

Panorama da Energia Nuclear no Mundo

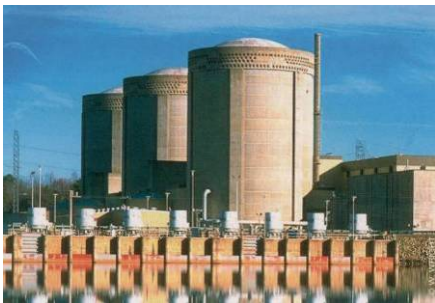
Edição Novembro 2011



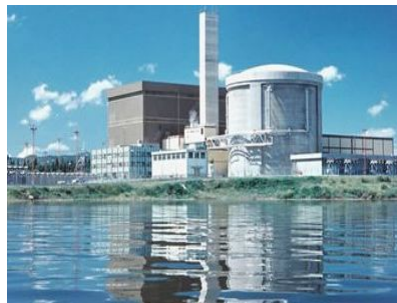
1- Peach Bottom Atomic Power Station – 2.280 MW - USA



2 – Kozloduy 5 e 6 - 1.906 MW- Bulgária



3 – Oconee - 2.538 MW - USA



4 –Embalse - 600 MW - Argentina



5 -Kashiwazaki-Kariwa -8.212MW Japão



Conteúdo



- Editorial - pag. 3
- I - Destaques - pag. 4
- II - Geração Nuclear Mundial - pag. 8
- III - Distribuição dos reatores - pag. 10
- IV - Situação da energia nuclear em alguns países /regiões
 - Américas -- pag. 13
 - Europa -- pag. 28
 - África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos-- pag.66
 - Ásia -- pag. 73
- V - Alguns Acordos Comerciais e de Cooperação Nuclear - pag.94
- VI - Ambiente e sociedade - pag.107
- VII - Urânio - pag.110
- VIII - Combustível Irrradiado - pag. 115
 - Combustível Irrradiado - pag. 115
 - Radiação - pag. 117
 - Resíduos nucleares e Rejeitos radioativos - pag. 121
- IX - Proliferação e Riscos para a Segurança - pag.124
- X - Algumas Aplicações Nucleares - pag.127
- XI - Descomissionamento pag.132
- XII - Conclusões - pag.134
- XIII - Principais Fontes de Informação - pag. 137

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

Ruth Soares Alves - rtalves@eletronuclear.gov.br

Tel. +55 21 2588 7861

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

Editorial

As ondas que varreram as usinas de Fukushima continuaram em movimento, ainda que em sentido figurado, e chegaram às principais nações do mundo.

Muito embora a maioria dos governos tenha adotado uma posição ponderada frente ao acidente, buscando rever a segurança de suas instalações e aprender com a experiência adquirida, verificou-se em alguns casos isolados, mas de grande visibilidade, a adoção de medidas mais drásticas, muitas vezes movidas por diferentes razões ligadas à política partidária interna aos respectivos países, como a Alemanha, Itália, Bélgica e Suíça.

Em nosso editorial anterior alertávamos que uma das conseqüências do acidente de Fukushima poderia ser, em alguns cenários, “um mundo mais poluído e com energia mais cara”.

Com efeito, a decisão alemã de fechar imediatamente suas usinas mais antigas já resultou num aumento de 12% no custo de energia elétrica naquele país, e suas emissões de carbono cresceram mais de 10%.

A isso se somam os custos do capital investido nas usinas, da construção de fontes de geração substitutas e das linhas de transmissão para sua interligação. Sem falar nos milhares de empregos diretamente afetados. Tudo isso em um momento de aguda restrição econômica na zona do euro.

A questão energética é crucial para a sociedade moderna, e a construção de uma matriz equilibrada atendendo simultaneamente os princípios de universalização do acesso, a segurança de abastecimento e modicidade tarifária demanda soluções de compromisso, diversificação, investimentos pesados e longo prazo de maturação.

A tecnologia põe à disposição da sociedade diversas soluções, cada uma com diferentes custos, impactos e riscos associados. A isso, a geopolítica acrescenta o desafio de garantir um suprimento cujas fontes total ou parcialmente estão além das fronteiras nacionais, por vezes em regiões instáveis ou mesmo potencialmente hostis. Cabe aos líderes nacionais uma reflexão serena e objetiva, sem preconceitos ideológicos, acerca da combinação de alternativas a serem adotadas. Sempre na certeza que não há forma de geração de energia, ou qualquer outra atividade humana, que não implique em impactos ambientais, ou seja, isenta de riscos.

Pesquisas de opinião demonstram uma queda no apoio à energia nuclear após o acidente de Fukushima Daiichi, não só no Japão, mas em todo o mundo. As pessoas opõem-se à energia nuclear por diversos motivos, mas predomina um temor vago e indefinido frente aos riscos tecnológicos pouco compreendidos. Grupos políticos de pressão movidos pela ideologia antinuclear ou por outros objetivos não confessáveis aproveitam o ambiente de desinformação para fazer valer suas agendas específicas, nem sempre coincidentes com os interesses de longo prazo da sociedade.

Nesse contexto produzimos esse trabalho, que busca informar ao público os mais recentes dados disponíveis sobre a energia nuclear no mundo, uma das fontes de energia mais seguras e de menor impacto ambiental.

Essa edição traz ainda uma nova seção sobre os resíduos nucleares de modo geral, e em especial sobre as radiações, na qual procuramos tratar de forma acessível conceitos como doses equivalentes, critérios, unidades de medição da radiação e seus efeitos nos seres vivos.

PANORAMA DA ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO

I - Destaques da edição de Novembro 2011

- 434 reatores nucleares de potência em operação com capacidade instalada total de 367,540 GW_(e) (15/11/2011)
- 65 reatores nucleares em construção

433 Reatores em Operação		
AIEA Setembro 2011		
País	Unidades	Total MW(e)
AFRICA DO SUL	2	1800
ALEMANHA	9	12068
ARGENTINA	2	935
ARMENIA	1	375
BELGICA	7	5927
BRASIL	2	1884
BULGARIA	2	1906
CANADA	18	12569
CHINA + TAIWAN	21	16060
COREIA DO SUL	21	18698
ESLOVAQUIA	4	1816
ESLOVENIA	1	688
ESPANHA	8	7514
FINLANDIA	4	2716
FRANÇA	58	63130
HOLANDA	1	482
HUNGRIA	4	1889
INDIA	20	4391
IRÃ	1	915
JAPÃO	50	44102
MEXICO	2	1300
PAQUISTÃO	3	725
REINO UNIDO	18	10137
REP CZECA	6	3678
ROMENIA	2	1300
RUSSIA	33	23643
SUECIA	10	9298
SUIÇA	5	3263
UCRANIA	15	13107
USA	104	101240
Total:	434	367.540

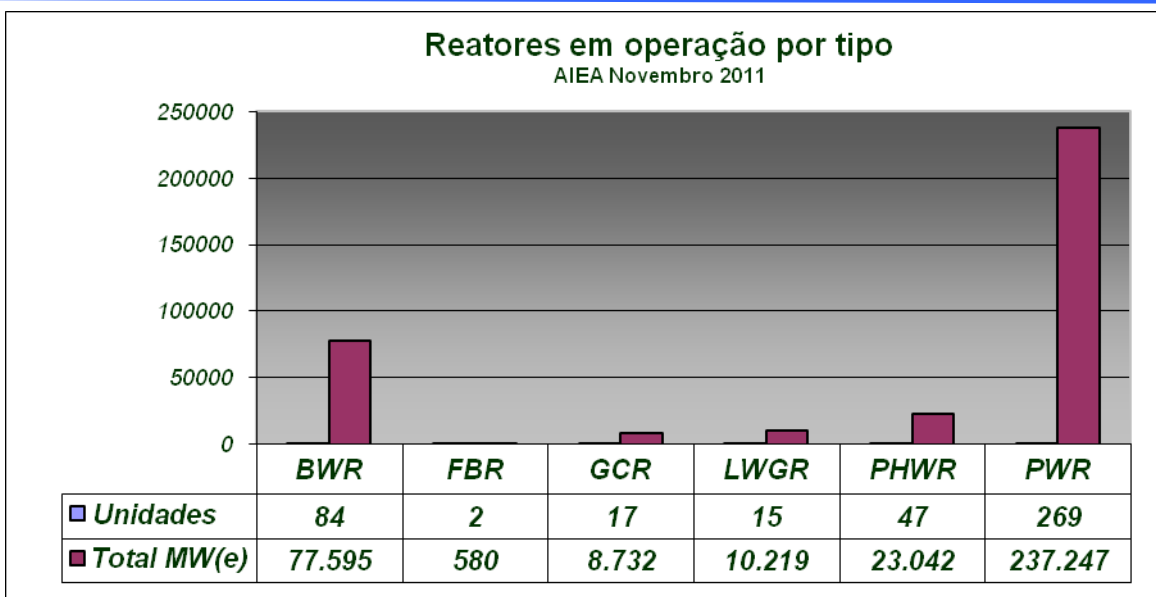
Em 2011, até Novembro:

- 434 reatores nucleares de potência em operação com uma capacidade instalada líquida total de 367.540 GW(e)
- 5 reatores nucleares de potência fechados por longo tempo
- 65 reatores nucleares de potência em construção

- Novas conexões à rede:
 - Kaiga 4 (202 MW(e), PHWR, Índia) – em 19/01/2011
 - Chasnupp 2 (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

- 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

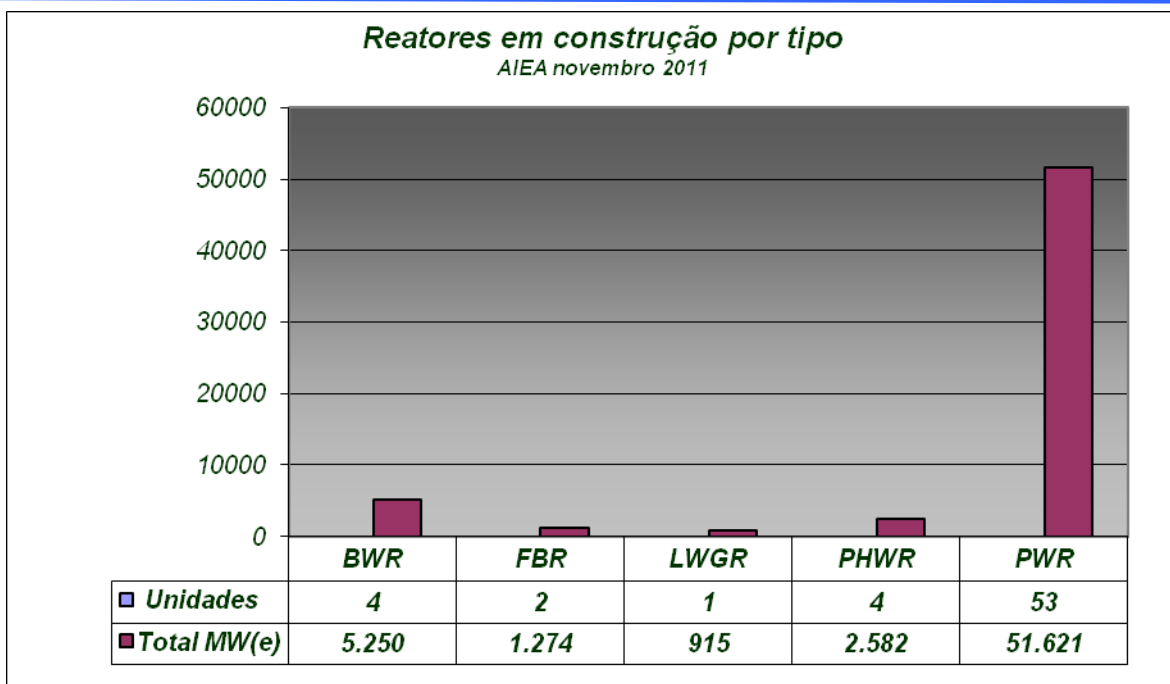


434 Reatores em operação separados por tipo
AIEA – Novembro 2011



64 Reatores em construção separados por país – 61.642 MW
AIEA – Novembro 2011

- 15 Países, que representam a metade da população mundial constroem 65 novos reatores com capacidade total líquida de 62.592 MW.



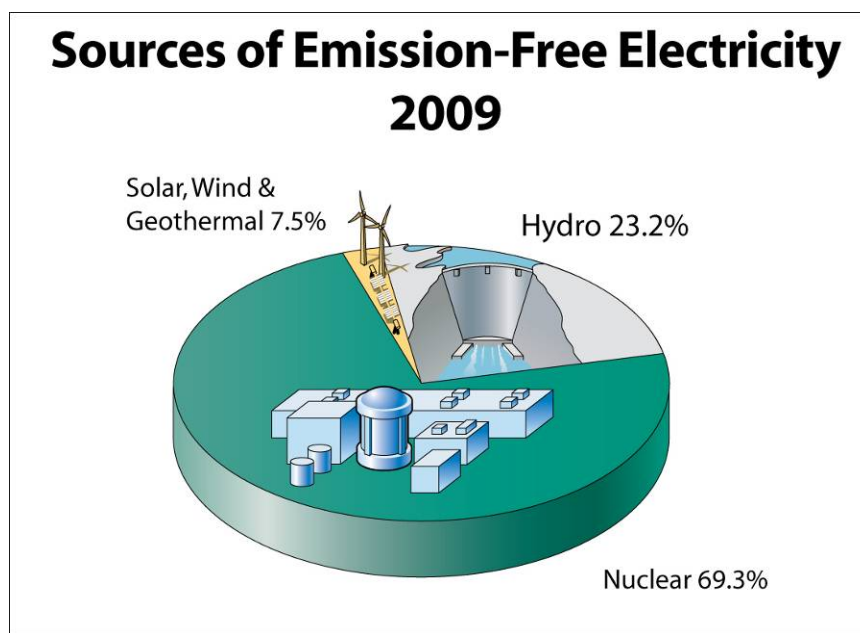
64 Reatores em construção

- 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.

Região dos novos interessados em tecnologia Nuclear	Quant.
Ásia / Pacífico	21
África	21
Europa	12
América Latina	11

II - Geração Nuclear Mundial

Com o crescimento global do consumo energético, muitos esforços têm sido feitos para aumentar a geração, 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.



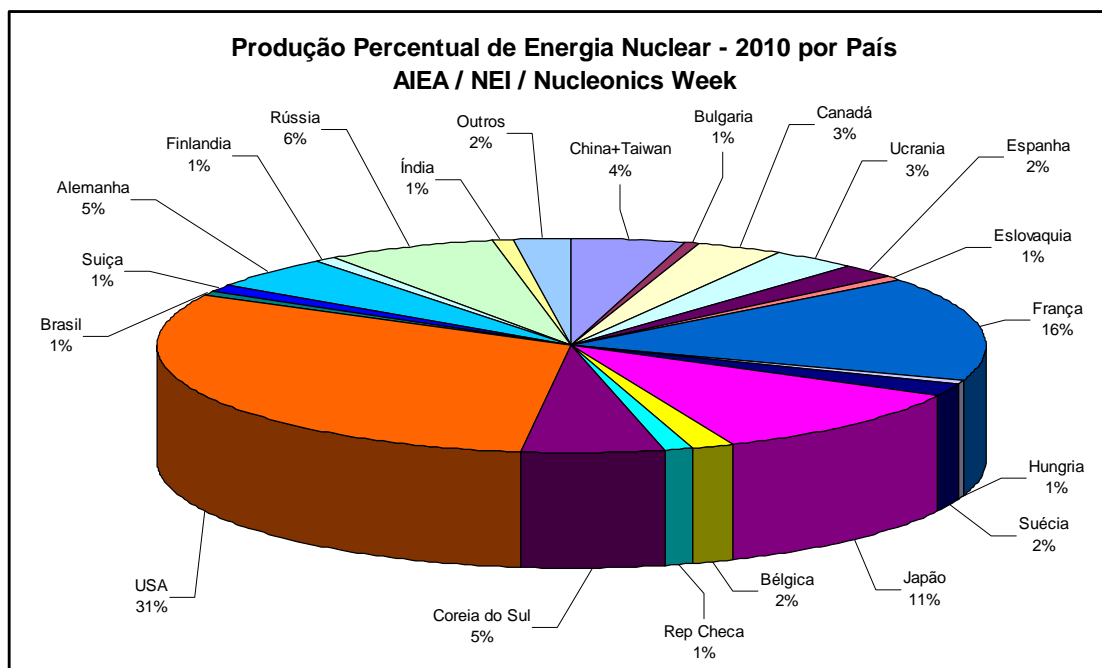
As percentagens estão baseadas na geração anual destas fontes em 2009
Fonte: Nuclear Engineering Institute

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 2010 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 (16%), Japão (11%), Alemanha (5%), Rússia (6%), Coreia do Sul (5%), Canadá (3%), Ucrânia (3%) e China + Taiwan (4%). O Brasil foi

responsável por 1% da geração de energia por fonte nuclear no mundo. Os países com menor geração juntos (outros) representaram 2%.



Participação por país na geração nuclear mundial – 2010

A França atingiu 407.900 GWh, mas o fator de capacidade médio foi de 78,05 enquanto que no Japão a produção foi de 279.229,5 GWh com fator de capacidade de 63,66%. A queda de produção na França deveu-se às paradas mais longas que o planejado. No Japão houve um aumento de produção com o retorno de parte da sua maior central - Kashiwasaki-Kariwa de 8.212 MW de capacidade que esteve paralisada após o terremoto de 2007.

Os dados das usinas americanas são estimados uma vez que nem todas as usinas liberaram suas informações em tempo hábil.

A Alemanha produziu 133.012 GWh líquidos. Das dez maiores usinas geradoras nucleares do mundo em 2010, 6 são alemães - Isar 2, Brokdorf, Phillipsburg 2 Emsland, Grohnde, Unterweser, que juntas produziram 69.971,5 GWh.

As projeções da AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica mais recentes quanto ao futuro da energia nuclear em qualquer cenário são superiores as dos anos anteriores (cerca de 8% maiores), com a previsão de 510 GW de capacidade instalada total em 2030 no caso de menor crescimento e de até 810 GW para um alto crescimento, ou seja, mais que o dobro da capacidade instalada atual.

A AIEA adotou a resolução de encorajar e dar suporte ao desenvolvimento de aplicações nucleares em países em desenvolvimento com o intuito de reduzir a imensa distância existente entre o consumo médio anual dos países desenvolvidos (cerca de 8.600 KWh por habitante na OECD) e, por exemplo, o do continente africano que é 170 vezes menor, uma vez que a melhoria deste indicador é a mola propulsora do progresso e bem estar da população mais pobre.

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 suprimento dos combustíveis fósseis. A expansão da energia nuclear em todo o mundo requer que os governos atuem com responsabilidade e critérios de segurança rígidos nessa empreitada.

As principais barreiras à opção nuclear dizem respeito à segurança das usinas, à disposição dos rejeitos radioativos e à proliferação de armas nucleares, além dos custos de construção e manutenção. Deve ser também considerada a dificuldade de fornecimento para os grandes componentes nucleares.

Adicionalmente a IEA projeta a necessidade dos governos mitigarem os riscos financeiros das construções e projetos nucleares através de políticas específicas, como a incorporação do preço do carbono nos custos de geração, de forma que os 375 GWe de fonte nuclear, previstos para iniciar as operações ente 2020 e 2030, tanto para substituir as plantas antigas como em novos projetos de geração elétrica possam obter o adequado investimento.

III - Distribuição dos reatores

Dentre os maiores parques geradores, destacam-se os Estados Unidos com 104 unidades, a França com 59 reatores e o Japão com 53. Em 2010, foram iniciadas as obras de quatorze novas usinas, e cinco novas foram conectadas aos seus grids. Houve ainda o fechamento definitivo de Phenix (130 MW(e), FBR, França) em 01/02/10.

De acordo com a World Nuclear Association - WNA até novembro de 2011 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 14.660 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
Mitsubishi	USA PWR
Toshiba	ABWR
General Atomics	GTMHR
Eskon	PBMR

Suprimento Limitado

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. Por exemplo, a Japan Steel Works que tem 80% do mercado de forjados grandes, garante só ter capacidade para 4 vasos por ano.

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 as 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 turbo-geradores 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.

Pós Fukushima

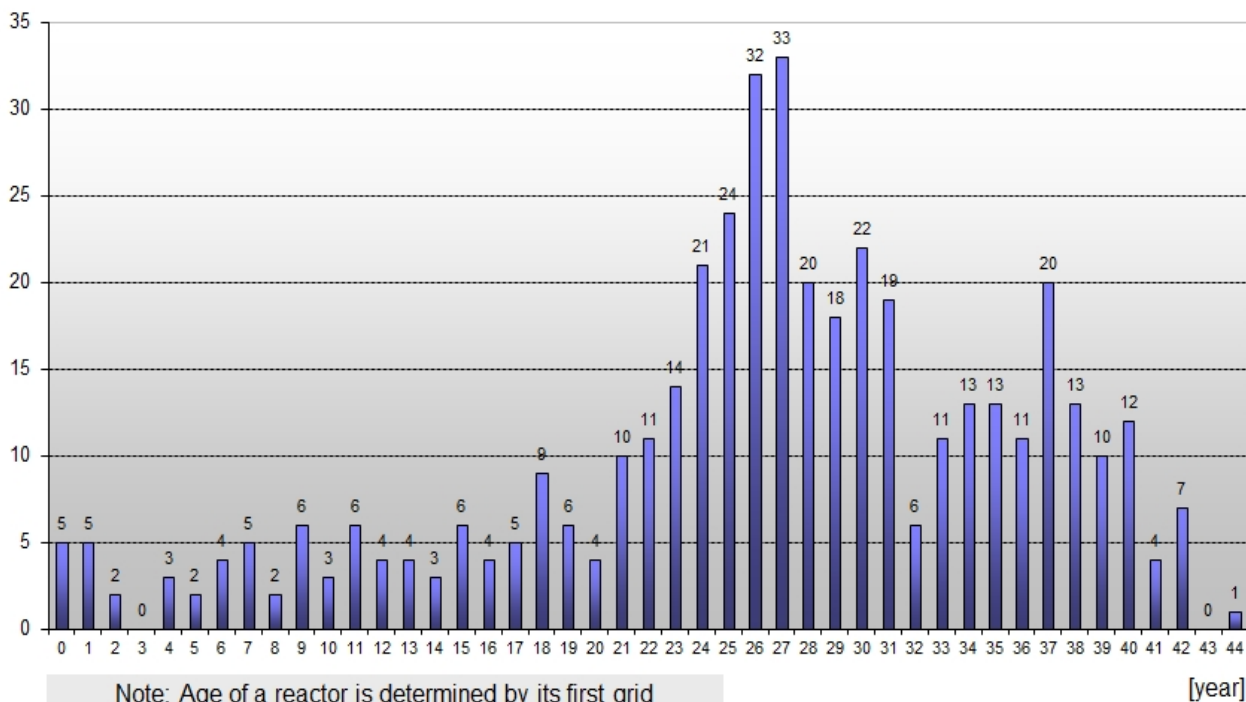
É no próprio Japão que os problemas de suprimento são mais críticos. A Japan Steel Works (JSW), que fabrica várias partes e componentes para usinas nucleares para clientes como AREVA e TOSHIBA está a procura de outros clientes para a sua capacidade de produção cujas encomendas foram fortemente afetada 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.

Em 2011, até o mês de novembro, após o acidente nas usinas de Fukushima ocorrido em 11/03/2011 no Japão, foram fechadas 13 usinas, sendo 4 no Japão (as acidentadas), 8 na Alemanha (razões políticas) e 1 na Inglaterra (por término de vida útil).

Até outubro de 2011, segundo a AIEA, 80,6% dos reatores (346) em operação no mundo tinham mais de 20 anos de atividade. Destes 209 unidades tinham entre 20 e 30 anos e 137 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.

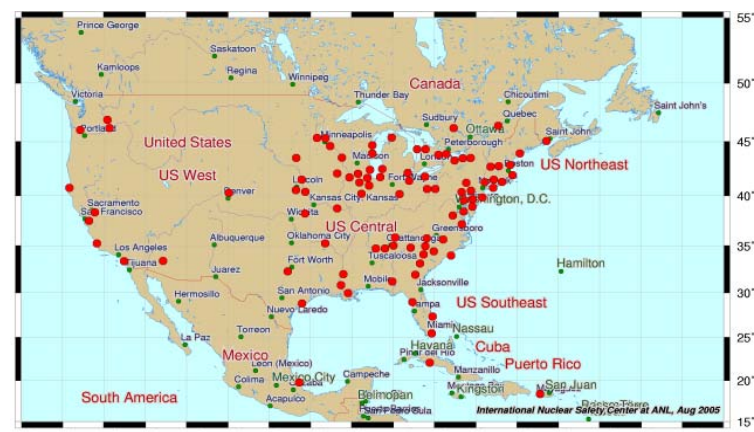
Number of Operating Reactors by Age



Fonte: IAEA Nov 2011

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

A - Américas



Localização aproximada das usinas nucleares na América do Norte

Estados Unidos

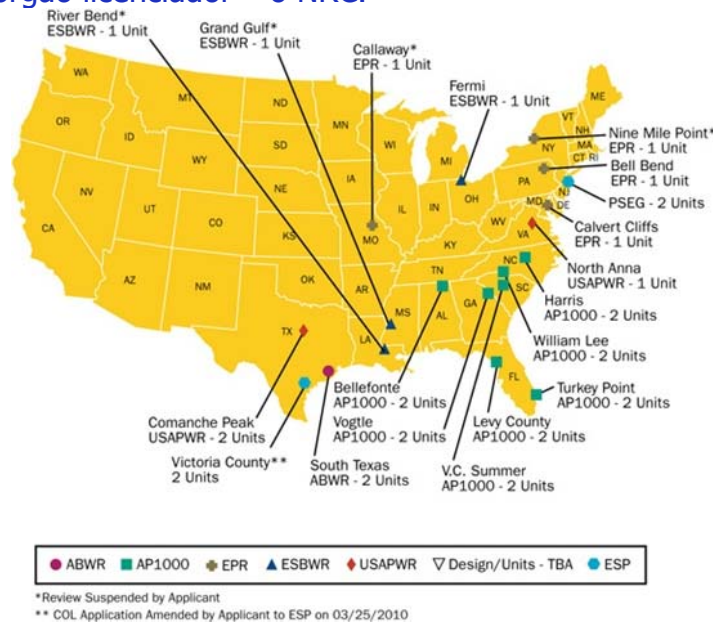
País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Estados Unidos	104	107.714	1	1.180	796,75	20,16

Os Estados Unidos são o proprietário do maior parque nuclear do mundo, com 104 usinas em operação (69 PWRs e 35 BWRs), que correspondem a uma capacidade instalada de 107.714 MW e produziram, em 2010, cerca de 800 TWh(e). Este valor correspondeu a mais de 31% de toda a energia nuclear no mundo e a mais de 20% da energia do país. Este valor é ainda cerca de 70% da energia elétrica gerada sem a produção de gases de efeito estufa.

Houve nos últimos anos um grande aumento de capacidade instalada nos EUA devido à ampliação da capacidade das usinas que chegou, em março de 2011, a 6021 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 139 solicitações. Ainda estão pendentes de análise outras 11 solicitações (1372 MW) e outras 34 poderão acrescentar 1840 MW ao sistema até 2015 conforme informou o NRC em junho de 2011.

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.



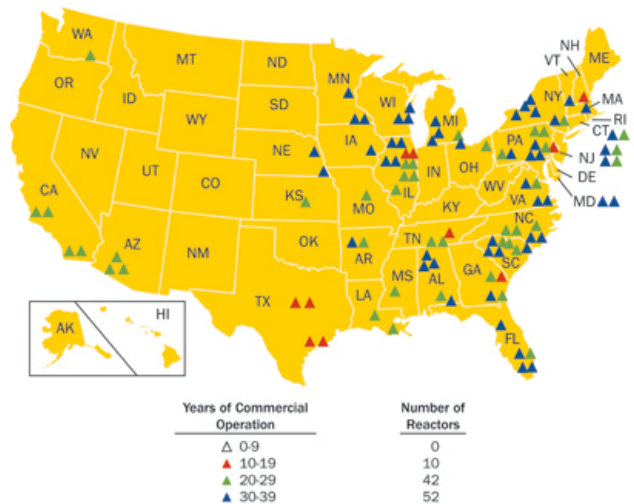
Localização aproximada das futuras usinas nucleares americanas

(<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 **70 unidades** com vida útil ampliada, equivalente a **63.531 MW** funcionando por mais vinte anos, sem os custos de capital para a construção. Existem ainda 21 usinas em processo de ampliação de vida no NRC – Nuclear Regulatory Commission, e outras 13 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.

<http://www.nrc.gov/reactors/operating/list-power-reactor-units.html>

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



Localização e idade aproximada das usinas nucleares americanas em operação

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) e a entrega do combustível nuclear de fornecimento Westinghouse já foi autorizada pelo NRC, com sua carga no reator prevista para 2012. O status da construção em junho de 2011 era de 62,5% concluída.



Bellefonte nuclear plant (The Tennessee Valley Authority's never-completed it, Alabama
Foto : Eric Schultz/Associated Press

Em 18 de agosto de 2011 a diretoria da TVA aprovou a retomada da construção da usina 1 (1260 MW - PWR) da Central Bellefonte no estado do Alabama. A construção havia sido interrompida em 1988 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.

O início de construção dos primeiros modelos AP1000 nos Estados Unidos é marcado com as usinas Vogtle 3 e 4, no estado da Georgia, que são as primeiras unidades americanas novas em 30 anos. A empresa Southern Company liberou as informações da preparação dos terrenos e do início da concretagem das áreas nucleares em vídeo. Estão em andamento as trocas de experiência com os chineses que constroem usinas deste modelo em Sanmem e Haiyang. Também é forte a preparação de pessoal com os treinamentos em operação, manutenção, engenharia, química e saúde em andamento.



Central de Vogtle

<http://www.southerncompany.com/nuclearenergy/photos.aspx>

Ainda neste contexto de novas construções temos as duas unidades novas na **Central de Summer** (operador: SCE&G), na Carolina do Sul cujo processo regulatório está em avaliação no NRC, com previsão de término em janeiro de 2012. Os trabalhos de preparação do terreno, construção das bases para a instalação dos guindastes e outras atividades de preconstituição estão em andamento para as duas usinas AP1000 previstas no local. A primeira deve entrar em operação em 2016 e a segunda em 2019.

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.

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 até 2020 em 50 GW e o novo Secretário de Energia do Governo Obama - Steven Chu informou a existência de um plano estratégico para acelerar o reinício da indústria nuclear sendo a garantia de financiamento uma das partes deste plano. Desde o acidente ocorrido na central de Three Mile Island, na Pennsylvania, em 1978 (com perda de refrigeração do reator e parcial derretimento do núcleo, porém sem vítimas ou liberação de radiação ao meio ambiente), nenhum novo projeto de reator começou a ser construído no país. O plano prevê garantias de empréstimos no valor de US\$ 54 bilhões, que se seguem ao

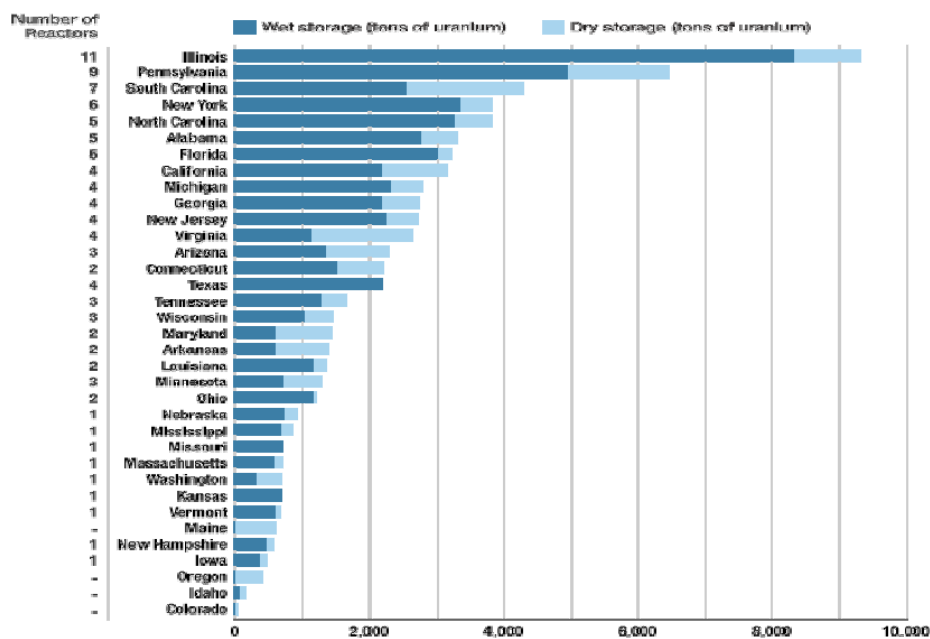
compromisso assumido pelo presidente Obama que pediu ao Congresso que aprove uma ampla lei sobre geração de energia e mudança climática (com as emissões de gases causadores do efeito estufa caindo 28% até 2020), com incentivos para que a energia limpa se torne lucrativa.



Arkansas Nuclear One Generating Station Courtesy: Entergy Nuclear

Resíduos Nucleares

Continua pendente a decisão de como e quando o país resolverá a questão dos resíduos nucleares, após o término do projeto de Yucca Mountain, mas o NRC já definiu que eles podem ser armazenados com segurança por pelo menos mais 60 anos após o término da vida útil da usina.



Resíduos de alta armazenados nas centrais americanas por estado

Pós Fukushima

O acidente 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 67% 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.

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.

Além disso, o secretário do Departamento de Energia Americano (DoE) declarou em conferencia em 20/09/2011, que o papel da energia nuclear no país cresce muito quando se considera as mudanças climáticas.

Canadá

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
Canadá	18	13.553	0	0	88,45	15,37

A capacidade instalada total do país até 2010 foi de 129.974 MW e está distribuída por fontes em hidráulica, térmica, nuclear, além de outras como eólica, biomassa, biogás e solar. O Canadá tem 18 usinas nucleares em operação (16 delas em Ontário) que produziram 88,45 TWh ou 15,37% da energia elétrica do país em 2010. Todos os reatores são do tipo PHWR - Pressurized heavy water reactor. A política interna foca-se

principalmente em programa nuclear civil para fins pacíficos e redução dos efeitos de gases estufa.

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.

A política atual está se concentrando na reforma de reatores existentes. Os contratos para reforma das usinas 1 e 2 (PHWR 900MW cada) da central Bruce A para posterior reconexão a rede foram assinados em março de 2009. Estas usinas estavam fechadas desde 1995. A usina Point Lepreau também está sendo reformada.

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 recentemente (maio 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. 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.



NRU em Chalk River – Canadá (foto AECL)

Resíduos Nucleares

O Canadá prevê depósito geológico profundo - Deep Geologic Repository (DGR), para resíduos nucleares de baixa e média 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 containers 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.

Pós Fukushima

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 unidade 1 no início de 2012. O custo final será de US\$ 5 bilhões. Os trabalhos para as demais 6 usinas começarão em 2015.

Após o desastre de março de 2011 a empresa CAMECO CORP, fabricante de combustível nuclear, diminuiu sua previsão de demanda para este ano, visto que 17% de suas vendas se destinam ao Japão. Apesar disso, no longo prazo, o país não espera queda maior nas vendas. As exportações que já estavam contratadas pelo Japão serão direcionadas a outros países.

Em agosto de 2011 um estudo independente do governo canadense concluiu que a construção de até 4 novos reatores no sítio da central de Darlington não causaria impacto ambiental adverso na região. A decisão do governo sobre a central é aguardada.

México

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
México	2	1640	0	0	5,88	2,8

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 2010, foi de 5,88 TWh ou 2,8% 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.

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.



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

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)

O país tem ainda reatores de pesquisa e assinou acordos de cooperação com o Canadá na área de pesquisa e desenvolvimento.

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. A 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.

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.

Pós Fukushima

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 da política do tema.

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



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 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Argentina	2	935	1	692	6,69	5,90

A Argentina possui 2 usinas nucleares em operação (Atucha 1- PHWR, 335 MW e Embalse PHWR, 600 MW), cuja produção de eletricidade, em 2010, foi de 6,69 TWh ou 5,90 % da energia elétrica do país. No mesmo sítio de Atucha 1, a cerca de 100 km de Buenos Aires, está em construção Atucha 2 - PHWR, 692 MW. O PHWR Embalse é de fornecimento do Canadá (reator CANDU) e os Atucha 1 e Atucha 2 são de fornecimento da Alemanha (KWU/Siemens e sucessoras). 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 2012.

O governo da Argentina assinou em agosto de 2011 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 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%.

Neste contexto na Província de Formosa deverá ser construído o CAREM- Central Argentina Modular Elements Reactor, 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.



Aparência do Reator CAREM desenvolvido pela INVAP
(Imagem: Invap)
http://www.invap.net/nuclear/carem/desc_tec.html

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 intercâmbio 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 Gentille-2 no Canadá.

Pós Fukushima

O acidente japonês e suas conseqüências 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.

Em agosto de 2011 governo da Argentina assinou contrato com o Canadá (SNS-Lavalin-Candu Energy) para as atividades de ampliação de vida em mais 30 anos da usina Embalse.

Brasil

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.

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Brasil	2	1990	1	1405	14,54	3,06

O Brasil tem duas usinas nucleares em operação (Angra 1- PWR, 640 MW e Angra 2 PWR, 1350 MW) cuja produção de eletricidade, em 2010, foi de 14,54 TWh ou 2,93% da energia elétrica do país e uma usina em construção (Angra 3 PWR, 1405 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.

Em 28 de setembro de 2011, completaram-se 11 anos desde que a usina Angra 2 atingiu 100% de sua potência nominal. A produção de energia elétrica da usina neste período chegou a 105.419.518 MWh. Toda esta energia seria suficiente para abastecer a cidade do Rio por oito anos; São Paulo, por cinco; e Brasília, por duas décadas.

O país é eminentemente abastecido por energia hidrelétrica cuja geração representou mais de 90% do total em 2010. 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) prevêem 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.



Angra 3 – status de construção (Nov 2011) do Edifício do Reator
(foto Eletronuclear)

O Brasil não é auto-suficiente 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.

Pós Fukushima

O governo brasileiro agiu de forma cautelosa frente ao acidente, evitando posições precipitadas, tendo determinado que análises técnicas pertinentes fossem executadas para verificação de riscos aos quais as usinas pudessem estar submetidas em caso de acidente severo. Como todos os demais países, o país está estudando os eventos e acompanhando possíveis recomendações advindas dos testes de stress que estão em andamento em todas as centrais no mundo, principalmente na Europa, além de realizar suas próprias verificações e estudos.

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

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 Assembléia 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.

Segundo o Ministro de Comunicação e Informação da Venezuela um único grande reator nuclear pode substituir 15 milhões de barris de petróleo na geração de eletricidade, que podem produzir um bilhão de dólares em divisas com a exportação deste óleo.

Pós Fukushima

Depois de Fukushima o presidente do país, aparentemente, mudou de ideia passando a considerar mais os riscos que os benefícios da energia nuclear.

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.

Pós Fukushima

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.

A maioria da população chilena não apóia esta posição.

B - Europa



Localização aproximada das usinas nucleares na Europa

Na União Europeia como um todo, a energia nuclear representa 30% da eletricidade suprida. 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 (2011- Global Nuclear Power Outlook).



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 preavaliação 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.

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 provocadas 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.

Em junho de 2011 a Foratom- Associação da Indústria Nuclear Européia 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.

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

Alemanha

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia líquida gerada 2009 (TWh)	% do total gerado em 2010
Alemanha	17	21.366	0	0	133,01	27,26

A Alemanha tem uma capacidade total instalada de 161.570 WW, com uma capacidade nuclear de 21.366 MW nas 17 usinas que podem operar, mas apenas 9 efetivamente geram energia, visto que oito (Kruemmel, Brunsbuettel, Biblis A e B, Isar 1, Neckarwestheim 1 e Phillipsburg 1) se encontram desligadas por razões políticas e legais do país. Das 9 usinas restantes, 6 (seis) estão entre as 10 (dez) maiores produtoras nucleares de energia elétrica em 2010. Foram gerados por fonte nuclear 133,01 TWh em 2010, o que representou 27,26% 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.

O consumo interno é de 6.300 kWh/ano per capita (cerca de 3 vezes o brasileiro).

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.

Pós Fukushima

Após o acidente de Fukushima, mais uma vez o governo da Alemanha mudou de opinião, revertendo a posição tomada em 2010 de extensão de operação conforme o quadro abaixo:

Usinas Nucleares em operação na Alemanha em março de 2011 (17)							
Usina	Tipo	MWe (net)	Início de operação Comercial	Operador	Previsão de fechamento por acordo de lei em		
					2001	2010	março 2011 ou ano p/ 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
Grafenrheinfeld	PWR	1275	jun/82	E.ON	2014	2028	2015
Krummel	BWR	1260	mar/84	Vattenfall	2016	2030	Sim
Gundremmingen-B	BWR	1284	abr/84	RWE	2016	2030	2017
Gundremmingen-C	BWR	1288	jan/85	RWE	2016	2030	2021
Gröhnde	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

Todas as usinas foram desligadas por 3 meses para testes de segurança. As 8 usinas mais antigas não serão 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 (estimada 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.

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.



Usina Nuclear Isar-2
Segunda maior produtora mundial de energia nuclear em 2010

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.

Além disso, é esperada a perda de 11.000 empregos diretos da indústria nuclear alemã conforme informou a E.On e um corte forte nos dividendos

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.

A Alemanha investe na construção da Central Nuclear de Belene (2x 1000 MW – VVER), na Bulgária através de sua empresa de geração RWE que detém parte dos 49% do investimento total de 1 bilhão de euros (a outra parte pertence à empresa Electrabel - GDF Suez). Este projeto começou em 1987 e foi suspenso, sendo retomado em 2007. Os contratos de construção estão assinados.

Armênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Armênia	1	375	0	0	2,344	39,42

Armênia é uma ex-república soviética com cerca de 3,2 milhões de habitantes. O país possui 1 usina em operação - Armênia 2 (PWR, 375MW) e uma fechada permanentemente desde 1989.

Em 2010 a única usina em operação no país produziu 2,34 TWh de energia elétrica o que representou 39,42% da energia elétrica gerada no país.

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.

Pós Fukushima

O país fará 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 gerada 2009 (TWH)	% do total gerado em 2009
Áustria	0	700	0	0	0	0

A Áustria tem uma usina pronta que nunca operou devido à decisão (maioria da população 50,47%) 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.

A formação acadêmica na área nuclear na Áustria é muito desenvolvida, destacando-se as atividades de gestão do conhecimento nuclear do Atomintitute (ATI) que desenvolve programas de pesquisa, treinamento e educação no seu reator Triga.



Nuclear Power Station Zwentendorf, Austria
(desativada)

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 gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Bélgica	7	6092	0	0	45,73	51,16

A Bélgica tem duas centrais nucleares, Doel com 4 usinas (PWR, 2963 MW) e Tihange com 3 unidades (PWR, 3129 MW). As usinas têm entre 25 e 35 anos de operação e estão licenciadas por 40 anos.

Foram gerados por fonte nuclear 45,73 TWh em 2010, o que representou 51,16% da energia gerada no país. As usinas mais antigas - Doel-1 (412-MW), Doel-2(454-MW) e Tihange-1 (1.009-MW) ampliaram a vida útil por mais 10 anos, ou seja até 2025.

Atualmente a regra de desligamento de todos os reatores até 2025 está sendo muito questionada. 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.

De qualquer forma hoje vale a decisão de promover o fechamento dos reatores mais antigos em 2015 e os demais em 2025, porém condicionada a existência no país de fontes energéticas para atender as necessidades sem submeter a população à racionamentos. As operadoras GDF Suez e Electrabel junto com os consumidores eletrointensivos (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.

Esse reator seria 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.

Pós Fukushima

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.

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.

Bulgária

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Bulgária	2	1.906	2	2.000	15,24	33,13

A Bulgária tem 2 usinas nucleares (KOZLODUY 5 e 6 – VVER-PWR 953 MW, cada) em operação comercial, que geraram 15,24 TWh, cerca de com 33,13% da geração elétrica em 2010. Duas usinas se encontram em construção (Belene 1 e 2 VVER PWR 1000 MW) e 4 estão fechadas (KOZLODUY 1 a 4 – VVER 440 MW) para atender acordo com a união européia. Na Bulgária, o governo já demonstrou interesse em substituir as centrais nucleares antigas por novas.

A NEK - National Electric Company da Bulgária detém 51% construção da 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 está acima do que o país aceita pagar o que pode gerar atrasos contratuais e de construção. Os resultados do Stress tests de segurança realizados por toda a Europa estão sendo analisados e as recomendações serão implementadas onde couber. As fundações de concreto para o reator estão executadas. Foi construído e equipado um laboratório

geotécnico para estudo de solo, uma estação de tratamento de água e uma central de concreto. Contrato é valido até 2012.



Central nuclear de KOZLODUY

Como subcontratado figura o consórcio 'CARSIB' (Consortium Areva NP-Siemens for Belene) que fornecerá sistemas elétricos e de instrumentação e controle (I&C systems). Foram assinados também acordos comerciais com a finlandesa Fortum e com a francesa Altran Technologies que lhes permite ter um percentual da energia da usina como pagamento pelos seus trabalhos.

A Bulgária tem contrato em andamento (no valor de 2,6 milhões de euros) para a seleção de sítio e projeto de depósito de rejeitos de baixa e média atividade no país em área superficial.

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.

Pós Fukushima

O projeto de Belene está parado aguardando as análises de segurança que estão em andamento e dependendo dos resultados existe a possibilidade que o novo reator projetado para este sítio que é mais exposto a atividade sísmica, seja transferido para o sítio de Kozloduy. O país mantém seus planos estratégicos de ampliar sua geração de energia nuclear, fazendo nova central e ampliando a vida das usinas Kozloduy existentes para reduzir sua dependência da Rússia quanto à energia primária (gás e óleo).

Eslovênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
Eslovênia	1	656	0	0	5,38	37,3

A Eslovênia tem 1 reator nuclear - KRSKO (PWR, 656 MW) em operação comercial desde 1983, que em 2010 Produziu 5,46 TWh de energia elétrica, o que representou 37,83 % da energia produzida no país. Esse reator é compartilhado (50%) com a Croácia.

Resíduos Nucleares

Em janeiro de 2010 o país, através de sua agência para gestão de resíduos nucleares - ARAO (Agencija za radioaktivne odpadke, em checo) 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.

Pós Fukushima

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, aprovável construção do segundo reator em Krsko, incluído no programa nacional de energia que aguarda a aprovação final no parlamento.

Eslováquia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
Eslováquia	4	1.896	2	880	13,54	51,8

A Eslováquia tem 4 reatores nucleares em operação comercial, que em 2010 Produziu 13,54 TWh de energia elétrica, o que representou 51,80 % da energia produzida no país. As duas unidades em construção são de Mochovce 3 e 4 (VVER 440MW cada) e devem entrar em operação em 2012 e 2013 respectivamente. Há ainda planos de construção de outros 2 reatores entre os anos de 2020 e 2025.



Central Nuclear Mochovce
www.seas.sk/en/news

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.

Pós Fukushima

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.

Espanha

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2009 (TWH)	% do total gerado em 2009
Espanha	8	7.728	0	0	59,27	20,09

A Espanha tem 8 reatores nucleares (6 PWR e 2 BWR) em operação, com um total de 7.728 MW de capacidade instalada. Em 2010, foram produzidos 59.256 GWh de energia elétrica, que corresponderam a 20,09 % de toda geração elétrica no país.

Tem ainda 2 reatores fechados: Vandellos 1 em 1990 e com os trabalhos de descomissionamento adiados e Zorita-Jose Cabrera, em 2006 com o descomissionamento contratado junto à Westinghouse.



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.

No final de dezembro de 2009 o governo espanhol abriu o registro para comunidades que queiram se oferecer para situar o depósito centralizado de combustível irradiado do país, que deverá ter capacidade para 6.700 toneladas de combustível irradiado e de resíduo vitrificado de reprocessamento. A capacidade inicial do repositório deverá atender às necessidades do país por 60 anos.

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). Não possui definição quanto aos resíduos de alta atividade.

Pós Fukushima



Central de Almaraz-Trillo

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.

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 15 de setembro o CSN informou que todas as 8 usinas nucleares foram aprovadas no Stress-test proposto pela União Européia 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 CO2.

Finlândia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
Finlândia	4	2.780	1	1.720	21,88	28,43

A Finlândia tem 5,25 milhões de habitantes e possui quatro usinas em operação que, juntas, correspondem à produção de 21,88 TWh de energia elétrica ou 28,43% da total produzida em 2010 no país e uma usina em construção (Olkiluoto 3 – EPR 1600 MW). Devido ao excelente desempenho das 4 usinas em operação, nos últimos 36 meses a disponibilidade nuclear alcançou a média de 94,65%.

A Finlândia, ao decidir em 2002 pela construção de uma quinta unidade nuclear, quebrou a situação vigente na Europa Ocidental, onde a construção de uma nova usina nuclear não havia sido iniciada há muito tempo. A importância da decisão finlandesa reside no fato de que ela foi precedida de análises detalhadas com participação pública e discussões políticas intensas.

A decisão 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 inicial de ser sincronizada em 2014. Esta será a primeira usina com reator no modelo EPR, produzido pela francesa AREVA.

O projeto está com um atraso de quase 5 anos em relação ao cronograma original, estando agora previsto o início de operação em setembro de 2013.

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, mas, mesmo assim em julho de 2010 o parlamento finlandês aprovou o 6º reator do país (mais de 1 reator por milhão de pessoas).

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 Fennovoima Oy também tem a aprovação dos municípios para a construção e pretende implantar 2 reatores AREVA (EPR 1700 MW) e um TOSHIBA design (SWR 1250 MW – BWR) com 4 possibilidades de sítios ainda aguarda uma próxima oportunidade. A Fortum (51% pertence ao governo da Finlândia) tem previsão para o 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.

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.

Pós Fukushima

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 junho de 2011 foi ampliada a potência da usina Olkiluoto 2.

Em julho 2011 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 Fortum (51% governo da Finlândia) tem participação (26%) na Teollisuuden Voima Oyj (TVO) e pretende participar do financiamento e da engenharia da **usina 4** em Olkiluoto.

França

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
França	59	65.880	1	1.720	407,90	74,12

A capacidade instalada total do país é de 123.001 MW e a produção foi de 550,3 TWh. O país possui 59 usinas nucleares em operação (em 19 sítios diferentes) e 11 desligadas (por término de vida útil) que produziram 407,90 TWh, o que representa 74,12% do total de energia elétrica gerada no país em 2010. A EDF é a concessionária que opera toda a frota. Dentre estes o reator Phenix que é de pesquisa.

Com 64 milhões de habitantes tem quase uma usina por milhão de habitantes e mais de 1.000 MW de capacidade instalada nuclear por este mesmo milhão. O país é o maior exportador mundial de eletricidade e recebeu em 2010 mais de 3 bilhões de euros neste processo.

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. Existe ainda a

previsão da construção de mais um EPR 1700 no sítio da Central de Penly ao norte do país.

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.

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 esta envelhecido. A entrada do novo reator em Flamanville-3 tipo EPR de 1600 MW é tida como indispensável.

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.



Flammanvile - 3 (foto cortesia Areva)

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, anunciando a construção deverá começar em 2012. Deste mesmo modelo de reator EPR, de fabricação AREVA já existem outras 4 unidades em construção (Olkiluotto 3 na Finlândia, Flammanvile 3 na França e Taishan-1 e -2 na China).



Mapa das instalações nucleares francesas. Fonte: Marignac e tal.(2008).

Em outubro de 2010 foi aberta pela EDF concorrência para o fornecimento de 3 conjuntos de turbina de grande porte, sendo uma para a usina de Penly e duas para as futuras usinas de Hinkley Point C na Inglaterra.

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.

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.

Os trabalhos do reator termonuclear experimental Internacional – ITER (International Thermonuclear Experiment Reactor), em construção na região de Cadarache no Sudeste Frances, tiveram seus custos inflados passando de 5 bilhões para 15 bilhões de libras 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.

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.

Pós Fukushima

Após o acidente foi autorizada 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.

O presidente francês, Nicolas Sarkozy, 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. Sarkozy disse não ver outra alternativa à energia nuclear e que "não faz sentido" abandoná-la.

As exportações de energia da França para a Alemanha aumentaram em 2011 mais de 7 vezes em relação a 2010 passando de 0,6 TWh para 4,4 TWh até outubro. O Ministro da Indústria Frances Eric Besson, declarou que mesmo com o acidente de Fukushima a energia nuclear continua sendo uma vantagem estratégica do seu país.

Os testes realizados 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.



Usina Marcoule

Usina Marcoule de tratamento de resíduos nucleares de baixa atividade se acidentou em 12/09/2011. O acidente foi uma explosão química seguida de incêndio, sem qualquer liberação de material radioativo.

Holanda

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWH)	% do total gerado em 2010
Holanda	1	482	0	0	3,75	3,4

A Holanda possui apenas uma usina nuclear em operação (Borssele PWR 482 MW) que, em 2010, produziu 3,75 TWh, aproximadamente 3,4 % da energia do país. Esta usina teve sua vida útil ampliada em mais 20 anos em 2006, e deverá continuar a operar até 2033.



Central de Borssele - Holanda (Image: EPZ)

O governo holandês informou que está 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 entrada em operação em 2018, ainda em tempo para atingir as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa em pelo menos 15% até 2020. 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. O processo será longo e o acordo é o início. Em junho de 2009 a Delta submeteu aos órgão governamentais a solicitação para a construção da nova central de até 2500MW.

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 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.

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

Pós Fukushima

A única usina holandesa passará pelo teste de stress da UE. Em Junho de 2011 foi autorizado o uso do combustível MOX.

Segundo o governo a Holanda continuará com seu programa nuclear para construção da nova Central.

Hungria

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Hungria	4	2000	0	0	15,76	43

A Hungria tem 4 usinas nucleares (Paks 1 a 4 – VVER-PWR 500 MW) cuja operação comercial começou ente 1982 e 1887 e que geraram 15,76 TWh, ou seja cerca de 42,97% da geração elétrica do país em 2010 (aumento de 8,17% em relação a 2009 após o aumento de capacidade que elevou a central a 2.000 MW). 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 e em 2009 o parlamento do país autorizou o governo a começar o projeto para ampliar a capacidade no sítio existente, através da construção de mais uma ou duas unidades nucleares no mesmo local da central Paks. Os estudos da definição do tipo e tamanho do reator ainda estão em execução.

Pós Fukushima

Jun 2011- A empresa estatal MVM pretende expandir a capacidade das suas nucleares Paks e aumentar sua influência nos mercados de energia da sua vizinhança (nos Bálcãs-Croácia, Servia e Bósnia e na Romênia). A decisão de ampliação da central de Paks deve ser publicada em setembro, estando os trabalhos preparatórios 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.

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 20 anos das 4 unidades da central de Paks, cujas vidas úteis se encerrariam entre 2032 e 2037. Além disso, o país

pretende ampliar em 2.000 MW a capacidade da central (2 novas unidades de 1000 MW cada) até 2025. O custo está estimado em 10 bilhões de dólares.



Central Nuclear Paks – Hungria

Inglaterra e Irlanda do Norte (UK)

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010(TWh)	% do total gerado em 2010
Inglaterra	19	12.852	0	0	56,44	15,66

O Reino Unido tem 19 usinas em operação (15.367 MW de capacidade instalada) e 26 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 2010 o país produziu 56,44 TWh de energia de fonte nuclear (15,66% do total).

A produção de energia nuclear em 2011 (até julho) representava 21,3% do consumo de energia elétrica do país.

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.

Sítios revisados como possíveis para instalação de nova usina	Empresa(s) interessada(s)
Hartlepool	EDF Energy
Heysham	EDF Energy
Sellafield	NDA
Oldbury	NDA e EON
Wylfa Peninsula	NDA e RWE
Hinkley Point	EDF Energy
Bradwell	NDA
Sizewell	EDF Energy

Fonte: Platts 18.10.2010

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 seqüestro 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 - joint venture formada por E.ON UK e RWE Nuclear Power plans que apresentará as solicitações de licença para os sítios de Wylfa Península e de Oldbury já está trabalhando e deve ter a documentação pronta até 2012.

Hinkley Point C (Provável aspecto da usina – WNA)



Para o sítio de Hinkley Point, onde 2 usinas antigas já existem, a EDF já apresentou a documentação inicial para um EPR 1600 (Hinkley Point C), na região de West Somerset e fez as encomendas dos componentes pesados para esta central à AREVA.

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 atômicos. Neste caso o projeto consiste na construção de uma usina 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.

Pós Fukushima

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 da população inglesa à energia nuclear é alto chegando a 61% de apoio a novas construções principalmente como forma de prevenir as mudanças climáticas e garantir a segurança energética.

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 gerada 2009 (TWh)	% do total gerado em 2009
Itália	0	0	0	0	0	0

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

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 74% da energia são gerados por centrais nucleares.



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 seja 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.

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.

Pós Fukushima

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.

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

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.

Romênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Romênia	2	1414	2	1440	10,70	19,5

A Romênia tem 2 usinas nucleares (Cernavoda 1 e 2- PHWR 650 MW) em operação comercial com 19,5% da geração elétrica suprida por reatores nucleares em 2010. 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.



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

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. O país produz seu próprio combustível desde os anos 80 na Nuclear Fuel Plant (FCN) em Pitesti.

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.

Pós Fukushima

O grande problema enfrentado pelo país é a falta de recursos para terminar suas construções. 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.

República Checa

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Rep. Checa	6	3760	0	0	33,27	32,4

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 25 TWh em 2010, o que representou 32,4% da energia elétrica do país.

Existe a previsão (com estudos de impacto ambiental em andamento) de se adicionar mais dois reatores à Central de Temelin que originalmente foi prevista para 4 reatores, mas onde somente 2 foram construídos por razões políticas.



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

A concorrência internacional para o fornecimento dos dois novos reatores está aberta, com os fornecedores Frances (AREVA), americanos/japonês (Westinghouse) e russos (Rosatom) tentando vender seus produtos. As ofertas serão recebidas até julho de 2012 e o vencedor será anunciado em 2013. 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).

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. A população seria beneficiada pela redução de emissões e pela estabilização do custo do aquecimento.

Pós Fukushima

O governo Checo declarou que continuará com seus planos de construção de novas centrais no país.

Por solicitação do governo Checo a mais antiga central nuclear da República Checa (Dukovany) 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.

Rússia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Rússia	33	24.242	10	8.830	155,11	17,09

A Rússia tem 33 usinas (25.242 MW) em operação (sendo 15 delas com reator RBMK ou LWGR– o mesmo modelo da usina ucraniana Chernobyl), 10 usinas em construção (1RBMK, 1 FBR e 8 VVER) e 5 planejadas.

Em julho de 2008 o diretor geral da Rosatom – empresa estatal nuclear russa, Sr. Sergei Kiriyenko declarou que o governo russo prevê a construção de 42 novas usinas nucleares até 2020, o que corresponderá a cerca de 42 GW. Em 2010, a Rússia produziu 155,11 TWh de energia elétrica por fonte nuclear o que representou cerca de 17,09% de sua energia elétrica. O país pretende chegar a 25% ou 30% até 2020. O consumo per capita do país é quase 3 vezes maior que o brasileiro, para uma população de cerca de 142 milhões de habitantes.

Três usinas com reator RBMK (Leningrad 1, 2 e 3) tiveram suas vidas ampliadas em 15 anos após modificações e melhorias no projeto original.

A segunda usina da central de Volgodonsk (também conhecida como Rostov) entrou em operação comercial até o fim de 2010 e existem mais 2 em construção no mesmo sítio que devem ficar prontas até 2016. O governo assinou em novembro de 2011 a resolução de construir mais 2 reatores (central de Monakovo, VVER-TOI) na região de Nizhniy Novgorod com capacidade de 1.150 MW. Esta já seria a nova geração russa de reatores moderados a água.



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

A eficiência da geração nuclear cresceu fortemente na última década (o fator de disponibilidade passou de 56% para 76%), e toda a matriz energética está tentando acompanhar o crescimento do consumo, que tem se mantido em níveis bastante expressivos.

O foco em 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.



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 formando 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.



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

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, pretende construir a central Baltic Nuclear Power Plant em Kaliningrad, 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 recentemente fechado). Em novembro de 2011 o órgão regulador russo – Rosetekhnadzor forneceu a licença para a central.

Devido aos estudos de escassez de energia da região do Báltico que prevêem falta de capacidade de pelo menos 2.000 MW, a Rússia tem garantido aos investidores privados o grande potencial desta central, cujas unidades estão previstas para operar em 2016 e 2018 respectivamente. O projeto também inclui a linha de transmissão que distribuirá e energia pelos vizinhos (BRELL - Belarus Rússia Estônia Latvia e Lituânia).

Resíduos Nucleares

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

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 ameaça 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.



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

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.

Pos 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.

Desde o evento de Fukushima, a Rússia manteve a construção da usina de Leningrado 2 (segunda fase), assinou novos contratos de construção de nova central na Belarus e reafirmou seus planos de construção da primeira usina nuclear na Turquia ambos já satisfazendo requisitos decorrentes de Fukushima.

O reator do Irã construído pela Rússia está em preparativos finais para entrara em operação comercial e um novo negócio com Bangladesh deverá estar assinado até o final do ano.

Suécia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Suécia	10	9.281	0	0	55,1	38,13

A Suécia possui 10 reatores nucleares em operação que produziram 55,1 TWh de energia em 2010, o que representou um aumento de 10% em relação a 2009. 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, por razões políticas.



Central Nuclear de Oskarshamn- 3 unidades (2.308 MW) – 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 .

Resíduos 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.



Östhammar – Suécia

Local selecionado para construção de depósito definitivo de rejeitos nucleares

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.



Visitantes na área de testes do laboratório Aspo Hard Roch
foto: Ingrid Becker/KQED

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 porque e o como se encontraria um lugar para isto.

Pós Fukushima

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.

Outra consequência é a perda financeira já verificada nos grandes conglomerados energéticos mundiais como a estatal sueca Vattenfall (37.500 empregados diretos no mundo) que devido ao fechamento de unidades geradoras de sua propriedade na Alemanha (Brunsbuettel e Kruemmel) tiveram queda de 18% no balanço líquido em relação ao ano anterior.

Suíça

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Suíça	5	3.352	0	0	25,20	38,01

A Suíça possui 5 reatores nucleares em operação (3.352 MW de capacidade instalada distribuída em reatores tipo PWR e BWR) que produziram 25,20 TWh de energia em 2010, o que representa cerca de 38% 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 tem 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 7.300m³), 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 m³. 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.

Pós Fukushima

O país fará os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco. As conclusões dos primeiros 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.

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 gerada 2019 (TWh)	% do total gerado em 2010
Ucrânia	15	13.880	2	2.000	83,80	48,11

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 2010 as usinas nucleares ucranianas produziram 83,8 TWh que representaram 48,10% da energia elétrica do país. As fontes primárias 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 Khmelnytsky (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 Khmelnytsky (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%.



Central de Khmelnitski

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.

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.

Pós Fukushima

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

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 pode incluir também a Polônia.

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 2017. O sítio de Ostrovetsk, na região de Grodno

foi selecionado para a Central (2 x VVER -1200 MWe AES-2006).



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

Pós Fukushima

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

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 Européia. 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 européias.

Será construído um repositório intermediário no próprio sítio da usina (contrato AREVA a ser pago pela União Européia) 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, que os governos classificam como de implementação imediata para garantir segurança energética e aliviar a dependência do gás importado da Rússia, além de ajudar no cumprimento de metas européias de redução de emissões de gases do efeito estufa.

Pós Fukushima

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 que deverá estar em operação em 2020. A previsão é de assinatura do contrato ainda em 2011 e o custo está estimado em até 5 bilhões de euros.

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 tem início previsto para abril de 2011 e operação para 2016 e 2018 e tem sido apresentada aos investidores como negócio com clientes garantidos.

Polônia



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

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

Para reduzir suas emissões de CO₂ a Polônia já acena com a possibilidade de construir sua primeira central até 2020, 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 com dois ou três reatores cada uma. Espera-se que a primeira usina opere em 2020.

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

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 infra-estrutura 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).

Pós Fukushima

O Parlamento polonês aprovou em julho de 2011 a última lei necessária para o começo de construção da primeira Central Nuclear do país. Assim que o presidente Bronislaw Komorowski assinar a lei, a gigante empresa estatal Polska Grupa Energetyczna - PGE poderá dar início as atividades de construção de até 2 Centrais, com capacidade de até 6 GWe, que deverão estar prontos em 2020. A tecnologia escolhida deverá pertencer a um dos concorrentes que ofertarão até janeiro de 2012, entre eles AREVA, GE Hitachi e Westinghouse. A divulgação do resultado será em 2013 conforme informou a PGE.

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.

C - África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos

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

África do Sul

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
África do Sul	2	1800	0	0	12,9	5,18

A África do Sul possui dois reatores em operação (Koeberg 1 e 2 - PWR 900 MW cada), que em 2010 produziram 12,899 TWh.

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.



Central Nuclear Koeberg (Photo by: Ruvan Boshoff)

Pós Fukushima

O Ministro de Energia- Dipuo Peters reiterou 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. Segundo ele, 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.

Segundo o ministro o país não pretende abandonar seus planos de ampliar o suprimento de energia nuclear.

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 estão em conversações com os russos.

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 2020, seguindo-se todos os demais até 2030. O governo espera que a energia nuclear chegue a 20% do consumo interno nos próximos 20 anos.

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.

Emirados Árabes

Estados Unidos assinaram acordos de cooperação (ainda pendente de aprovação no Congresso Americano) com os Emirados Árabes para suporte a um programa civil de energia nuclear que pretendem ter em operação até 2020 três usinas nucleares de 1.500 MW cada uma.

A Coréia do Sul venceu a concorrência para a construção da primeira central nuclear dos Emirados Árabes (4 reatores, APR-1400). Os demais concorrentes foram a AREVA (com o reator EPR) e GE Hitachi (com o ABWR). O contrato assinado em 27 de dezembro 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.

O sítio selecionado para a primeira central é Braka, próximo a Doha (capital do Qatar) e a 240 km de Abu Dhabi e pode conter até 4 reatores. As obras começarão em 2012 e se prevê o início da operação comercial para 2017. A empresa coreana Doosan Heavy Industries vai suprir os componentes pesados. O órgão regulador concedeu em julho de 2010, as licenças de preparação do sítio e de início de fabricação de vários componentes (assim a coreana Doosan Heavy Industries pode começar os seus trabalhos. Além disso, estão em andamento as atividades para a concorrência internacional para o suprimento do combustível nuclear para a futura usina.

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 implementação de seu programa civil de energia nuclear em cooperação com a agência.

Pós Fukushima

No final de março de 2011 foi realizada a cerimônia de início de construção da central em Braka, nos Emirados com a participação de representantes da Emirates Nuclear Energy Corporation e da Kepco. Estiveram presentes à cerimônia o presidente da Coréia do Sul, Lee Myung-bak e o príncipe de Abu-Dhabi, Mohamed bin Zayed Al Nahyan. O acidente de Fukushima não trouxe modificações na política nuclear do país.

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 à 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.



Imagem do primeiro reator da Jordânia (KAERI)

Por não ser produtora de petróleo ou gás, e depender de fornecedores politicamente instáveis (importa 97% dos seus combustíveis), numa região sujeita a constantes ataques terroristas, 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 minere 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.

Enquanto isso a Jordânia assinou contrato de mineração do seu urânio com a Areva com duração de 25 anos e uma chamada para o projeto de uma central de 1.000 MW foi feita para as empresas Areva (França), AECL (Canadá) e Atomstroyexport (Rússia).

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.

O resultado da avaliação solicitada a uma consultoria especializada para definir a tecnologia a ser usada na sua primeira usina nuclear de potência (1000 MW) está prevista para o primeiro trimestre de 2012. Estão no páreo a AREVA, a Mitsubishi, a Atomstroyexport e a Atomic Energy do Canadá.

Pós Fukushima

O acidente de Fukushima não trouxe modificações na política nuclear do país, que continua planejando 2 reatores de potência nos próximos 10 anos para os quais foram feitas as ofertas técnicas em julho de 2011. 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 e deverá estar pronta até meados de 2011 conforme informou o Ministro de Minas Isak Katali, no primeiro evento (novembro 2010) para acionistas da área que foi organizado com a ajuda do órgão regulador finlandês.

Nigéria

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 um programa de recrutamento e qualificação de mão de obra especializada em nuclear será lançado no país. O país se comprometeu a seguir todas as normas de segurança estabelecidas por organismos internacionais de regulação.

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 4200 MW, tentando desta forma reduzir os problemas causados pelas secas que reduzem os reservatórios de água usados na geração hidrelétrica (65% da geração interna) .

Turquia

Neste mesmo 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 Akkuyo suspenso no ano 2000. Em setembro de 2009 o embaixador turco na AIEA - Ahmet Ertay, informou que serão construídos pela Rússia 5 reatores tipo VVER no sítio de Akkuyo, na costa mediterrânea, com capacidade de 5.000 MW e que estão em estudos um segundo projeto com capacidade de 10.000MW em um sítio separado ainda não licenciado.

Sucessivos anúncios de cancelamento de concorrência e posterior reatamento de acordos tornaram o processo na Turquia muito incerto, mas não encerrado. Conversações continuam com a Rússia e com a Coreia do Sul.

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).

Pós Fukushima

O país fará os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco. O acidente de Fukushima não trouxe modificações na política nuclear do país.

18/08/2011 – A Turquia este em conversações com o Japão sobre a segunda central nuclear com quatro reatores a ser construída em Sinop, na costa do Mar Negro. O consorcio construtor seria liderado pelos japoneses e a operação seria delegada a um terceiro país.

D - Ásia



Localização aproximada das usinas nucleares na Ásia

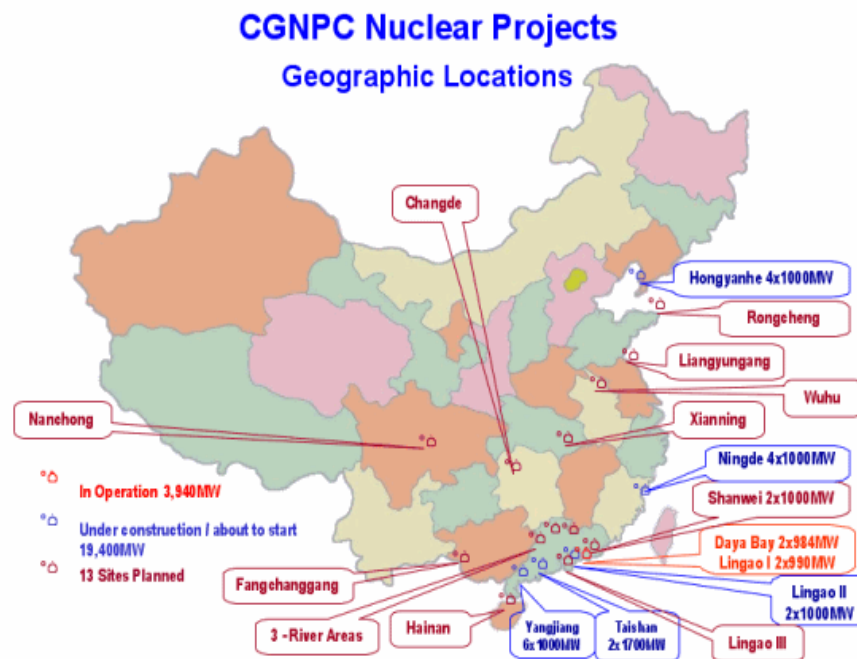
A região da Ásia-Pacífico é fortemente dependente de fontes térmicas para geração de energia com cerca de 60% da energia de China, Japão, Coreia do Sul e Índia vindo destas fontes. A mudança do mix de geração é esperada para região com a energia nuclear ganhando maior destaque com o rápido crescimento 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.

China

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% total gerado em 2010
China	15	11.078	27	27.230	77,82	1,82

A China é hoje o maior consumidor de energia do mundo (4.190 TWh em 2010), de acordo com o diretor da Agência Internacional de Energia, Nobuo Tanaka. 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. 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 novembro de 2011, 15 usinas em operação (11.078 MW) e o governo chinês prevê a construção de 54 novas usinas nucleares nos próximos 30 anos. De acordo com IAEA já existem 27 usinas em construção (com capacidade total de 27.230 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.



Localização das usinas nucleares chinesas controladas pela empresa CGNPC

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 ano passado produziu 77,82 TWh de energia elétrica de fonte nuclear o que significa cerca de 1,82% da energia elétrica do país. O país pretende atingir 35 GW de capacidade instalada nuclear em 2015, 55 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 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 2013. Esta Central quando completa terá 6 usinas AP1000, sendo que a segunda deverá entrar em operação em 2014.



AP1000



Haiyang 2 (AP-1000) – maio 2011
(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 autosuficiente 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 China National Nuclear Corp, Cao Shudong.

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.

Pós Fukushima

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.

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 80 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 gerada 2010(TWh)	% do total gerado em 2010
Coréia do Sul	21	18.393	5	5.560	141,89	32,19

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 21 reatores em operação (18.393 MW de capacidade instalada). Em 2010 essas usinas nucleares produziram 141,89 TWh, o que representa cerca de 32,19 % da energia consumida no país. São 5 as usinas em construção, com a previsão de um incremento de 30 GW até 2015, sendo que cerca de 5.500 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-Kori 1 (PWR - 960 MW) em agosto de 2010 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 Coreia do Sul não dispõe de fontes energéticas em seu território.

As atividades de pesquisa na Coreia 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.

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.



Estrutura de Construção em na usina Shin-Wolsong 1 – Foto AIEA

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 até 2012.

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.

Pós Fukushima

A Coréia do Sul tem sua demanda por eletricidade crescendo a 4% ao ano há uma década e tem um plano de exportação de tecnologia que pretende vender até 80 reatores até 2030. Esse plano tem se mostrado satisfatório com a venda de reatores para os Emirados Árabes e para a Jordânia. Apesar da queda na satisfação do público interno com a energia nuclear devido ao acidente de Fukushima, as previsões de novos reatores é de 29 unidades contra as 33 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 Coréia 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 gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Índia	20	4.391	7	4.824	20,48	2,85

A Índia tem 20 reatores nucleares em operação (4.391 MW) que produziram em 2010 cerca de 2,85% da energia do país que correspondeu a 20,48 TWh . Existem atualmente 7 usinas em construção (4824 MW) e mais 10 PHWR de 700 MW e 10 LWR de 1000 MW estão planejados oficialmente e devem iniciar a construção até 2012. A capacidade instalada do país deve atingir 10.080MW em 2017 quando todas estas usinas em construção deverão estar prontas.

Na Índia cerca de 40% da população 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).

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, vinha enfrentando problemas de fornecimento de combustível nuclear para as suas usinas. Dos 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 a 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.



Dois reatores (950 MW -VVER) em construção em Kudankulam, Índia.
(Foto: Atomstroyexport)

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). Em julho 2011 a Rússia, que fornece 70% do equipamento bélico ao país, anunciou que entregará o primeiro submarino à Índia até 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. 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.

Pós Fukushima

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. Os planos para a defesa e preparo para emergências estão prontos e a NPCIL – Nuclear Power Corporation of India Ltd, operadora dos reatores indianos e já vivenciou casos extremos em suas usinas (por exemplo: perda de energia na usina Narora em 1993; enchente em Kakrapara em 1994 e o impacto do tsunami no oceano indico em Madras em 2004) começou a implementá-los. Essas experiências ajudam muito nos trabalhos agora previstos para as nucleares.

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 gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Irã	1	1.000	0	0	0	0

O Irã tem uma usina em operação (Bushehr, PWR 1000 MW) que foi conectada à rede em 4 de setembro de 2011, após diversos atrasos provocados pelas mais diversas razões.



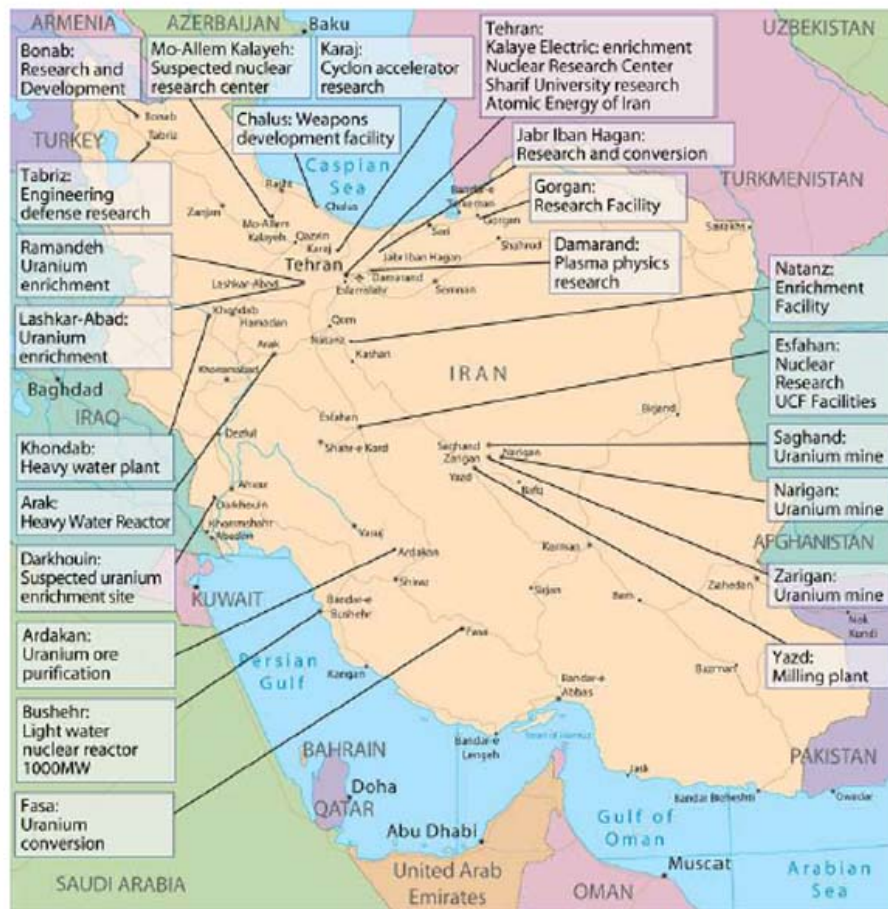
Usina Nuclear Bushehr, no Irã (foto : Atomenergoproekt)

As obras 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. A

operação da usina, o suprimento de combustível e a guarda dos rejeitos estará a cargo da Rússia pelos próximos 3 anos.

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.

Iran Nuclear Sites



Sítios com atividade Nuclear no Irã

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.

Pós-Fukushima

Não há declarações governamentais sobre atitudes a serem tomadas pós Fukushima, mesmo porque o governo ainda tem os problemas normais de início de operação de sua única usina.

Japão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010(TWh)	% do total gerado em 2010
Japão	50	44.114	2	2.600	279,23	29,12

O Japão tem 50 reatores (44.114 MW) em operação que produziram 279,23 TWh, em 2010, o que representou 29,12 % 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.

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

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 atingir uma área densamente povoada e com alto desenvolvimento industrial. Mesmo para um país de alto risco sísmico e cuja cultura e tecnologia se adaptaram para tornar este risco aceitável, tal evento, numa escala de probabilidade de 1 em cada 1.000 anos, superou toda capacidade de resposta desenvolvida ao longo de séculos pelo Japão.

A maior parte das construções e todas as instalações industriais com riscos de explosões e liberação de produtos tóxicos ao meio ambiente, tais como refinarias de óleo, depósitos de combustíveis, usinas 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.



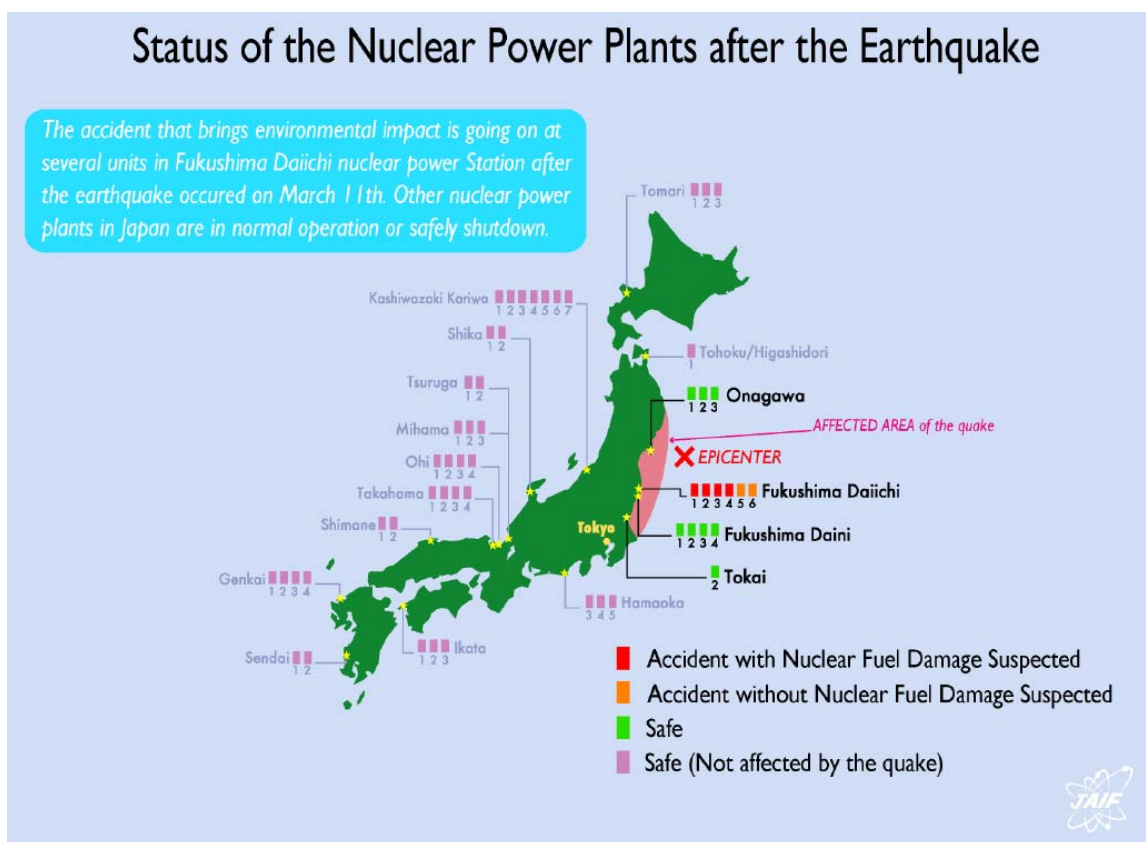
Central Fukushima-Daiichi após a primeira onda tsunami

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 estão, aos poucos, dominando a situação.

A ajuda internacional através de rede de países coordenados pela AIEA tem dado assistência especializada para os eventos de liberação de radiação e enquanto todos aprendem também com o evento.

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

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.



Em outubro de 2011 operavam 11 dos 54 reatores anteriores ao terremoto (Tomari-3; Kashiwazaki-Kariwa-5 e -6; Mihama -2, Ohi-2, Takahama-2 e -3; Shimane-2; Ikata-2; Genkai-1 e 4). A maior parte dos que estão parados estão passando pelos stress testes no mesmo modelo dos europeus, e outros pelas revisões anuais previstas nas leis japonesas. O governo ordenou que todos os reatores permanecessem desligados até o término dos testes. Analistas acreditam que os testes podem ser realizados com os reatores em operação e que o governo usa a segurança como questão política, tornando as condições econômicas já tão debilitadas pelo terremoto e tsunami ainda piores, com a previsão de fortes racionamentos no inverno que se aproxima. Em novembro de 2011 as

nucleares em operação eram apenas 18,5% da capacidade nuclear do país e em termos de geração de energia foram 9,4% da geração total do país, o que representou 6,73 TWH.

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 pretende usar os destroços resultantes do terremoto em usinas de geração elétrica que usem madeira como combustível, reduzindo desta forma 2 problemas, falta de energia e deposição dos destroços.

Até setembro de 2011 as restrições de acesso a 5 áreas evacuadas num raio entre 10 e 20 Km haviam sido canceladas, com a população autorizada a retornar a suas residências. 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.

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.

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.

Cazaquistão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Cazaquistão	0	0	0	0	0	0

O Cazaquistão não possui usinas de geração de energia elétrica, mas possui apenas reator de pesquisa em Almaty no Institute of Nuclear Physics.

Devido a sua grande capacidade de produção de urânio (maior produtor mundial do minério) ele tem grande peso na indústria nuclear. O país tem capacidade para converter urânio altamente enriquecido (HEU) em enriquecimento baixo (LEU) em sua fábrica em Ulba (Ulba Metallurgical Plant in Ust-Kamenogorsk), como aconteceu em agosto de 2011 quando 33kg de HEU foram convertidos em LEU, conforme informou a agência

americana de segurança (US National Nuclear Security Administration -NNSA) que está trabalhando no Cazaquistão para transformar o reator de pesquisa para uso de combustível LEU.

Paquistão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Paquistão	3	725	1	315	2,56	2

O Paquistão tem três usinas nucleares em operação (Chasnupp 1e 2, PWR 300 MW cada e Kanupp, PHWR - 125 MW) na região do Punjabe e uma em construção (Chasnupp 3 – PWR, 315 MW). Em 2010 foram gerados 2,56 TWh de eletricidade de fonte nuclear, cerca de 2% do total do país no ano. Em novembro de 2010 o país informou que assinou contrato com a China (China National Nuclear Corporation -CNNC) para a construção de quinta unidade.



Central de Chasnupp (foto Rosatom)

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 eterna 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.

Em abril de 2009, foi noticiado que o governo paquistanês aprovou a construção de mais dois reatores nucleares que se localizarão no Complexo de Chashma e terão 340 MW de capacidade instalada cada um, sendo fornecidos pela China a tecnologia e o combustível

enriquecido. Uma vez que o Paquistão é detentor de armas nucleares, a China não revelou detalhes da negociação para evitar ainda mais controvérsias neste assunto.

Em junho de 2010 foi anunciado acordo com a China que permitirá a construção de dois novos reatores de 650 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.

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

Pós Fukushima

Em maio de 2011 foi iniciada a construção da quarta usina no país (Chashma Nuclear Power Plant Unit 3, também conhecida como Chasnupp 3). É um PWR de 340 MW brutos sob responsabilidade da China, e deverá entrar em operação em 2015.

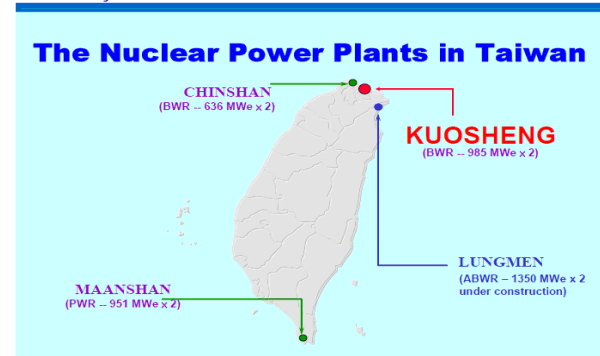
Taiwan

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2010 (TWh)	% do total gerado em 2010
Taiwan	6	4.980	2	2.600	41,63	N.D.

Taiwan tem 6 usinas em operação (2 PWR e 4 BWR) e mais 2 em construção (PHWR 1300 MW). Segundo a Nucleonics Week (junho 2011) a produção de energia em 2010 foi de 41,63 TWh.

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

Localização das Centrais nucleares em Taiwan



Pós Fukushima

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

Vietnam

O ministro da Indústria e Comércio do Vietnam anunciou que o governo pretende construir 2 centrais nucleares, com dois reatores cada uma, na província de Ninh Thuan, que deverão estar em operação entre 2020 e 2022.

Em maio de 2010 o primeiro-ministro vietnamita declarou a intenção de construir 8 reatores.

A central 1 (Ninh Thuan Nuclear Power Plant 1, com dois reatores) 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.

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 central.

Reatores Planejados e Propostos até 2027 no Vietnam

Localização	Usina (província)	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

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.

Pós Fukushima

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.

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 apóia 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, cada uma, no nordeste do país, na região de Rooppur, que devem estar prontas até 2018. O contrato também inclui o suprimento de combustível e a gestão do resíduo que será levado de volta a Rússia após o uso. O crescimento recente do país e a pouca disponibilidade de energia (as existentes reservas de gás estão quase extintas) contribuíram para que o governo decidisse fazer este negócio de 3 bilhões de dólares. Em 2007 ao país recebeu a aprovação da AIEA para seu projeto nuclear.

Pós Fukushima

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.

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. 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 – 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 Kiriyenko 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 na fabricação e suprimento de 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 em junho de 2011 acordo para manufaturar 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 – 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 - Rostechнадзор) 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 Zhalpak 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.

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 – 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.

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.

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 Nucleoeletrica 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).

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.

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.

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 – 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 – 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 – 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 – 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 – Congo

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

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 – 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.

França – Kwait

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 – 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.

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 – 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.

Brasil – União Européia

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 Vietnam, Indonésia e Nigéria.

Coréia do Sul – Jordânia

Um consórcio liderado 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.

Inglaterra – Jordânia

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.

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.

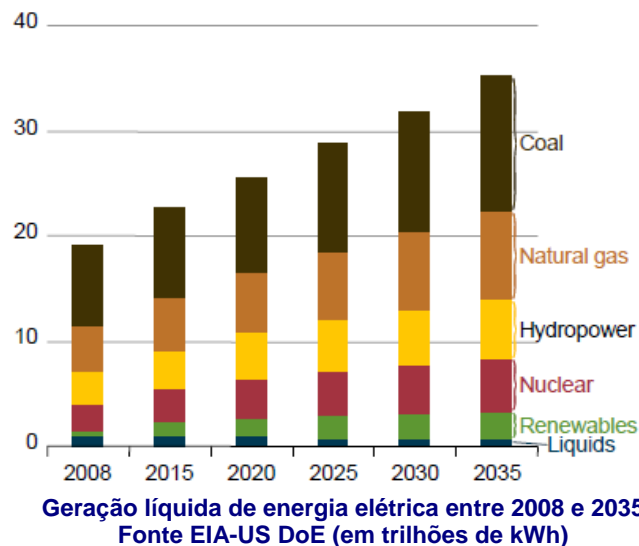
VI – Ambiente e Sociedade

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.

Energia a chave para o planeta e para o modo de vida da humanidade. Ela garante os empregos, a segurança, a produção de comida, o transporte e tudo mais. Sem ela as economias, os países, os ecossistemas, etc., não funcionam.

A energia nuclear é a tecnologia de baixa emissão de carbono mais madura existente sendo capaz de gerar grandes quantidades de energia para suprir as necessidades da sociedade em qualidade, quantidade e confiabilidade necessárias.

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 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 gerada por usinas movidas à combustível fóssil.

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 de base dos sistemas, produzida localmente, livre de emissões do efeito estufa é candidata a atender a estas condições.

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.

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 balança 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 implementação 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.

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 freqüentados 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* 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. O programa deve continuar até 2013.

VII – Urânio

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.

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 e 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".

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.



Produção do Yellowcake – foto INB



Minério de Urânio - foto INB

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 Canadá (20,5%), da Austrália (19,4%) e do Cazaquistão (19,2%) 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.

Produção e Reservas por País – 2009/2010

País	Produção em 2009 (tU)	Produção em 2010 (tU)	Recursos (tU) <US\$80/kg
Cazaquistão	14.020	17.803	344.200
Canadá	10.173	9.783	329.200
Austrália	7.982	5.900	714.000
Nam íbia	4.626	4.496	145.100
Niger	3.243	4.198	44.300
Rússia	3.564	3.562	172.400
Uzbequistão	2.429	2.400	55.200
USA	1.453	1.660	99.000
Ucrania	840	850	126.500
China	750	827	44.300
Malawi	104	670	N.D.
África do Sul	563	583	205.900
Índia	290	400	0
Rep Checa	258	254	600
Brasil	345	148	157.400
Romênia	75	77	0
Paquistão	50	45	0
France	8	7	0
Total	50.773	53.663	

Fonte: WNA, OECD/NEA

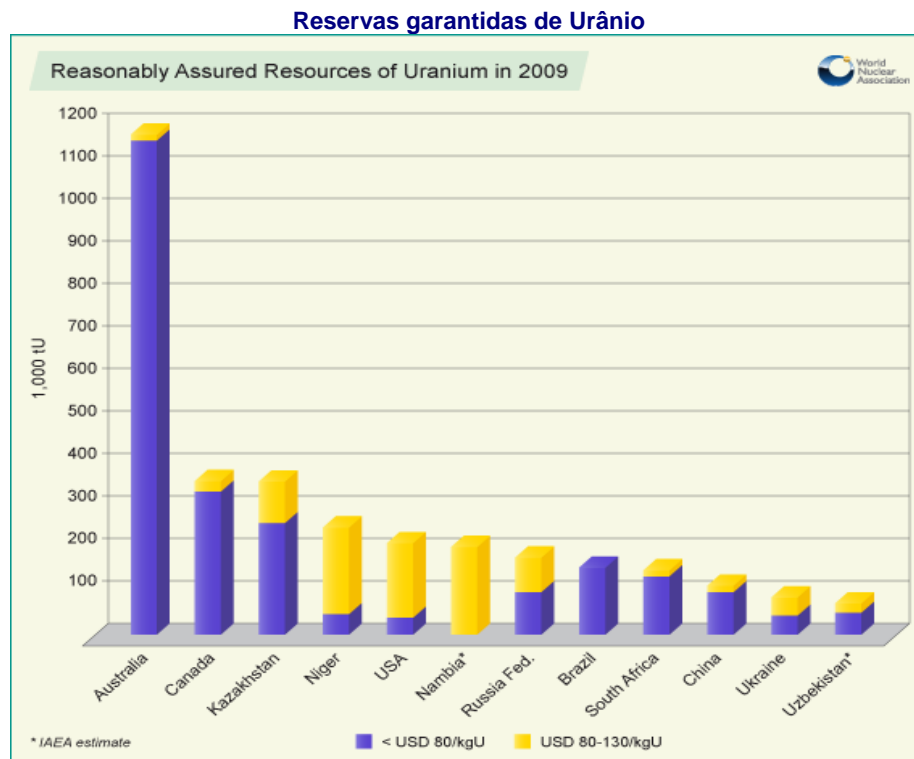
As fontes de urânio já identificadas são suficientes para suprir 60 a 100 anos de operação das usinas existentes no mundo e ainda os cenários de maior expansão previstos até 2035 pela AIEA. O Cazaquistão, tendo aumentado enormemente a sua produção, tornou-se, ao final de 2009 o maior produtor mundial de urânio, quando atingiu a marca de 14.000 toneladas anuais.

A produção mundial aumentou 6% em 2010, 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 diminuíram 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.

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.

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.

Além de colocar a nova mina em operação, a empresa também pretende triplicar a produção da mina de Caetité, na Bahia, que passará para 800 toneladas em 2012 e 1,2 mil toneladas em 2014. Dessa forma, a produção da INB saltará das atuais 400 toneladas para 2,7 mil toneladas em 2015, quando entra em operação a usina Angra 3, que significará um acréscimo no consumo de concentrado de urânio de cerca de 290 toneladas a cada 14 meses.

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 físsil 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 atrapalha as ações ilícitas.

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 vêem o combustível irradiado como rejeito que deve ser guardado em repositórios definitivos para alta radiação. Outros países vêem este material como um recurso energético para ser reprocessado e reutilizado.

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.



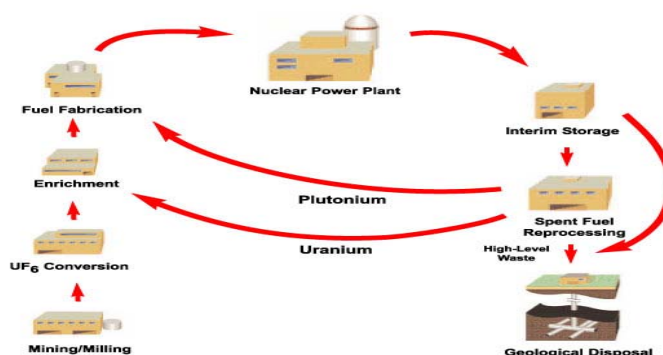
Usina de Reprocessamento Sellafield
Cumbria – Inglaterra

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 - 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 para 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.

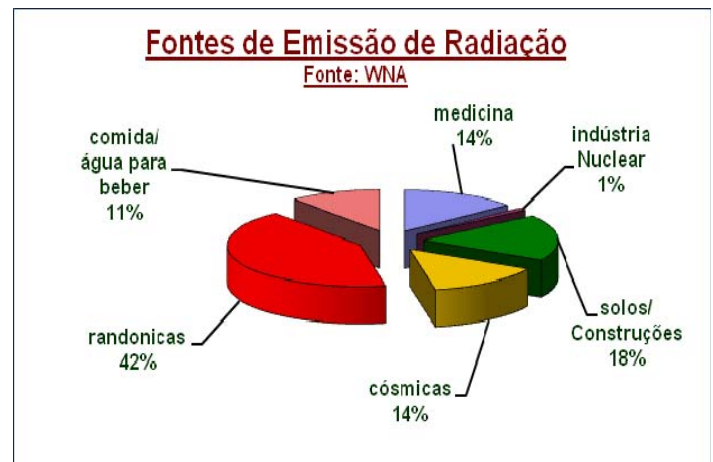
Programas de depósitos definitivos para combustível irradiado estão em andamento em diversos lugares, mas nenhum deles deve operar comercialmente antes de 2020. O fato de não haver nenhum depósito definitivo em operação não significa que não se tenha concebido uma solução para o tratamento dos rejeitos. 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, porem 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. Na natureza 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 a 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	Perigo Apresentado
ALFA	Não penetra na pele – pouco perigo
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 vêm 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 mSv
Mamografia	2,000 mSv
Scan de cérebro	0,8 a 5 mSv
Scan de Mama	6 a 18 mSv
Raio- X Gastrointestinal	14,0 mSv

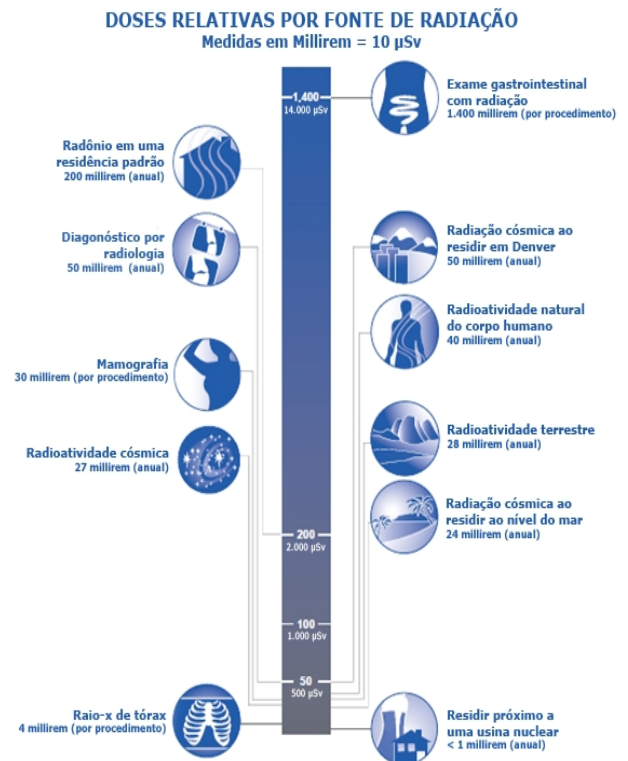
A unidade de medida de exposição à radiação é o Sievert (Sv) e seus derivados, o mili Sievert – mSv (um milésimo do Sievert =0,001 Sv) e o micro Sievert - μ Sv (milionésimo do Sievert =0,000001 Sv).

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:

μ 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.



From 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.

Contaminação radioativa é a presença de material radioativo em algum lugar onde não queremos, portanto, um material radiativo sem um controle de contenção.

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 Becquerel (Bq) que representa a quantidade de desintegrações por segundo no material considerado.

Radioatividade em alguns materiais naturais ou não	
Fonte: WNA	
Fontes de emissão	Quantidade
1 adulto humano (65 Bq/kg)	4.500 Bq
1 kg de café	1.000 Bq
1 kg de fertilizante superfosfatado	5.000 Bq
O ar de uma casa de 100 m ² na Austrália (radon)	3.000 Bq
O ar de uma casa de 100 m ² na Europa (radon)	até 30.000 Bq
1 detector de fumaça (com amerício)	30.000 Bq
Radioisótopos para diagnósticos médicos	70 milhões Bq
Fontes de Radioisótopos terapêuticas	100 Trilhões Bq (100 TBq)
1 kg de resíduo nuclear (vitrificado) de alta atividade com 50 anos de idade	10 Trilhões Bq (= 10 TBq)
1 sinal luminoso de saída (anos 1970)	1 Trilhão Bq (1 TBq)
1 kg de urânio	25 milhões Bq
1 kg do minério de urânio (Canadá, 15%)	25 milhões Bq
1 kg do minério de urânio (Austrália, 0.3%)	500.000 Bq
1 kg de resíduo nuclear de baixa atividade	1 milhão Bq
1 kg de cinzas de carvão	2.000 Bq

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

Exemplos de dose radioativa por ano de exposição contínua:

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 Iraã, da Índia e da Europa	50
Dose de radiação por fumar 30 cigarros por dia	60 a 160

No Brasil, na localidade de Guarapari, no Espírito Santo uma dose de 200mSv/ano é normal devido às areias monazíticas que compõem as praias.

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% vêm 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.

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 fluídos 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**

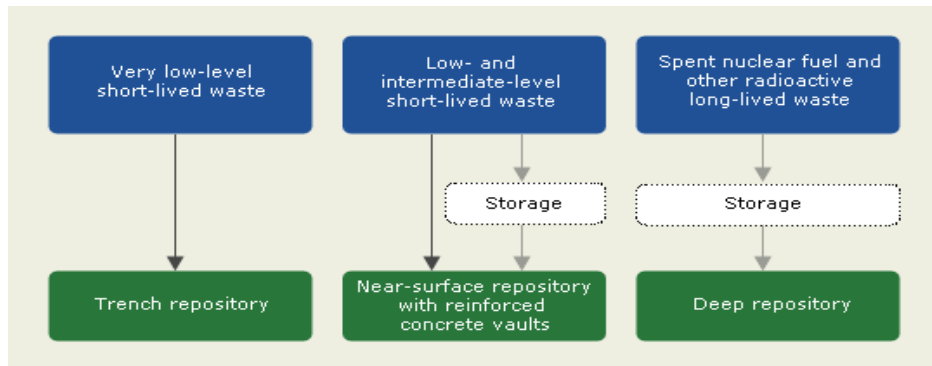
Objetivo: Conceber, projetar, licenciar, construir, e comissionar o Repositório Nacional para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Radiação.

- **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 é dependente 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.

O desenvolvimento da energia nuclear pressupõe um comprometimento desta indústria na gestão dos rejeitos.

Abordagem para a Gestão de Resíduo Nuclear por país			
Tipo de abordagem / País	Combustível Irrradiado em Toneladas métricas	Armazenamento Intermediário	data de operação para depósito em sítio geológico
Deposição direta			
Bélgica	2.699	sim	2040
Canadá	40.054	não	2025
Finlândia	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
Reprocessamento			
China	1.532	Não	2050
França	12.400	Não	2025
Alemanha	12.788	sim	2035
Japão	12.585	Não	2035
Suíça	1.040	sim	2040
Grã-Bretanha	423	Não	2025

Fonte: EIA_US DoE 2011

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 maio de 2010 e a próxima será em abril de 2012 em Viena. Especialistas ocidentais dizem que, se esta conferência tiver êxito, resultará em uma declaração que abranja os três pilares do NPT - o desarmamento, a não proliferação e o uso pacífico da energia nuclear.

Country	Strategic		Non-Strategic		To be Dismantled	Total by Country
	Deployed	Reserve	Deployed	Reserve		
United States	1,950 ⁸	2,850 ⁹	200	-	3,500	8,500
Russia	2,600 ¹⁰	3,700	~2000	~3,300	-	~11, 600
China	185 ¹¹	55	-	-	-	240
France	300 ¹²	-	-	-	-	300
United Kingdom	120 - 160 ¹³	65	-	-	-	225
Israel	100 - 200 ¹⁴	-	-	-	-	100 - 200
India	60 - 80 ¹⁵	-	-	-	-	60 - 80
Pakistan	100 - 110 ¹⁶	-	-	-	-	100 - 110
North Korea	0 ¹⁷	0	0	5 - 6	-	5 - 6
Total	~5,550	6,670	2,200	3,305	3,500	~21, 240

Fonte: British American Security Information Council (BASIC) Nov. 2011

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.

Segundo o livro anual 2010 do Stockholm International Peace Research Institute ([2010 Yearbook](#)), de junho de 2010 a Rússia e os Estados Unidos possuem grande quantidade de ogivas nucleares (talvez 22.000 unidades) e há outros 7 países nas mesmas condições, a saber: Grã-Bretanha, França, China, Israel, Índia, Paquistão e possivelmente a Coreia do Norte.

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 salva-guardas 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 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 físeis.

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 ultracentrífugas 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:

- 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 tio de reator), numa tentativa de reduzir os custos desta atividade.

O Brasil não é auto-suficiente 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 usado nos exames. Com a parada do reator canadense o Brasil foi atendido parte de sua demanda comprando da Argentina os radioisótopos que necessita.

Uma solução para o problema seria o Reator Multipropósito Brasileiro – RMB, que se implementado (em torno de 5 anos e 500 milhões de dólares) poderia atender a esta demanda e a outras de ordem industrial do Brasil, uma vez que além de produzir radioisótopos, o RMB seria utilizado na realização de testes de irradiação de materiais e combustíveis e em pesquisas com feixes de nêutrons. Esse projeto permitiria uma contribuição para o desenvolvimento de uma infraestrutura científica e tecnológica fundamental para dar suporte à expansão do Programa Nuclear Brasileiro.

Segundo o Prof. José Augusto Perrotta - Assessor da Presidência da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, o projeto está hoje na fase de concepção do reator RMB, paralelamente esta sendo realizada a prospecção do local, que já foi escolhido. 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 pólo 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.

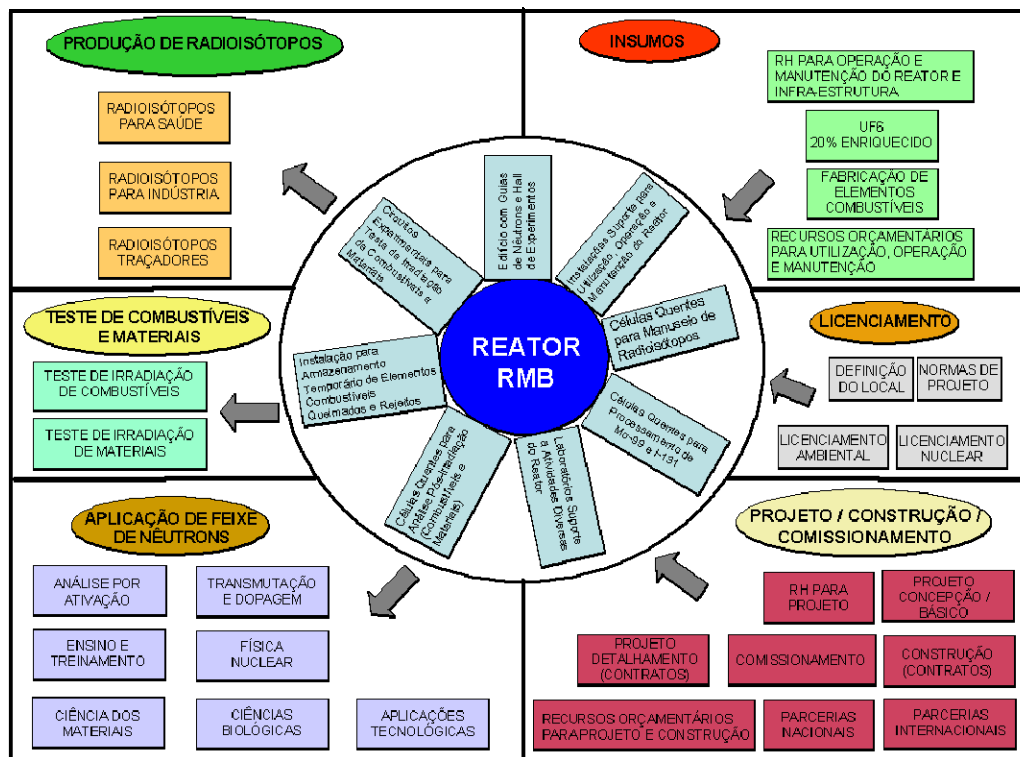


Imagem - Prof. José Augusto Perrotta

Atualmente o país conta com apenas quatro cíclotrons em operação, em São Paulo, no Rio de Janeiro, em Belo Horizonte e no Recife 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

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 produzem, 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 (parachoques).

Cerca de um quinto da população do planeta não tem acesso à água potável e à **limpeza e dessalinização de águas** nestas áreas (em especial na África e na Ásia) 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.



TRIGA CNEN/CDTN - Belo Horizonte



Argonauta CNEN/IEN Rio de Janeiro

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. 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 para ficar em atividade por 5 anos, ainda hoje mantêm seus sistemas em funcionamento e enviam informações aos centros de controle na Terra.

Na agricultura seu principal uso é na 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, destruir fungos e bactérias nocivas, evitar doenças e insetos diversos. Usa-se também na conservação de adubos (turfa).

A perda de alimentos pós-colheita ou pós-abate, como resultado da infestação por insetos ou microorganismos, é estimada como sendo da ordem de 25% a 50% de tudo que é produzido.



Alimentos irradiados e o símbolo que informa o processo

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.**

Aumento médio na durabilidade de Alimentos irradiados

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 liq	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	Vandellós 1	GCR	480	18	jun/90	incendio da Turbina
Suíça	St Lucens	Exp GCHWR	8	3	1966	Derretimento do Núcleo
Ucrânia	Chemobyl 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-440V270	376	13	1989
Bulgária	Kozloduy 1-2	VVER-440V230	408	27, 28	dez/02
	Kozloduy 3-4	VVER-440V230	408	24, 26	dez/06
França	Super Phenix	FNR	1200	12	1999
Alemanha	Greifswald 1-4	VVER-440V230	408	10, 12, 15, 16	1990
	Muelheim Kaerlich	PWR	1219	2	1988
	Rheinsberg	VVER-70V210	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-440V230	408	28	dez/06
	Bohunice 2	VVER-440V230	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.

XII – Conclusões

Apesar do aumento do sentimento anti-nuclear após o acidente japonês da usina de Fukushima a tecnologia nuclear permanece a mais barata e mais eficiente fonte de energia, segundo relatório liberado em julho de 2011 pela consultora financeira KPMG que credita, mesmo assim, às fontes fósseis a continuação do suprimento energético mundial. Isto acarretará forte aumento nas emissões de CO₂, que só as nucleares poderão compensar com suas unidades podendo operar por até 60 ou 80 anos, com combustíveis muito mais baratos.



Esta é a mesma opinião da IEA (International Energy Agency da OECD), no seu novo relatório de novembro de 2011- World Energy Outlook- segundo o qual 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, a diretora da entidade 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 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 será, segundo a ONU, o ano Internacional da Sustentabilidade de Energia para todos e 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 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).

Fukushima demonstrou a incrível resistência que possui uma planta nuclear. Ela foi capaz de resistir a um evento planetário muito acima de suas bases de projeto. A capacidade de organização do governo e povo japonês foi capaz de evacuar, em tempo hábil, a população que poderia estar em perigo devido à radiação. A título de comparação no acidente de Three Mile Island em 1976 nos USA, um dos maiores da história nuclear tem zero óbitos, zero feridos e zero doentes, o mesmo não pode ser dito quanto a outros acidentes na geração de energia ao longo dos tempos. (ver WNA - Environment, Health and Safety in Electricity Generation). Nenhuma indústria pode ostentar os indicadores que as nucleares trazem sobre acidentes nos últimos 50 anos de operação.

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.

O acidente de Fukushima, cujos efeitos ainda vivemos, acarretará uma análise técnica profunda do evento e levará a muitas outras lições aplicáveis não só as usinas do tipo BWR, mas também às demais usinas em operação, bem com àquelas que estão em projeto e construção, aperfeiçoando a segurança num processo de melhoria contínua.

As demandas por ações imediatas, após o acidente de Fukushima, no sentido de desligar usinas em operação ou interromper obras de usinas em construção são precipitadas pelo clima catastrofista que tem sido predominante na divulgação do evento pela mídia, que influencia fortemente a opinião pública. Tais demandas são, às vezes, deflagradas por razões de natureza política e ideológica, as quais, ainda que legítimas nas sociedades democráticas, não encontram fundamento técnico que as suportem.

É importante que a sociedade e os governos se não tomem decisões precipitadas, movidas pelo calor da emoção ou por oportunismo ideológico, que venham a prejudicar as próprias sociedades às quais se pretende proteger.

Para que a energia nuclear seja parte do futuro o setor precisa vencer os enormes desafios que vão 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.

Entre 2003 e 2009 houve ampliação do número de formandos americanos no setor:

Nuclear Engineering Degrees Awarded, 2003-2009			
	B.S. degrees awarded	M.S. degrees awarded	Ph.D degrees awarded
2009	395	233	87
2008	454	260	127
2007	413	227	89
2006	346	214	70
2005	268	171	74
2004	219	154	75
2003	166	132	78

Source: Oak Ridge Institute for Science and Education

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 2010, Country Nuclear Power Profiles
- 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 –
<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
- WNN: http://www.world-nuclear-ews.org/NN_Nuclear_plans_forge_ahead_160609.html e
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)
- Mapas: <http://www.insc.anl.gov/pwrmaps/>
- TNP : <http://www.un.org/events/npt2005/npttreaty.html>
- European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute : 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
- Deployed warheads – SIPRI Year Book 2011 - www.nea.fr/html/rwm/wppdd
- 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>