fontes.

A radiação ionizante também é usada na **conservação e restauro de obras de arte** para exterminar pragas como cupins. No Brasil a IPEN já tratou quadros, xilogravuras, papeis e peças diversas infestadas por fungos, bactérias, cupins e brocas. Esta tecnologia, que não gera resíduos tóxicos ou radioativos.

**A arqueologia e a história** usam material irradiado (carbono 14) para a datação de suas peças.

**Na área de combustíveis**, além, é claro, da geração de energia elétrica em usinas como as de Angra dos Reis no Brasil, tem-se o uso como propulsor de navios e submarinos



**TRIGA CNEN/CDTN - Belo Horizonte**



**Argonauta CNEN/IEN Rio de Janeiro**

Ainda como propulsor exemplifica-se as sondas espaciais movidas a plutônio como as Voyager I e II, que lançadas ao espaço na década de 1970 e previstas inicialmente para ficar em atividade por 5 anos, ainda hoje mantêm seus sistemas em funcionamento e enviam informações aos centros de controle na Terra.

**Aumento médio na durabilidade de Alimentos irradiados e o selo informativo**

Produto	Sem ionização	Com ionização
Alho	4 meses	10 meses
Arroz	1 ano	3 anos
Banana	15 dias	45 dias
Batata	1 mês	6 meses
Cebola	2 meses	6 meses
Farinha	6 meses	2 anos
Filé de Pescada Refrigerado	5 dias	30 dias
Frango Refrigerado	7 dias	30 dias
Legumes e Verduras	5 dias	18 dias
Manga	7 dias	21 dias
Milho	1 ano	3 anos
Morango	3 dias	21 dias
Papaia	7 dias	21 dias
Trigo	1 ano	3 anos



**Produto tratado,  
produto saudável.**



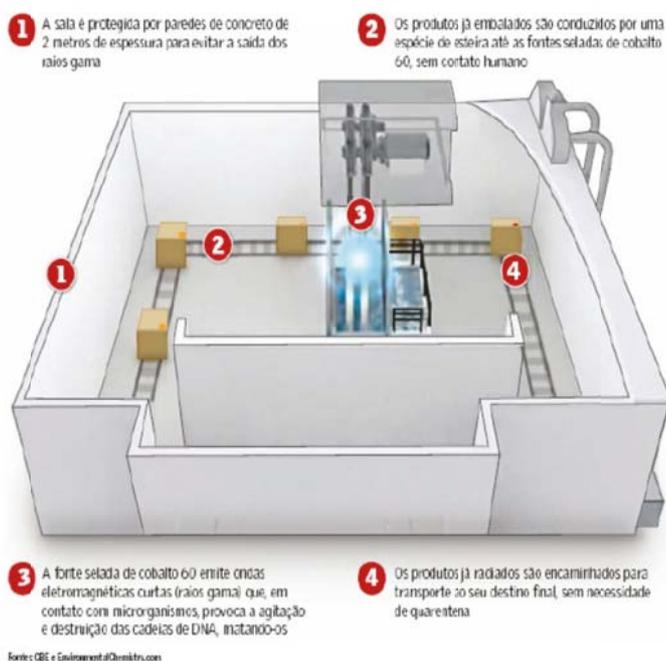
**Na agricultura** as aplicações nucleares tem como principal uso a irradiação de alimentos, em especial frutas e legumes, como forma de conservá-las conforme recomenda a OMS - Organização Mundial de Saúde. Os processos variam por tipo de alimento, mas os objetivos são atrasar o amadurecimento das frutas aumentando seu prazo de validade, eliminação de insetos diversos e de microrganismos causadores de deterioração dos produtos; destruir fungos e bactérias nocivas, evitando ou reduzindo riscos por doenças e intoxicação alimentar.

A técnica também é usada na conservação de adubos (turfa) e na redução de perdas pós-colheita ou pós-abate, devido a infestação por insetos ou microrganismos melhorando o indicador de perda da agricultura que é estimada como sendo da ordem de 25% a 50% de tudo que é produzido. Hoje, mais de 50 países (Brasil inclusive com regulamentação a esse respeito desde 2001) aprovaram o processo de irradiação para cerca de 60 produtos alimentares.

A principal dificuldade do processo é o marketing negativo dos produtos irradiados, que precisam ter um selo de advertência na embalagem para informar o consumidor, o que inibe a compra pelo fato de as pessoas acharem que o alimento é contaminado, quando eles, na verdade, não se tornam radioativos com o uso da técnica. Uma segunda dificuldade é investimento para uma instalação de irradiação que é elevado (da ordem de US\$ 4 milhões). Há poucas instalações que prestam esse serviço no Brasil, e o conhecimento da técnica entre os pequenos produtores ainda é baixo. Como há poucas instalações, o custo de logística para esses produtos é maior, o que impacta no preço final das mercadorias. A técnica é usada em uma gama limitada de produtos.

A esterilização por raios gama é realizada no Brasil há muitos anos e alguns exemplos são os executados pela empresa CBE Embrarad cujas atividades são a esterilização de:

- Produtos Médico-hospitalares e Farmacêuticos e veterinários;
- acessórios para laboratório;
- embalagens;
- cosméticos;
- alimentação humana;
- ervas medicinais;
- nutrição animal;
- Implantes dentários.



## Alguns detalhes sobre Esterilização por raios gama

### Produção de radioisótopos

Principais países e seus reatores de pesquisa para a produção de radioisótopos (antigos e poucos):

- Canadá – NRU, operando desde em 1957, cerca de 50% da produção mundial;
- Holanda - HFR em Petten– 1961, 25 % (parado);
- África do Sul - Safari em Pelindaba, 1965, 10 %;
- Bélgica - BR2 em Mol – 1961, 9%;
- França - Osiris em Saclay – 1965, 5%.

O reator da África do Sul (Safári) foi convertido em 2009 para usar apenas urânio de baixo enriquecimento (menor que os usuais 20% deste tipo de reator), numa tentativa de reduzir os custos desta atividade.

O Brasil não é autossuficiente na produção dos radioisótopos para a medicina nuclear - e importa US\$ 32 milhões por ano em molibdênio 99, a partir do qual se obtém o radiofármaco (Tecnécio 99) usado nos exames. Com a parada do reator canadense o Brasil foi atendido parte de sua

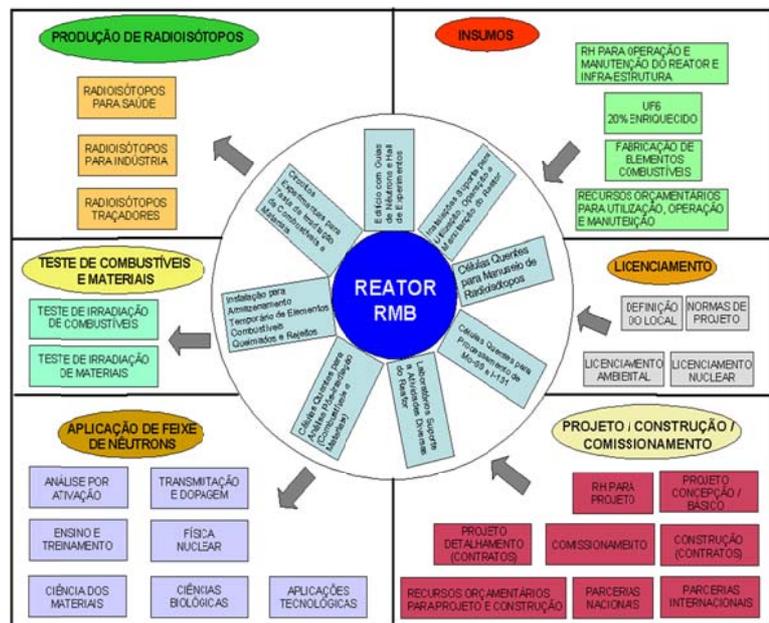
demanda (1,5 milhões de procedimentos por ano) comprando da Argentina os radioisótopos que necessita.

**O Reator Multipropósito Brasileiro – RMB**, que está sendo implementado em Iperó - SP, a um custo previsto de 950 milhões de reais e duração de construção em torno de 5 anos, poderá atender a esta demanda e a outras de ordem industrial do Brasil, uma vez que, além de produzir radioisótopos fundamentais para diagnóstico e terapia de diversas doenças, o RMB será utilizado na realização de testes de irradiação de materiais e combustíveis, em pesquisas com feixes de nêutrons e permitirá ainda realizar pesquisas nas várias áreas de aplicação da tecnologia nuclear, como agricultura, conservação de alimentos, ciência de materiais, energia e meio ambiente.

Em 14/12/12 foi assinada a declaração de utilidade pública do terreno em Iperó que vai abrigar o RMB que faz parte de meta estratégica do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) e está alinhado com as políticas estabelecidas no Programa Nuclear Brasileiro (PNB). A área cedida pelo governo paulista, de 800 mil metros quadrados, se soma a 1,2 milhão de metros quadrados cedidos pela Marinha, totalizando os dois milhões de metros quadrados que o RMB irá ocupar. Desse total, 600 mil metros quadrados são formados por área preservada.



**Reator OPAL, na Austrália referência para o RMB**



**Imagem - Prof. José Augusto Perrotta**

Segundo o Prof. José Augusto Perrotta - Assessor da Presidência da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, o reator tem por objetivo dotar o país de uma infraestrutura estratégica de suporte ao desenvolvimento autônomo de atividades do setor nuclear, sobretudo na autossuficiência da produção de radioisótopos a serem utilizados na medicina nuclear. O projeto está em fase de audiência pública pelo IBAMA (outubro de 2013). Esse sítio fica em Iperó, ao lado do Centro Experimental Aramar da Marinha, onde estão instaladas o reator de propulsão e

todas as unidades do ciclo do combustível que a Marinha está desenvolvendo. É provável que essas iniciativas levem ao desenvolvimento de um polo de tecnologia nuclear na região.

Como toda a tecnologia nuclear é interligada, um reator de pesquisa ajuda nas atividades do enriquecimento do urânio e na produção de combustível nuclear fazendo testes de irradiação do próprio combustível e das varetas, das paredes dos vasos de pressão, etc. Pode ainda ser usado em estudos de ligas metálicas, componentes magnéticos, etc.

O RMB terá como referência o reator de pesquisas Opal em operação desde 2007 na Austrália. O projeto deste reator foi da Invap da Argentina, com quem o Brasil tem acordo de cooperação. Os argentinos estão também construindo o seu novo reator de pesquisa, o que faz diminuir os custos quando o Brasil também constrói o seu. Como reator de pesquisa seu foco não é eficiência termodinâmica, mas a produção de feixe de nêutrons e a baixa temperatura, não necessitando de isolamentos blindados de aço e concreto.

Atualmente o país conta com apenas quatro reatores de pesquisa e quatro cíclotrons em operação. Os reatores de pesquisa ficam em São Paulo – no IPEN(IEA-R1 e o MB-01), no Rio de Janeiro – no IEN(Argonauta) , em Belo Horizonte(no CDTN-IPR-1) sendo a produção de elementos radioativos monopólio da União conforme determina a Constituição Brasileira. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN produz 21 radioisótopos e 15 tipos de reagentes liofilizados (para marcar com Tc-99m).

Em agosto de 2010, a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR) assinou com o presidente da CNEN o termo de cooperação para pesquisa do estudo do método de separação dos isótopos naturais do molibdênio por laser de pulsos ultracurtos, o que constitui um passo importante para a nacionalização da produção do molibdênio e, conseqüentemente, na utilização de radioisótopos para diagnóstico em medicina nuclear.

Em setembro de 2010 a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) aprovou proposta da Divisão de Radiofármacos do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, para estudar a viabilidade de um método alternativo e mais econômico de produção do iodo-124. O radioisótopo vem sendo pesquisado em vários países para uso na tomografia por emissão de pósitrons (PET), considerado o exame de imagem mais moderno da atualidade. A vantagem do iodo-124 sobre o flúor-18 – radioisótopo mais utilizado no exame PET – é a meia-vida maior, de 4,2 dias. Em comparação, a do flúor-18 é de menos de duas horas. Isso significa que o uso do iodo-124 pode ajudar a democratizar o acesso à PET, na medida em que permite a realização do exame em locais mais distantes dos centros de produção. Devido à meia-vida maior desse radioisótopo, a logística de distribuição também é bastante facilitada.



IEA-R1m - CNEN/IPEN - São Paulo



IPEN/MB-01 - São Paulo

## XI – Descomissionamento

Toda usina de energia, independente de seu combustível é projetada para uma determinada vida útil, a partir da qual não será mais econômico operá-la.

O termo descomissionamento é usado para descrever toda a gestão e ações técnicas associadas com o término de operação de uma instalação nuclear e seu subsequente desmantelamento para facilitar o término do controle dos órgãos reguladores (“licença de finalização”).

Essas ações envolvem descontaminação das estruturas e componentes, desmonte dos componentes, demolição dos prédios, remediação de qualquer contaminação de solo e remoção dos resíduos resultantes.

No mundo existem cerca de 560 usinas nucleares de geração de energia que estão ou estiveram em operação. Destas 133 estão no estado “*fechadas permanentemente*” e em algum estágio de descomissionamento.

Cerca de 10% dessas usinas fechadas já foram completamente descomissionadas, incluindo 8 reatores de mais de 100 MWe.

Grande quantidade de outras instalações e usinas, como extração e enriquecimento de urânio, fabricação de combustível, instalações de pesquisa, de reprocessamento laboratórios já foram fechadas e descomissionadas.

De acordo com a WNA- World Nuclear Association, os seguintes reatores que foram ou serão descomissionados devido a acidentes que de alguma forma os destruiu:

Reatores fechados após algum acidente (11 unidades)						
País	Reator	tipo	MWe líq	anos de operação	data fechamento	Motivo
Alemanha	Greifswald 5	VVER-440/V213	408	0,5	nov/89	Derretimento parcial do Núcleo
	Gundremmingen A	BWR	237	10	jan/77	Erro de operação no desligamento do reator
Japão	Fukushima Daiichi 1	BWR	439	40	mar/11	Derretimento do Núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 2	BWR	760	37	mar/11	Derretimento do Núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 3	BWR	760	35	mar/11	Derretimento do Núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 4	BWR	760	32	mar/11	destruição por explosão de Hidrogênio
Eslováquia	Bohunice A1	Prot GCHWR	93	4	1977	núcleo danificado por erro de carga do combustível
Espanha	Vandellos 1	GCR	480	18	jun/90	incendio da Turbina
Suíça	St Lucens	Exp GCHWR	8	3	1966	Derretimento do Núcleo
Ucrânia	Chernobyl 4	RBMK LWGR	925	2	abr/86	Incendio e Derretimento do Núcleo
USA	Three Mile Island 2	PWR	880	1	mar/79	Derretimento parcial do Núcleo

O quadro a seguir apresenta os reatores que foram fechados por razões políticas que não

permitiram a continuação de suas operações. Conforme WNA eles foram ou serão descomissionados.

Reatores fechados prematuramente por razões políticas (25 unidades)					
País	Reator	tipo	MWe líq	anos de operação	data fechamento
Armenia	Metsamor 1	VVER-440/V270	376	13	1989
Bulgaria	Kozloduy 1-2	VVER-440/V230	408	27, 28	dez/02
	Kozloduy 3-4	VVER-440/V230	408	24, 26	dez/06
França	Super Phenix	FNR	1200	12	1999
Alemanha	Greifswald 1-4	VVER-440/V230	408	10, 12, 15, 16	1990
	Muelheim Kaerlich	PWR	1219	2	1988
	Rheinsberg	VVER-70/V210	62	24	1990
Italia	Caorso	BWR	860	12	1986
	Latina	GCR	153	24	1987
	Trino	PWR	260	25	1987
Lituania	Ignalina 1	RBMK LWGR	1185	21	2005
	Ignalina 2	RBMK LWGR	1185	22	2009
Eslovaquia	Bohunice 1	VVER-440/V230	408	28	dez/06
	Bohunice 2	VVER-440/V230	408	28	dez/08
Suécia	Barseback 1	BWR	600	24	nov/99
	Barseback 2	BWR	600	28	mai/05
Ucrânia	Chernobyl 1	RBMK LWGR	740	19	dez/97
	Chernobyl 2	RBMK LWGR	925	12	1991
	Chernobyl 3	RBMK LWGR	925	19	dez/00
USA	Shoreham	BWR	820	3	1989

Existem outros 97 reatores no mundo que, por terem encerrado sua vida útil, também serão descomissionados.

### Detalhes para o descomissionamento da central de Fukushima Daiishi

Em dezembro de 2011 a empresa Tepco (Tokyo Electric Power Co.) informou que pretende começar a descomissionar os reatores de 1 a 4 da Central Fukushima Daiishi removendo o combustível irradiado do reator número 4. O programa de descomissionamento deve durar entre 30 e 40 anos. A remoção do combustível irradiado dos reatores 1- 3 deve se iniciar em dezembro de 2013. Haverá também até 2014, a construção de uma parede ao longo da costa em frente à central para conter qualquer possível vazamento de água subterrânea contaminada para o mar.

As atividades foram distribuídas em 3 etapas:

1. Até 2013 – Pesquisa e desenvolvimento para lidar com os fragmentos dos reatores danificados assim como tratamento e disposição dos resíduos nucleares resultantes.
2. Nos 10 anos seguintes serão descontaminados os três edifícios dos reatores e reparadas as contenções dos reatores. Serão iniciadas as obras de desmonte
3. Em até 40 anos deverão ser terminadas o desmonte e a disposição dos resíduos.

Em 26 de dezembro de 2011 três empresas japonesas vendedoras de reatores (Hitashi-Ge; Mitsubishi e Toshiba) se juntaram ao governo japonês e à Tepco no processo de descomissionamento desta central. Elas farão pesquisas e dividirão custos das atividades.

## XII – Conclusões

Passados dois anos e meio do acidente de Fukushima, é cada vez mais claro que o uso da energia nuclear vai continuar a crescer nas próximas décadas, embora o crescimento seja mais lento do que o previsto antes do acidente. Muitos países com programas nucleares existentes planejam expandi-los. Outros países, tanto desenvolvidos como em desenvolvimento, pretendem introduzir a energia nuclear. A AIEA ajuda a países que optam por energia nuclear para usá-lo de forma segura.

Os fatores que contribuíram para esse crescente interesse incluem o aumento da demanda global por energia, bem como preocupações com a mudança climática, volatilidade de preços dos combustíveis fósseis, e a segurança do abastecimento de energia. Vai ser difícil para o mundo atingir o duplo objetivo de assegurar o abastecimento de energia sustentável e reduzir gases de efeito estufa sem a energia nuclear.

Os países que decidiram banir a energia nuclear não eliminam de fato as questões nucleares e terão de lidar com questões como o desmantelamento de plantas, recuperação e gestão de resíduos antecipadamente.

O crescimento econômico, a prosperidade e o aumento da população levarão inevitavelmente ao aumento do consumo de energia nas próximas décadas. Em entrevista em 9 de novembro de 2012, a diretora executiva da IEA, Maria van der Hoeven declarou que os países precisam ser honestos com os seus cidadãos sobre o impacto que decisões de abandono da energia nuclear trarão quanto à segurança de suprimento de energia, se ocorrerão importações, de onde, de que fonte, por quanto, como será transmitida, etc. Segundo ela estas questões têm opções são reduzidas de solução. Segundo o Diretor Geral da AIEA, Yukiya Amano, a taxa de expansão de construção das usinas nucleares poderá diminuir como consequência de Fukushima, mas geração de energia nuclear continuará em crescimento. O ano de 2012 foi, segundo a ONU, o ano Internacional da Sustentabilidade de Energia para todos e não se descartará nenhuma fonte.



A principal consequência do fechamento de usinas operacionais em alguns países será, como na Alemanha, a perda de bilhões de dólares em investimentos já realizados, a criação de instabilidade nos sistemas de produção e distribuição de energia, a perda de competitividade para a indústria e a economia, a perda de empregos e o aumento do custo da energia para a população.

A colocação das autoridades estarem preocupados com a segurança não procede. Não houve uma só morte derivada da exposição à radiação em Fukushima, enquanto que o terremoto e o tsunami (causadores do acidente) que se seguiu ocasionaram mais de 20.000 óbitos na região. Segundo o governo japonês apenas 8 dos 3.700 funcionários foram expostos à radiação, mas mesmo assim sem expectativas de maiores danos a saúde deles (até 1% de chance de danos no futuro).

Expandir a oferta de energia elétrica e simultaneamente reduzir os efeitos das mudanças climáticas é o desafio que se apresenta aos formuladores de políticas energéticas. A substituição de 137 reatores nucleares em término de vida útil, nos próximos 20 anos, quer por outros nucleares quer por outras fontes energéticas, é uma questão que exigirá investimentos muito expressivos de todos os países envolvidos. Os fatores geopolíticos que envolvem o suprimento de energia também não podem ser descartados e em muitos casos a energia nuclear é a única opção para garantir maior segurança nacional de suprimento e diminuição da exposição em relação à volatilidade do preço do petróleo e à importação de combustíveis.

Para que a energia nuclear seja parte do futuro o setor precisa vencer os enormes desafios que vêm das dificuldades no suprimento de materiais como forjados de grande porte à falta de mão de obra de engenharia nuclear e em outras engenharias correlatas, além do envelhecimento dos especialistas para os quais há dificuldade de reposição.

O interesse pelo desenvolvimento de novas usinas nucleares pelo mundo tem crescido. Além dos atuais países que possuem usinas nucleares, outros 65 manifestaram o interesse por esta fonte de geração de energia principalmente quando se leva em conta o volume de energia que é possível gerar sem maiores emissões de poluentes, e num espaço físico muito reduzido. O uso da energia nuclear para a produção de hidrogênio, de eletricidade para transporte, para dessalinização ou para outras aplicações não tradicionais trarão demandas adicionais no projeto de reatores avançados, que serão menores, mais baratos, mais simplificados, além de terem ciclos termodinâmicos mais eficientes.

Os técnicos, com seu conhecimento e experiência acumulada, são o capital mais importante das empresas, em especial na área nuclear. Hoje há um “gap” de uma geração em termos de educação nuclear que o setor tem como desafio resolver. Diversos países estão atuando para a formação de novos engenheiros e técnicos, como a proposta do Departamento de Energia americano - DoE, que criou o programa universitário de energia nuclear no qual, entre outras ações, são oferecidas aos estudantes bolsas de estudo que chegam a 150 mil dólares. O NRC – Nuclear Regulatory Commission também tem programa similar.

Algumas propostas como da European Safety Organizations que criou um instituto de treinamento específico para atender suas necessidades no campo da segurança e da radiologia caminham para diminuir os problemas futuros. A prosperidade mundial em uma economia sem carbono implica em mudar nossas fontes de energia, e certamente há muitas formas de fazer isso, mas a mais promissora é a nuclear.

As fontes livres de carbono não devem ser encaradas como competidoras entre si, mas sim como parceiras no desafio de prover o mundo com energia limpa e abundante.

## XI – Principais Fontes de Informação

- IAEA 2013, Country Nuclear Power Profiles
- Nuclear Technology Review 2013 (NTR 2013)  
<http://www.iaea.org/Publications/Reports/index.html#ntr>
- Nucnet - vários
- Nucleonics Week e NuclearFuel - vários
- IAEA PRIS - <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>
- WNA – World Nuclear Association - <http://www.world-nuclear.org/>  
<http://world-nuclear.org/NuclearDatabase/Default.aspx?id=27232>
- NRC- Nuclear Regulatory Commission – USA  
<http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/col/new-reactor-map.html>
- INB – Indústrias Nucleares do Brasil – <http://www.inb.gov.br>
- Empresa de Pesquisa Energética –EPE – <http://www.epe.com.br>
- IAEA Publications - <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf>
- NRU: <http://www.nrucanada.ca/en/home/projectrestart/statusupdates/nrustatusupdate25.aspx>
- Bélgica - [http://www.ce2030.be/public/documents\\_public/CE2030%20Report\\_FINAL.pdf](http://www.ce2030.be/public/documents_public/CE2030%20Report_FINAL.pdf)
- WNN: <http://www.world-nuclear-ews.org> e  
[http://www.world-nuclear.org/info/inf122\\_heavy\\_manufacturing\\_of\\_power\\_plants.html](http://www.world-nuclear.org/info/inf122_heavy_manufacturing_of_power_plants.html)
- DOE: [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)
- TNP : <http://www.un.org/events/npt2005/npttreaty.html>
- European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute : [www.enstti.org](http://www.enstti.org)
- Energy - Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030 -  
<http://bipartisanpolicy.org/library/report/task-force-americas-future-energy-jobs>
- Nuclear Energy – Technology Roadmap - [http://www.iea.org/papers/2010/nuclear\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf)
- Deployed warheads – SIPRI Year Book 2011 - [www.nea.fr/html/rwm/wpdd](http://www.nea.fr/html/rwm/wpdd)  
[www.world-nuclear.org/how/decommissioning.html](http://www.world-nuclear.org/how/decommissioning.html)
- <http://www.friendsjournal.org/earthquake-tsunami-and-nuclear-power->
- Exelon Corp <http://www.exeloncorp.com/powerplants/peachbottom/Pages/profile.aspx>
- Radiation : <http://microsievert.net/>
- Radiation risk and realities - <http://www.epa.gov/rpdweb00/docs/402-k-07-006.pdf>
- WNA - Nuclear Radiation and Health Effects - <http://world-nuclear.org/info/inf05.html>
- WNA - Environment, Health and Safety in Electricity Generation - <http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=15882&terms=Severe%20Accidents%20in%20the%20Energy%20Sector>
- Aprovação do AP1000 - <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2011/11-226.pdf>
- CBE Embrarad -- <http://www.cbesa.com.br/>
- <http://www.fas.org/programs/ssp/nukes/nuclearweapons/nukestatus.html>
- <http://bos.sagepub.com/content/66/4/77.full.pdf>
- <http://www.fas.org/programs/ssp/nukes/nuclearweapons/nukestatus.html>
- <http://bos.sagepub.com/content/66/4/77.full.pdf>
- <http://investorintel.com/nuclear-energy-intel/the-end-of-the-megatons-to-megawatts-program-m2m/#sthash.MdIOWRZf.dpuf>