



Informativo da Associação Brasileira
de Energia Nuclear
Ano 16 • Numero 38 • 2012

BRASIL NUCLEAR

eração da usina de produção
(yellow cake), com índice de
superior a 98%, realizado
Fânio Brasil S.A., no
ero-Industrial de Poços
(2).

Concentrado de
urânio (yellow-cake)
produzido em
Poços de Caldas.

Década de 80

Década de 90

Década de 90

INAC tem público recorde

As lições de Fukushima

Futuro colorido para o
quartzo irradiado

operação do
ustrial do
aldas, tornando
do mundo a
ialmente.



Garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear, desenvolver e disponibilizar tecnologias nuclear e correlatas, visando ao bem-estar da população

Esta é a missão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Criada em 1956, a CNEN é a autoridade máxima do governo no setor e responsável pela formulação da política nuclear brasileira.

Com 14 unidades distribuídas em nove estados, a CNEN licencia e controla instalações nucleares e radioativas nas áreas médica, industrial, de pesquisa ou geração de eletricidade. Para multiplicar conhecimento, também realiza trabalho de ensino e capacitação, credencia os profissionais que atuam nas instalações, é responsável pelo destino final dos rejeitos radioativos gerados nestas atividades, além de ser produtora de radiofármacos no Brasil.

Um processo permanente de pesquisa em radioproteção e nas aplicações de tecnologias nucleares garante a qualidade destas ações, resultando em segurança para trabalhadores do setor, população em geral e meio ambiente.

Saiba mais sobre a CNEN acessando

www.cnem.gov.br

A transparência como conduta

Público recorde e forte presença de jovens marcam a Inac 2011	4
Ações internacionais no cenário pós-Fukushima	8
Presença de urânio na água e em solo de Caetité deve-se a fatores ambientais	10
As lições de Fukushima	14
A vida esteve protegida	18
INB tem avaliação positiva da AIEA e Fiocruz	19
Fiocruz não vê relação entre mineração e câncer em Caetité	20
Um futuro colorido para o quartzo irradiado	22
Fornecedores estão otimistas com o futuro do mercado brasileiro	25
Átomos	30

Em março de 2011, o Japão foi vítima de um desastre natural sem precedentes, provocado por um terremoto de magnitude 8.9 na escala Richter, seguido de ondas tsunami de mais de 15 metros. O efeito foi devastador para a vida, para o meio ambiente e para a infraestrutura – refinarias de óleo, depósitos de combustíveis, usinas termelétricas e indústrias químicas localizadas na região atingida entraram em colapso. Dos 15 reatores nucleares que estavam na área diretamente afetada pelo terremoto (de um total de 54 em operação no Japão), a maioria resistiu à força do evento, com exceção da central de Fukushima Daiichi, onde a perda de todas as fontes internas e externas de alimentação de energia, indispensáveis para manter o resfriamento dos quatro reatores e piscinas de combustível usado, resultou em danos no núcleo de dois reatores e explosões provocadas pela liberação de hidrogênio.

O terremoto e a tsunami provocaram mais de 20 mil mortes. Já o acidente nos reatores de Fukushima Daiichi, que chegou a ser tratado como “desastre” pelos críticos da energia nuclear, não teve nenhuma vítima fatal e não houve nenhum caso de contaminação pela radiação que escapou da usina. A concentração de materiais radioativos no meio ambiente está muito abaixo dos limites de segurança estabelecidos. Mesmo com o sistema de refrigeração inoperante, as medidas de intervenção conduzidas pelos técnicos japoneses possibilitaram o controle da situação, o que mostra que mesmo em situação de eventos extremos, as usinas nucleares são seguras.

Em todo esse processo, a transparência pautou as ações do setor nuclear, que não negou a gravidade do acidente, não fugiu ao debate e procurou dar respostas concretas à situação. Dentre elas a revisão de políticas e procedimentos operacionais das usinas nucleares e a elaboração de um Plano de Ação, apresentado pela AIEA em setembro, para reforçar a segurança das instalações nucleares quando desafiadas por tragédias naturais. Fukushima, para o setor, representa uma oportunidade histórica de aperfeiçoamento - e não de recuo, como disseminaram os críticos da energia nuclear. Um comportamento radicalmente oposto ao adotado por outras indústrias diante de acidentes graves por elas mesmas provocados, como o derramamento de petróleo no Golfo do México, causado por erro na perfuração de poço submarino. Poderíamos dizer que a falta de uma resposta da empresa responsável pelo acidente, que causou enorme impacto ambiental, permite a repetição desses acidentes, como o ocorrido recentemente, na Bacia de Campos.

Um dos frutos dessa transparência é o interesse despertado pela Inac 2011 (International Nuclear Atlantic Conference), que bateu o recorde de público em relação às anteriores, apesar dos reflexos do acidente japonês. O evento contou com 1290 participantes inscritos e recebeu mais de 8 mil visitantes nas exposições – jovens, em sua grande maioria. O grande número de trabalhos técnicos e científicos recebidos reflete o bom momento vivido pela comunidade nuclear brasileira. A retomada de Angra 3, os planos de construção de quatro novas usinas e o investimento na implantação do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) são algumas das iniciativas que reforçam a confiança e o otimismo no futuro, e no presente, do setor.

Presidente da Aben
Edson Kuramoto – Eletrobras
Eletronuclear

Conselho Editorial
Francisco Rondinelli - Cnen
Guilherme Camargo - Eletrobras
Eletronuclear
José Carlos Castro – INB
Márcia Flores – Aben
Maria Aparecida da Silva – Nuclep
Paulo Affonso da Silva – CTMSP

Rogério Arcuri – Eletrobras
Eletronuclear

Editora
Vera Dantas

Produção Editorial
Inventhar Design e Editora

Edição de Arte
I Grafcici Comunicação & Design

Impressão
Unigráficas

Brasil Nuclear é uma publicação da Associação Brasileira de Energia Nuclear - Aben

Av. Rio Branco, nº 53 – 13º andar
Centro – Rio de Janeiro
CEP 20090-004
Tel: (21) 2266.0480
aben@aben.com.br
www.aben.com.br

Interesse e renovação

Público recorde e forte presença de jovens marcam a Inac 2011

Vera Dantas

Auditórios lotados, palestras e debates de alto nível, 1.290 participantes inscritos, 979 trabalhos apresentados em palestras e pôsteres e mais de 8 mil visitantes nas exposições. Realizada de 24 a 28 de outubro, em Belo Horizonte, a Inac 2011 (International Nuclear Atlantic Conference) bateu o recorde de público em relação às quatro edições anteriores, um desempenho que surpreendeu os organizadores. “Em um ano marcado pelo acidente de Fukushima, foi altamente estimulante constatar o interesse da comunidade nuclear e, principalmente, de estudantes, que demonstraram sua confiança no futuro do setor”, afirma o coordenador do evento, Fausto Maretti Jr.

Tendo como tema “Nuclear Energy: New Jobs for a Better Life”, a Inac 2011 recebeu trabalhos técnicos de 22 países e contou, também, com a participação de representantes de instituições internacionais de pesquisa e das principais empresas mundiais do setor nuclear, como Areva, GDF Suez, GE Hitachi e Westinghouse. Palestrantes estrangeiros, como o holandês Peter Bode, ganhador do Prêmio Hevey Medal Award 2011 e o australiano John Bennett, da Australian Nuclear Science and Technology Organization, destacaram o alto nível das conferências e palestras e a audiência, marcada por grande número de jovens. Além da participação de mais de 400 estudantes da área nuclear de diversos estados, entre mestrandos e bolsistas de iniciação científica inscritos, o evento recebeu a visita de estudantes de segundo grau e alunos de escolas técnicas.

Além das sessões plenárias abordando temas como as tendências futuras da energia nuclear e a formação de recursos humanos para o setor em um novo cenário sócio-econômico, o evento contou com palestras técnicas que debateram questões relacionadas à segurança nuclear, radioproteção, gerenciamento de rejeitos, física de reatores, sustentabilidade de fontes energéticas e responsabilidade social, entre outras. Os aspectos regulatórios para o setor foram abordados no III Seminário de Direito e Regulação Nuclear, que contou com a presença de representantes da Advocacia Geral da União. O grande interesse despertado pelo evento, que registrou o dobro do público em relação à edição anterior, leva os organizadores a prever que o fato venha a se repetir na próxima edição.

Enfir

O XVII Encontro de Física de Reatores Nucleares e Termohidráulica (Enfir) mostrou 206 trabalhos, sendo 105

em apresentação oral e 101 na forma de pôsteres. Um dos destaques do evento foi a mesa redonda sobre reatores avançados, que contou com a participação de especialistas estrangeiros como o português Manoel Alonso, da Associação Euratom-IST, a norte-americana Shannon M. Bragg-Sitton, do Idaho National Laboratory e o brasileiro José Rubens Maiorino.

Também, com grande audiência, a mesa redonda sobre reatores multipropósito contou com a participação de especialistas internacionais, que compartilharam informações sobre suas experiências. O evento reuniu pesquisadores como o francês Alain Porracchia, o argentino Herman Blaumann e o italiano Francesco D’Auria, que desenharam um panorama do mercado para esses equipamentos, principalmente, para a produção de radioisótopos. O pesquisador José Perrota apresentou o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB).

Segundo o coordenador do Enfir, Ivan Dionysio Aronne, a participação de jovens, principalmente estudantes, foi a maior de todas as edições do Enfir. “Enquanto nos anos anteriores o público era formado na maioria pelos colegas habituais, este ano, as salas foram ocupadas por gente nova, estudantes e recém-formados, que fizeram uma verdadeira imersão nas palestras e minicursos. Foi uma presença maciça, com salas lotadas e gente sentada no chão, que participaram ativamente dos debates”, informa Aronne.





Enan

O X Encontro em Aplicações Nucleares (Enan) apresentou 550 trabalhos, sendo 106 apresentações orais e 444 pôsteres. Um tema de destaque foi a análise por ativação neutrônica, apresentado pelos palestrantes Sheldon Landsberger (EUA), John Bennett (Austrália), Peter Bode (Holanda) e Radojko Jacimovic (Eslovênia). Foram levantados aspectos técnicos a serem observados e que irão contri-

O holandês Peter Bode e o australiano John Bennett (abaixo) destacaram o alto nível das conferências





Bernard Faucher



José Perrota



buir para obtenção de resultados mais confiáveis e com a menor incerteza possível na utilização dessa técnica. Os resultados das discussões técnicas poderão contribuir para futuras implementações de melhorias no projeto do Reator Multipropósito Brasileiro, instalação em que essa análise também será utilizada.

Segundo o coordenador Wellington Antonio Soares, o Enan ofereceu “uma oportunidade ímpar de apresentação de oportunidades de pesquisas demandadas pela área nuclear, o que, com certeza, irá orientar estudos desenvolvidos em institutos de pesquisas e em universidades que estiveram presentes no evento”.

Soares também ressaltou a participação dos jovens. “Na situação atual em que se encontra o setor nuclear brasileiro, com a iminência de aposentadorias de grande parte de seus profissionais, foi muito importante a reunião de um grande número de estudantes nessa edição do Inac/Enan, pois estes serão potenciais candidatos a suprirem essas vagas”, afirma.

Enin

No II Encontro da Indústria Nuclear (Enin) foram apresentados 44 trabalhos, sendo 24 orais e 20 na forma de pôsteres. O coordenador João Roberto Loureiro de Mattos destacou a participação de diversos especialistas estrangeiros que apresentaram palestras, como Benoit Blassel, da empresa francesa Areva, que descreveu o projeto Atmea1. Com tecnologia Areva e Mitsubishi, trata-se de um reator PWR de médio porte, com aspectos de segurança intrínseca e com a possibilidade de alto grau de nacionalização de componentes.

Outro foco importante foi a discussão do destino dos resíduos gerados pelas usinas nucleares. O tema foi abordado na palestra do francês Bernard Faucher, que relatou as experiências do processo de seleção de locais em vários países da Europa, notadamente, França e Espanha, visando

Foram realizados na Inac 2011 o III Seminário de Direito e Regulação Nuclear e o 1º Fórum Internacional do Urânio

a construção de repositório de resíduos de baixo e médio níveis de atividade. Na mesa Gestão de Combustíveis Usados e de Resíduos do Setor Nuclear no Brasil foram discutidos os encaminhamentos e atribuições das partes interessadas na gestão de combustíveis usados e de resíduos do setor nuclear, bem como os aspectos de coordenação, cronograma e financiamento necessários para a sua execução. Roberto Garcia Esteves, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), fez uma avaliação econômica da reciclagem do combustível usado da usina Angra 3, considerando os custos associados às várias etapas do ciclo do combustível nuclear.

Também presente no Enin, o secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, Altino Ventura Filho, enfatizou que o Brasil deve investir na energia nuclear, por ser uma importante opção para a geração de energia elétrica em grande escala e, também, pelo fato do país possuir uma das maiores reservas de urânio, além de dominar as tecnologias-chave do ciclo do combustível nuclear.

AIEA

A Agencia Internacional de Energia Atomica (AIEA), em cooperação com a Cnen, organizou o curso sobre o Desenvolvimento da Infraestrutura de Segurança Nuclear Necessária para um Programa de Geração Nucleoelétrica. Com duração de duas semanas, o evento foi realizado em três etapas, sendo a primeira, na sede da Cnen, no Rio de Janeiro, a segunda, na Central Nuclear Álvaro



Sheldon Landsberger



Alberto, em Angra dos Reis, e a última, em Belo Horizonte, no âmbito da Inac. O curso contou com cerca de 30 participantes da Bolívia, Brasil, Chile, Equador, Peru, República Dominicana e Uruguai.

O objetivo do curso foi oferecer aos países uma ampla visão dos diversos aspectos institucionais, organizacionais e técnicos, necessários para a criação das bases de uma sólida infraestrutura que permita garantir um alto nível de segurança pela aplicação das normas de segurança da AIEA, nas diversas fases de implementação de um programa de geração nucleoeletrônica.

Foram abordados temas relacionados ao sistema governamental, jurídico e regulador da segurança nuclear e ao processo de licenciamento de centrais nucleares. E, ainda, desenvolvimento de recursos humanos, liderança e gerência de segurança na operação de centrais nucleares, seleção de local, planejamento e resposta a emergências

nucleares e gerência de combustível nuclear irradiado e rejeitos radioativos.

UIF

Outro evento realizado durante a Inac 2011 foi o 1º Fórum Internacional do Urânio (UIF). Foram apresentados 31 trabalhos, sendo 11 orais e 20 pôsteres sobre o estado da arte da pesquisa de urânio no Brasil, destacando aspectos ambientais, mineralógicos, radiométricos e de mineração. O evento foi coordenado por Kenya Moore Dias da Cunha, da Universidade do Novo México (EUA), e por Arnaldo Mezrahi, da Cnen.

Um dos destaques do evento foi a palestra "Uncertainty analysis using fuzzy logic applied to the uranium prospecting", proferida pelo professor Timothy Ross, da Universidade do Novo México. Foram formados grupos de discussão, cujos resultados serão divulgados em uma publicação relativa ao evento.

Exposição CDTN

Mais de 8 mil visitantes, especialmente estudantes, foram atraídos pela exposição histórica do CDTN – Centro Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, que marca o início das comemorações dos 60 anos do centro, que foi o primeiro instituto nuclear inaugurado no país, e também o 50º aniversário do IPR-R1, primeiro reator do tipo Triga, instalado no Hemisfério Sul. A exposição faz uma retrospectiva da energia nuclear na região e no país, mostrando equipamentos de várias épocas, a partir da década de 1950, mostrando a evolução do trabalho realizado pelos laboratórios. "Devido a dezenas de pedidos, estamos pensando em transformá-la numa exposição permanente", informa Maretti Jr.



Ações internacionais no cenário pós-Fukushima

Problemas relacionados com procedimentos, gerenciamento e tomada de decisão podem ter agravado as consequências do acidente nuclear de Fukushima. Segundo o representante do Brasil junto à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), Laércio Vinhas, a hipótese de ocorrência desses fatores foi formulada ao se comparar a evolução da situação nas centrais de Fukushima Daiichi, Onagawa (a 110 km) e de Fukushima Dai-ni (a 10 km). “Enquanto em Fukushima Daiichi os procedimentos adotados acabaram levando à deterioração nas condições dos reatores, as duas outras usinas, que sofreram os mesmos terremoto e tsunami, com o mesmo impacto nas estruturas, conseguiram manter os reatores na condição de desligamento seguro”, afirmou na palestra de abertura da Inac 2011.

Pontuando sua apresentação com observações bem humoradas, Vinhas afirmou que, embora já seja consenso que o acidente nuclear não foi causado por falha nos reatores ou por deficiência dos padrões de segurança da usina, mas por problemas de projeto como a fragilidade da barreira de proteção contra ondas gigantes – “a barreira tinha cerca de seis metros de altura quando, há mil anos, já tinha havido um tsunami naquela região de mais de 10 metros” -, todos querem se aproveitar da situação, tanto os que são contra como os favoráveis à energia nuclear. “Os primeiros fazem as críticas costumeiras. Já os órgãos regulatórios usam o acidente para se fortalecerem, como, por exemplo, ampliando a importância e as verbas destinadas ao departamento de Nuclear Safety and Security da AIEA”, comentou.

Vinhas relatou as quatro principais ações internacionais realizadas para analisar e propor ações relacionadas com a segurança nuclear, a partir do acidente de Fukushima. Em março, a Western European Nuclear Regulation Association (WENRA), entidade que reúne as instituições reguladoras europeias, propôs a implementação de *stress tests* em reatores nucleares. Trata-se de um conceito oriundo da área financeira, criado para verificar a resistência de uma instituição bancária diante de uma situação crítica. Em maio, foi realizado um encontro do Insag, formado por 18 especialistas, voltado para projetar o futuro da segurança nuclear e responsável por importantes conceitos como defesa em profundidade e cultura de segurança. Em junho, a AIEA realizou uma conferência ministerial em proteção nuclear e, em setembro, foi a vez da Organização das Nações Unidas (ONU) promover um encontro de alto nível, com a presença de chefes de Estado, também voltado para o tema proteção e segurança nuclear.



Apesar dos reflexos do acidente japonês, a comunidade nuclear brasileira vive um momento muito bom

Laércio Vinhas

Como resultado da conferência ministerial de junho, foi elaborado um plano de segurança nuclear envolvendo ações a serem tomadas pela AIEA, pelas autoridades nacionais, pelas autoridades regulatórias e, também, pelo operador. O documento recomenda que as avaliações de segurança passem a considerar a ocorrência de eventos naturais extremos; que os países aceitem a visita de missões de revisão de segurança da AIEA e o fortalecimento da efetividade dos órgãos reguladores.

Em relação ao fortalecimento da preparação e respostas a emergências, o plano propõe medidas tanto para as operadoras como para as autoridades regulatórias e governamentais (no que se refere aos planos de emergência

externa à planta) e à AIEA. Em relação à agência, o plano recomenda que a entidade avalie e, se necessário, faça uma revisão dos seus padrões de segurança.

Na esfera governamental, recomenda-se a modificação de algumas das convenções internacionais na área de segurança nuclear, como a de pronta modificação, a de auxílio mútuo em caso de acidentes e, principalmente, a convenção de segurança nuclear, de maneira a torná-la mais robusta e que os compromissos dos países com a segurança possam ser cobrados de uma maneira mais efetiva.

Outros pontos importantes que devem merecer atenção são a formação de recursos humanos – este, um problema muito forte no Brasil –, a comunicação e disseminação da informação e a pesquisa e desenvolvimento, tanto na área de reatores como em segurança nuclear.

Insag

Ao abordar os aspectos relevantes levantados pelo grupo Insag, o especialista enfatizou os relacionados à cadeia de comando, como a definição clara de responsabilidades e, principalmente, dos procedimentos de tomada de decisão. “São pontos que, se bem aplicados, não teriam evitado o acidente, mas poderiam minimizar seu impacto e consequências”, afirma Vinhas.

A atenção a eventos externos como sismos, tornados, chuvas intensas, desmoronamentos, entre outros, deve ser reforçada.

Outro aspecto relevante são os acidentes severos, definidos como aqueles além das bases do projeto. No caso de Fukushima, o acidente severo resultou da perda prolongada de refrigeração. O Insag também recomenda especial atenção ao *station blackout*, situação onde ocorre a perda da alimentação elétrica externa e do sistema de alimentação de emergência. Deve-se providenciar fontes alternativas, evitar situações ou de falhas de causa comum envolvendo vários sistemas.

O Insag recomenda, ainda, estudar a perda do dissipador de calor principal, situação que ocorreu no Japão. “O

dissipador principal seria o mar. E a ligação da planta com o mar e bombas ficaram danificadas”, disse Vinhas.

Outro ponto importante é evitar a acumulação de hidrogênio, que pode levar à formação de gases explosivos. “A dispersão de poluentes e o consequente impacto social teriam sido muito menores no acidente japonês se não houvesse ocorrido explosões”, observou Vinhas.

Momento brasileiro

Em relação à situação brasileira, Vinhas destacou que a comunidade nuclear vive um momento muito bom, apesar dos reflexos do acidente japonês. “Temos uma excelente base técnica e científica, dominamos a tecnologia de todo o ciclo do combustível nuclear e contamos com grandes reservas de urânio. O governo não mudou, em princípio, seus planos de construir mais usinas nucleares. Por tudo isso, posso dizer que estamos num momento particularmente interessante e isto, inclusive, se reflete na grande audiência dessa conferência”, disse.

Vinhas alertou para o fato de que, por demandar um longo prazo de maturação, o programa nuclear deve ser um programa de estado e não de governo. “Um programa precisa estar baseado em instituições e não em pessoas. Caso contrário, quando o governo muda e essas pessoas saem, o programa sofre um impacto muito grande e pode ser descontinuado”, explicou.

Ao finalizar sua apresentação, o especialista afirmou que, para que o programa nuclear seja sustentável, é preciso que sejam alocados recursos em níveis adequados e com continuidade, que haja ampliação do quadro de pessoal das instituições do setor e se invista na formação e qualificação de recursos humanos. Também é necessário um forte investimento em pesquisa tecnológica e inovação. “Como ex-pesquisador, posso afirmar que, no momento atual, a pesquisa básica não é tão importante para o desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro e, portanto, os esforços devem ser direcionados para a pesquisa tecnológica e a inovação”, afirmou. (V.D.)

Fabricamos embalagens para transporte de seu

RADIOFÁRMACO

Consulte-nos e saiba como desenvolver seu projeto

Embalagens “Tipo A” com certificação CDTN
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear

11 3855-4050

www.mmconex.com.br



Presença de urânio na água e em solo de Caetité deve-se a fatores ambientais

Segundo estudo, trata-se de um processo natural e não de contaminação provocada pela mineração

Em 2008, o Greenpeace denunciou a contaminação da água no distrito de Lagoa Real, em Caetité (Bahia), devido à atividade de mineração de urânio realizada pela Indústrias Nucleares do Brasil (INB), classificada por aquela Organização Não-Governamental (ONG) como perigosa e poluente. Moradora de Vitória da Conquista, cidade próxima à região uranífera, a física experimental Simara Campos decidiu investigar os impactos da mineração na região, principalmente, devido à repercussão da campanha desenvolvida pela ONG junto à população local e das cidades vizinhas. Como parte de seu projeto de doutorado na Universidade Federal de Sergipe, sob orientação da professora Susana de Souza Lalic, ela se propôs estudar a região da mineração, realizando sob a sugestão de sua orientadora, levantamentos radiométrico em Caetité tendo como objetivo principal conhecer quais os reais efeitos da exploração de urânio e, conseqüentemente, sua influência no ambiente e na saúde da população que vive em seu entorno. Durante dois anos, junto com as pesquisadoras Geângela M. Almeida, Roseli F. Gennari e Susana O. Souza, coletou e analisou amostras de água e solo no entorno da mina de Caetité, desde Lagoa Real até o povoado de Maniaçu, distante 100 quilômetros. A pesquisa concluiu que a alteração encontrada no meio ambiente é uma consequência natural da presença do urânio naquela localização e não devido simplesmente à exploração desse minério. Os resultados obtidos estão registrados no trabalho "Determination of the concentration of radionuclides in soil and water next the uranium mine of Caetité (BA)", apresentado pelas pesquisadoras na seção de posters do X Encontro em Aplicações Nucleares (Enan), um dos eventos da Inac 2011.

As conclusões dos estudos foram reforçadas com os resultados de um trabalho que gerou a dissertação de mestrado de Geângela M. Almeida, comparando as concentrações de radioisótopos encontradas em Caetité e no município de Santa Quitéria, no Ceará. Trata-se de outra região com grande disponibilidade de urânio, mas que atualmente ainda não é explorada.

- O solo da região de Caetité é muito rico em urânio e tório. Conseqüentemente, o que ocorre nas águas e no solo é um processo natural e não um processo de contaminação devido à exploração do urânio. Comparamos os dados de radiação ambiental de Caetité, que é uma região explorada, com os de Santa Quitéria, no Ceará, onde ainda não há atividade mineira, verificamos que os resultados encontrados são muito próximos. Isto é um indicativo que nos mostra que o que existe no local é influência da própria natureza e não consequência puramente de uma contaminação – afirma a pesquisadora e hoje professora-adjunta da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Radioatividade natural

A radioatividade está presente na Terra desde a sua formação e todos os organismos vivos da natureza estão continuamente expostos à radiação ionizante. Elementos radioativos diversos são encontrados tanto na natureza (solo, água, pedras) e até mesmo dentro do corpo humano, em diferentes concentrações. Algumas atividades humanas como processos industriais ou mine-



Os dados de radiação ambiental em Caetité e Santa Quitéria são muito próximos

Simara Campos

ração podem alterar a distribuição ou a concentração desses materiais radioativos, podendo por em risco a saúde dos organismos vivos ao redor. "Portanto, nos últimos anos, a atenção tem se concentrado sobre esses materiais e sobre as consequências radiológicas para o público em geral, bem como em locais de trabalho onde esse material é manuseado, processado ou tratado", diz o estudo.

No caso do urânio, a exposição à radiação acontece através da inalação ou ingestão. Segundo o estudo, a in-

gestão contínua de urânio, através da água ou de alimentos contaminados, traz diversos riscos à saúde, podendo levar a um acúmulo do elemento nos ossos, rins e todo o volume de medula óssea de células-tronco hematopoiéticas.

– Mesmo que a exposição ao urânio seja natural, a população precisa tomar medidas preventivas. É preciso, por exemplo, evitar a utilização de água proveniente de poços artesianos e, talvez, também o plantio na região – alerta Si-mara Campos.

Foram analisadas amostras de solo e água de vários pontos dos municípios de Caetité e Santa Quitéria, e suas regiões circunvizinhas. As amostras de água e de solo foram coletadas em fazendas, que utilizam poços subterrâneos e cisternas para consumo animal, para irrigar a plantação e para consumo próprio, e solo onde é feito o plantio. Coletou-se, também, água na própria cidade, em praças e nas residências que utilizam água encanada. As amostras foram coletadas nos meses de fevereiro de 2010, em Caetité e maio de 2010, em Santa Quitéria.

Resultados e discussão

O Relatório Ciclo do Perigo – Impactos da Produção de Combustível Nuclear no Brasil, realizado pelo Greenpeace, conclui que há contaminação na água da região, pois duas amostras de água coletas no entorno da mina de Caetité apresentaram concentrações de urânio superiores a 0,015 mg/L, concentração máxima de urânio permitida pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Segundo o estudo apresentado no X Enan, no entanto, deve-se considerar que os valores dessas concentrações nesse local já são naturalmente mais elevados que aqueles onde não há ocorrência de reservas minerais de urânio.

Localização geográfica dos pontos de coleta das amostras em Caetité.

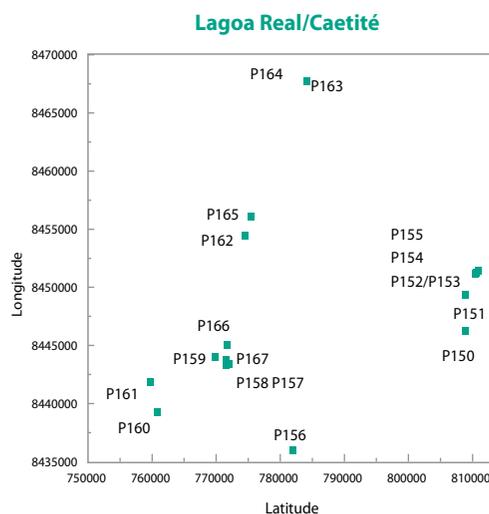


A presença de radionuclídeos no solo independe da exploração de minério

O estudo mostra que as concentrações de urânio 238 (238U) detectadas na maioria das amostras não são superiores ao limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a água potável, que é de 15 ppb, sendo as exceções os sítios P153 (Fazenda Rebouças) e P155 (Fazenda Boa Vista), que só atingiu o limite. “Ambos os ‘sites’ estão localizados em duas fazendas no município rural de Lagoa Real, relativamente longe do local onde há exploração de urânio, e eles apresentaram concentrações muito mais elevadas do que a média de ²³⁸U nas dez amostras de água (a cerca de 3,7 ppm)”, afirma o documento.

As pesquisadoras ressaltam que sendo parte da região que contém grande parte do minério, a Fazenda Rebouças deve conter, naturalmente, altas concentrações de urânio em seu solo, e que através de processos naturais de lixiviação podem alcançar o lençol freático de onde se coleta a água para seus moradores.

Segundo o estudo, com base em parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), ao analisar o potencial de contaminação para as comunidades do entorno, pode-se dizer que os lugares onde as altas concentrações de urânio na água foram detectadas estão localizados em bacias hidrográficas diferentes, separadas por um divisor de águas importante (uma colina com algumas dezenas de metros). Também é importante notar que a Fazenda Rebouças está



Pontos de coleta das amostras na região mineradora de Caetité-BA.

PONTO	LOCAL
P150 e P150a	Solo de dois pontos na cidade de Lagoa Real.
P150b	Água da cisterna de uma residência na cidade de Lagoa Real.
P151	Solo de uma estrada, no interior do município de Lagoa Real.
P152	Solo da Fazenda Rebouças, no interior do município de Lagoa Real.
P153	Água do poço na Fazenda Rebouças, em Lagoa Real.
P154	Solo ao lado do poço da Fazenda Rebouças, em Lagoa Real.
P155	Solo e água de poço da Fazenda Boa Vista no interior de Lagoa Real.
P156	Solo próximo à rodovia entre as cidades de Lagoa Real e Caetité.
P157	Solo de uma praça na cidade Caetité.
P158	Água de uma fonte da praça de Caetité.
P159	Telha de uma casa abandonada na cidade de Caetité.
P160	Solo e água de poço numa fazenda do povoado Pirajá (Caetité).
P161	Solo e água de poço na Fazenda Boa Esperança (Caetité).
P162	Solo e água de poço na Fazenda Cachoeiras (Caetité).
P163	Solo e água de poço de uma fazenda do povoado de Maniaçu, no ponto mais próximo da área controlada pela INB (Caetité).
P164	Água de poço de uma casa no povoado Maniaçu (Caetité).
P165	Terra utilizada para fabricação de telhas numa olaria do povoado Maniaçu. (Caetité).
P166	Telha retirada de uma olaria próxima a cidade de Caetité.
P167	Água encanada de um hotel da cidade de Caetité.
M1 e M2	Estéreis* cedidos pela INB retirados da mina em exploração de Caetité.
M3	Minério cedidos pela INB retirados da mina em exploração de Caetité.

*Estérel se refere à parte da mina na qual a concentração de ²³⁸U é muito pequena.

muito próxima a um reservatório de urânio importante, mas que ainda não está sendo explorado pela INB.

Em um relatório do Programa de Monitoramento da Qualidade da Água do Estado da Bahia foi avaliada a concentração de urânio em águas superficiais e subterrâneas nos municípios de Lagoa Real e Caetité. Os resultados mostraram duas amostras de águas subterrâneas com concentrações acima dos limites máximos permitidos, entre todos os locais avaliados. A conclusão do relatório era que os dados não permitem inferir se a atividade de mineração na região influencia as concentrações de urânio na água, já que não há limitação para a concentração de radioisótopos de ocorrência natural no solo.

– Uma maneira de aumentar a concentração de elementos radioativos pode ocorrer sob certas condições do meio ambiente e da rocha que os contém (dependendo da pressão, temperatura, acidez etc.) O urânio é mobilizado a partir das rochas pelo intemperismo de uraninita (UO₂). A ação das águas superficiais e subterrâneas causa a dissolução oxidativa da uraninita do íon solúvel uranilo (UO₂²⁺). Em todo o mundo, de 27 mil a 32 mil toneladas de urânio são liberadas anualmente a partir de rochas ígneas, xisto, arenito e calcário pela erosão natural e intemperismo. Assim, acredita-se que a concentração de ²³⁸U determinada nos diversos pontos de coleta de água seja devida apenas a processos de lixiviação natural do solo que alcança o lençol

freático de onde se coleta a água para seus moradores – afirma o estudo.

Conclusão

Segundo o estudo, os valores das taxas de dose efetiva da maioria dos locais estudados estão acima da média mundial determinada pela Unscear em 2000, que é 2,4 mSv / a. As maiores concentrações de núclídeos estão naturalmente presentes nas amostras de solo, incluindo a concentração muito elevada de ²³²Th, sendo os principais contribuintes para o aumento da dose de radiação na mineração do entorno de Caetité.

O estudo conclui que a presença de radionuclídeos nas amostras de solo independe da exploração de minério, já que todos os pontos da região uranífera de Caetité apresentam concentrações em valores muito próximos.

Apenas um ponto de coleta de água em Caetité apresentou concentração mais elevada do que os limites recomendados pela OMS. A presença de radionuclídeos na água não decorre, necessariamente, segundo o estudo, da exploração da mina, já que os maiores valores encontrados se deram em uma fazenda em Lagoa Real, onde existe o minério (corpo da mina), mas que ainda não é explorado. Uma das possibilidades de algumas amostras apresentarem elevado teor de urânio seria o fato que, quando ocorre chuva, esta lixivia a rocha que contém urânio e ele entra em solução e vai para o lençol freático. (V.D.)

Pontos de coleta das amostras na região mineradora de Santa Quitéria-CE.

PONTO	LOCAL
S1 e S2	Água de poço de residências, no povoado Riacho das Pedras (Santa Quitéria).
SQ7 e SQ10	Solo de residências, no povoado Riacho das Pedras (Santa Quitéria).
S3	Água encanada de uma lanchonete na cidade de Santa Quitéria.
S4	Água encanada de um hotel na cidade de Santa Quitéria.
SQ6 e SQ11	Solo da cidade de Santa Quitéria
S5 e S6	Água de poço de residências, no povoado Fazenda Bom Jardim (Santa Quitéria).
SQ4 e SQ8	Solo de residências, no povoado Fazenda Bom Jardim (Santa Quitéria).
S7 e S8	Água encanada de residências, na cidade Catunda.
SQ1 e SQ2	Solo de residências, na cidade Catunda.
S9	Água de poço, no povoado Bom Tempo (Santa Quitéria).
SQ3 e SQ5	Solo no povoado Bom Tempo (Santa Quitéria).
SQ9 e SQ12	Solo do ponto mais próximo da mina.

Coleta e preparação das amostras

Foram analisadas 49 amostras, sendo 19 de água, coletadas diretamente das cisternas, de poços artesanais e das torneiras das residências da comunidade, 25 de solo, dois de telha preparadas com argila da região e três amostras cedidas pela INB, que são dois estéreis e um minério.

As amostras de água, inodoras, incolores e algumas de coloração amarelada, foram coletadas em garrafas PET transparentes, com capacidade para 250 ml. Após a coleta, foram adicionados à água 2 ml de HNO₃ (ácido nítrico), a fim de que a amostra se mantivesse íntegra, ou seja, que não houvesse a proliferação de microorganismos que causariam interferência na análise química das amostras. A seguir, as garrafas foram lacradas e devidamente etiquetadas. No laboratório, as amostras foram reservadas em local fresco, em temperatura ambiente, até a realização das medidas.

Com relação às amostras de solo, foi coletado cerca de 1 kg de cada amostra. Para a coleta foi utilizada uma pá para a retirada da camada mais superficial de sedimentos. As amostras foram coletadas a cerca de 10 cm de profundidade.

As amostras de telha foram obtidas de uma telha de cada local e as de minério e estéril foram cedidas pela INB, que retiraram da mina de Caetité em exploração. Tanto as amostras de solo como as de telha foram guardadas em sacos plásticos e lacradas.

Para a determinação dos isótopos constituintes das amostras, foi utilizada a técnica de espectroscopia de massa com plasma induzido acoplado, ou ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Trata-se de um tipo de espectrometria de massa altamente sensível e capaz de determinar uma série de metais e não-metais em concentrações muito baixas. Todas as etapas de preparação química das amostras e de análise química por espectroscopia de massa com plasma (ICP-MS) foram realizadas no Laboratório de Cristais Iônicos Filmes Finos e Datação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

A partir das concentrações dos radioisótopos obtidos nas amostras é possível calcular a dose gama (D_y), a taxa de dose absorvida (D) e a taxa de dose efetiva (H) a que a população está exposta.

As lições de Fukushima

Eletrobras Eletronuclear elabora programa de reforço da segurança de suas usinas, à luz das lições aprendidas com Fukushima

Vera Dantas

Em 16 de março, apenas cinco dias após o Japão ser atingido por um terremoto de magnitude 8,9 na escala Richter e ondas tsunami superiores a dez metros, a Diretoria Executiva da Eletrobras Eletronuclear formou um comitê para coletar e analisar informações sobre a evolução das consequências da catástrofe na Central de Fukushima Daiichi. Outra ação da empresa foi o engajamento imediato às iniciativas internacionais de verificação de segurança das instalações, dando início, nas usinas Angra 1 e Angra 2, às avaliações de curto (Soer/Wano) e médio prazo (*Stress Test*), que investigam o nível de prontidão das usinas e as condições nas plantas para enfrentar acidentes além das bases de projeto. A consolidação de toda essa experiência está expressa no Plano de Resposta a Fukushima, um programa de ações destinadas a reforçar a segurança das usinas da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAA), em Angra dos Reis. O programa propõe 59 iniciativas a serem desenvolvidas a curto, médio e longo prazos, com um investimento previsto de R\$ 300 milhões, ao longo de cinco anos.

Um dos fatores que garantiram a rápida mobilização da Eletrobras Eletronuclear é o fato da empresa já vir estudando diversos itens do programa, principalmente os relacionados ao gerenciamento de acidentes severos, antes do acidente de Fukushima, como parte do processo de licenciamento da usina Angra 3 junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) e do processo de aperfeiçoamento da segurança das usinas Angra 1 e Angra 2. “Havia várias frentes de avaliação em curso, para a incorporação dos novos requisitos de segurança a Angra 3”, explica o engenheiro Paulo Carneiro, da Diretoria Técnica da Eletrobras Eletronuclear.

Em 13 de maio, a Cnen enviou ofício à Eletrobras Eletronuclear solicitando uma primeira reavaliação preliminar da segurança das usinas e elencando os aspectos a serem considerados na análise (ver figura 1). Em agosto, a empresa submeteu à entidade reguladora o primeiro relatório de avaliação das lições aprendidas com o acidente. O documento inclui uma avaliação comparativa entre a central de Angra e a central de Fukushima Daiichi.

Encerrada a fase de acompanhamento e avaliação, foi iniciada uma nova etapa, de caráter executivo, cuja primeira medida foi a criação do Comitê Gerencial de Resposta a Fukushima. O novo grupo, que substituiu o comitê inicial, está encarregado de estabelecer, coordenar e acompanhar a implementação de um plano de trabalho e servir como elo

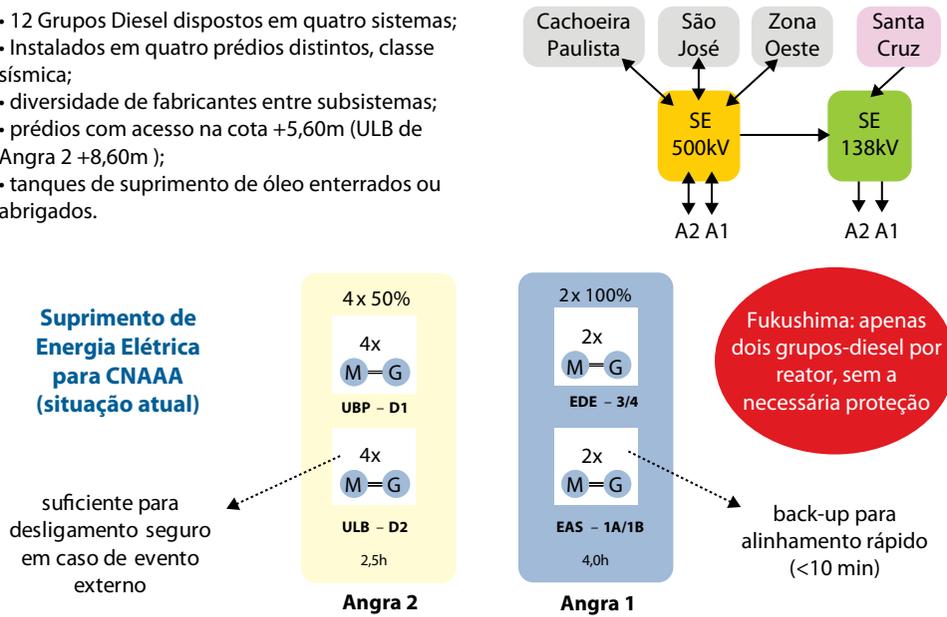
Figura 1 - Ações da Eletrobras Eletronuclear em Resposta ao Acidente

Assunto: CNAAA – Reavaliação da Análise de Segurança da CNAAA devido ao acidente de Fukushima

- Identificar as principais diferenças de projeto entre Fukushima e a CNAAA;
- Identificar possíveis eventos iniciadores externos (extremos) e internos com o potencial de causar uma falha de modo comum;
- Controle das concentrações de hidrogênio na contenção;
- Garantia de suprimento elétrico de energia de emergência;
- Atendimento a requisitos de *station blackout*;
- Sistema de água de serviço, cadeia de resfriamento;
- Procedimentos para acidentes severos;
- Acesso aos prédios do reator e à área controlada após ocorrência de um acidente severo;
- Desenvolvimento da análise probabilística de segurança nível 1, 1+ e 2;
- Avaliações de *stress tests*;
- Plano de emergência.

Figura 2 - Diferenças entre Fukushima Daiichi e a Central de Angra

- 12 Grupos Diesel dispostos em quatro sistemas;
- Instalados em quatro prédios distintos, classe sísmica;
- diversidade de fabricantes entre subsistemas;
- prédios com acesso na cota +5,60m (ULB de Angra 2 +8,60m);
- tanques de suprimento de óleo enterrados ou abrigados.



Angra 1 e Angra 2 têm sistemas de energia elétrica de emergência totalmente autônomos e protegidos

45 anos de experiência em energia nuclear

Aqui, você produz energia para milhões de pessoas, e limita as emissões de CO₂.

A GDF SUEZ posiciona o crescimento responsável no centro de suas atividades para enfrentar os grandes desafios energéticos e ambientais: atender às necessidades de energia, garantir a segurança do abastecimento, lutar contra as mudanças climáticas e otimizar o uso dos recursos. Energias renováveis, energia nuclear, gás e GNL: A GDF SUEZ conta com a diversidade de seus meios de produção para garantir um mix energético equilibrado e perene. Isso torna o Grupo um dos principais fornecedores integrados em âmbito mundial, com 219.100 colaboradores e um faturamento em 2010 de 84,5 bilhões de euros. Maior produtor independente de eletricidade no Brasil por meio da Tractebel Energia, a GDF SUEZ tem uma capacidade instalada de 7.377 MW e 4.590 MW em construção no país (números do fim de 2009). A GDF SUEZ opera 7 unidades nucleares na Bélgica, com desempenhos em matéria de segurança e disponibilidade de primeira classe em âmbito mundial. A GDF SUEZ domina toda a cadeia da energia nuclear, com suas subsidiárias especializadas: engenharia, exploração, manutenção, gestão de combustível e resíduos, e descomissionamento.

www.gdfsuez.com

GDF SUEZ

BY PEOPLE FOR PEOPLE

de ligação entre a diretoria da empresa e os departamentos técnicos responsáveis pela execução de estudos e projetos.

Plano de Resposta

Em 9 de novembro, o comitê apresentou à diretoria o Plano de Resposta a Fukushima que incorpora os resultados preliminares dos *stress tests* de Angra 1 e Angra 2, as avaliações que vem sendo realizadas pela indústria nuclear e as diretrizes e recomendações de autoridades e instituições internacionais.

O Plano de Resposta a Fukushima identifica três áreas principais de avaliação. A primeira área tem como foco a proteção contra eventos de risco, que têm potencial de induzir falhas múltiplas nos sistemas de segurança. Nesse sentido, será realizada uma revisão dos critérios de proteção contra catástrofes naturais, adotados nos projetos das usinas. A iniciativa segue recomendação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), baseada na constatação que as usinas de Fukushima não tinham sido projetadas para resistir à magnitude do terremoto e tsunami que atingiu o Japão em março. “Como grande parte das usinas hoje em operação foi projetada na década de 1970 e construída nas décadas de 1980 e 1990, é preciso assegurar se os critérios de projeto adotados ainda são válidos diante das mudanças climáticas que vêm ocorrendo nos últimos anos”, explica Carneiro.

Os estudos serão conduzidos por instituições independentes, a serem contratadas pela empresa, que irão reavaliar critérios sismológicos (possibilidade da ocorrência de terremotos devido às mudanças climáticas), de intensidade de chuvas, movimentação de encostas e movimentos de mar, além da possibilidade de incidência de tornados e furacões. A reavaliação das margens de segurança do projeto sísmico de Angra 1 e Angra 2, no entanto, não incluirá o fenômeno tsunami. Segundo Carneiro, a exclusão fundamenta-se nas condições geotectônicas da costa atlântica, que não está sujeita a ondas tsunamis. “Trata-se de um fenômeno típico de regiões onde há movimento de superposição de placas tectônicas, como é o caso da costa leste do Japão. O movimento das placas tectônicas do Atlântico é de afastamento, podendo gerar alterações de marés, mas não a enorme parede de água que caracteriza a tsunami”, explica. Por esse motivo, “todas as obras marinhas realizadas no país, entre elas as plataformas da Petrobras, não consideram a possibilidade de ocorrência de tsunami”, completa.

O Plano também propõe estudos para verificar a eficácia do molhe de proteção contra movimentos do mar, frente à repercussão causada por ondas oceânicas, na entrada da baía da Ilha Grande. Hoje, a barreira assegura a contenção de ondas com altura de até quatro metros e os novos estudos tomarão como referência ondas de sete metros, ocorrendo na entrada da Baía da Ilha Grande, a exemplo do procedimento adotado pela Petrobras, segundo Carneiro, nos projetos de suas plataformas oceânicas.

Para a reavaliação do critério de intensidade de chuvas, será utilizada a metodologia de tempo de recorrência, que permite estimar, a partir dos registros pluviométricos de um período de 50 anos e de projeções estatísticas para o passado, a maior intensidade de chuva que poderia ter caído na região em um espaço de tempo entre mil e 10 mil anos. “Os estudos mostraram que os canais de drenagem da Central de Angra escoam com facilidade chuvas de mil anos. Já em relação a chuvas de 10 mil anos, há formação de uma lâmina d’água que, no entanto, está abaixo do nível de entrada dos prédios de segurança”, explica Paulo Carneiro.

O risco de deslizamento das encostas é uma catástrofe natural que vem atingindo com maior frequência o estado Rio de Janeiro. Embora as encostas do entorno da Central Nuclear de Angra estejam protegidas por um sistema de

contenção reforçado e sejam alvo de monitoração constante, a Eletronuclear vai contratar um estudo de reavaliação de sua estabilidade, a ser realizado por uma instituição independente.

Resfriamento do reator e integridade da contenção

A partir do acidente de Fukushima, a indústria nuclear intensificou os estudos envolvendo a adoção de medidas adicionais para a prevenção de situações de *station blackout*, quando há falha total dos sistemas de alimentação de energia elétrica. Com a interrupção do fornecimento de energia externa, o sistema de emergência disponível na Central de Fukushima Daiichi, baseado em apenas dois grupos-diesel por reator, foi insuficiente para manter o resfriamento dos reatores.

Embora as usinas Angra 1 e Angra 2 estejam equipadas com sistemas de energia elétrica de emergência totalmente autônomos e protegidos, constituídos por um total de 12 grupos-diesel dispostos em quatro sistemas, instalados em prédios distintos, de “classe sísmica” (ver figura 2), o Plano de Resposta a Fukushima prevê a implementação de novos arranjos de suprimento de energia elétrica de emergência. Além do reforço dos grupos de geradores diesel, com a utilização de equipamentos móveis, está sendo estudada a instalação de uma central hidráulica de pequeno porte (PCH) na bacia do rio Mambucaba (figura 3).

Ainda no que se refere a esta área de avaliação, o Plano considera a aquisição e disponibilização de equipamentos móveis, como geradores diesel e moto-bombas, a serem armazenados fora da central, que poderiam ser trazidos por via marítima e serem conectados às usinas para o caso extremo de perda dos recursos fixos para suprimento de energia elétrica e água para resfriamento dos reatores.

A terceira área de avaliação do Plano de Resposta a Fukushima tem como foco a limitação de consequên-

Figura 3 - Usinas de Angra - Suprimento de Energia Elétrica para Auxiliares

FONTE DE SUPRIMENTO	CONDIÇÃO DE SUPRIMENTO	ANGRA 1	ANGRA 2
Filosofia de Redundância		2 X 100%	4 X 50%
Número de Trens de Alimentação		2	4
Fontes de Alimentação Externas (Off Site Power)	Condição Normal de Operação e Transientes da Rede Elétrica	Gerador da Unidade, Rede Externa de 500Kv e Rede Auxiliar de 138Kv	Gerador da Unidade, Rede Externa de 500Kv e Rede Auxiliar de 138Kv
Fontes de Alimentação Internas (On Site Power)	Acidentes Base de Projeto (Emergency Power Case)	2 Grupos Diesel (um por trem de alimentação)	8 Grupos Diesel (dois por trem de alimentação, alimentando barramentos distintos)
3ª Fonte	Acidentes além da Base de Projeto (Station Blackout)	2 Grupos Diesel (um por trem de alimentação)	1 Grupo Diesel (em estudo, já incorporado ao Projeto Angra 3)
4ª Fonte (Backup para Central)	Alternativa de Alimentação para Melhoria de Condições em Situações de Perda de Alimentação Externa	Turbina a Gás ou PCH (em estudo)	

cias radiológicas em caso de acidentes severos. O objetivo é dispor de recursos para minimizar o risco de perda de integridade das barreiras de contenção e de liberação de materiais radioativos para o meio externo.

Uma das principais preocupações nessa área é evitar as consequências da formação de hidrogênio livre, decorrente do aquecimento excessivo do núcleo do reator. Quando em alta concentração, o hidrogênio torna-se explosivo, podendo danificar a contenção de aço que constitui uma das barreiras de proteção. A Eletrobras Eletronuclear está reavaliando a suficiência dos sistemas de monitoração de hidrogênio de Angra 1 e Angra 2 e estuda a instalação de recombinadores passivos, equipamentos que eliminam a formação de hidrogênio livre através de reações químicas dentro do sistema de contenção. A grande vantagem desse sistema é não precisar de energia elétrica para funcionar.

Também está sendo estudado o aperfeiçoamento dos sistemas de alívio da pressão (*venting*) provocada pela geração de vapor. A idéia é dotar esses sistemas de filtros capazes de reter o material radioativo, permitindo liberar a pressão sem contaminar o meio ambiente.

O bloco de iniciativas para limitar as consequências radiológicas em casos de acidentes severos inclui, ainda, a criação de novas alternativas de evacuação para a população do entorno da central, além da rodovia federal. A empresa está desenvolvendo um projeto para a ampliação dos quatro atracadouros da região, situados nas praias Vermelha, Brava, Frade e Mambucaba.

O Plano já foi apresentado à Diretoria Executiva e será submetido formalmente à sua aprovação, após o que deverá ser encaminhado à Cnen.

A Westinghouse continua crescendo com o Brasil com algumas idéias simples,

para atingir grandes resultados.

Por mais de 125 anos, a Westinghouse tem demonstrado liderança em inovação e tecnologia para melhorar o nível de vida do mundo. Hoje, aproximadamente 50% das centrais nucleares do mundo são baseadas na tecnologia da Westinghouse.

Westinghouse continua liderando a tecnologia de geração de potência de maneira segura, confiável e com sustentabilidade ambiental através da central **AP1000** que é a líder dos reatores avançados de próxima geração. Através da incorporação de sistemas de segurança passivos e um modelo de construção modular, o projeto **AP1000** garante proteção de segurança, desempenho de projeto e localização de fornecedores que resultam em redução de riscos de cronograma e investimento. O projeto **AP1000** — uma escolha inteligente para o mundo, uma escolha inteligente para o Brasil.

Consulte-nos na www.westinghousenuclear.com



A Toshiba Group Company

You can be sure... if it's Westinghouse

A vida esteve protegida

Criticando as autoridades japonesas por não saberem explicar a diferença entre a catástrofe natural (terremoto seguido de tsunami) e o acidente nuclear, o ex-presidente da Comissão de Energia Atômica do Japão, Yoichi Fuji-ie, garante que nenhuma pessoa morreu pela liberação da radiação de Fukushima

No dia 11 de março, o Japão foi abalado por um sismo de magnitude 8,9 na escala Richter, com epicentro a cerca de 100 km da costa. A costa leste do país arrasada por ondas tsunami de mais de dez metros, sendo que em algumas localidades como Aneyoshi e Myako foram registradas ondas de até 39 metros acima do nível do mar. Dos 54 reatores nucleares em operação no Japão, 15 estavam na área diretamente afetada pelo terremoto. A Central Fukushima Daiichi, cujo projeto previa ondas de até 5,7 metros, foi atingida por uma parede de água de cerca de 14 metros de altura, com a consequente destruição das instalações na área externa e danificação de sistemas e equipamentos. Já as usinas das centrais nucleares de Onagawa, Fukushima Daini e Tokai (nove reatores) resistiram ao tsunami (figura 1).

“Nunca vi o que aconteceu”, afirmou o consultor Yoichi Fuji-ie, ex-presidente da Comissão de Energia Atômica do Japão em palestra durante o workshop Cenário Pós-Fukushima, realizado pela Eletrobras Eletronuclear, em novembro. Mas, ao mesmo tempo, ele fez questão de ressaltar que, apesar da gravidade do desastre, que resultou em 15.828 mortes confirmadas e 3.760 desaparecidos, segundo os últimos dados divulgados pelo governo japonês, “nenhuma pessoa morreu pela liberação da radiação de Fukushima. Portanto, a vida esteve protegida”.

Segundo Fujii-e, além da inexperiência para lidar com um desastre de tal dimensão, as autoridades japonesas falharam ao não saber explicar a diferença entre a catástrofe natural (terremoto seguido de tsunami) e o acidente nuclear. Tal fato teria levado a opinião pública mundial a entender que o acidente nuclear foi o responsável pelas mortes. O consultor revelou que, pelo contrário, apesar de as autoridades japonesas terem imposto restrições ao consumo de vários alimentos originários de regiões próximas ao acidente nuclear, as medições mostraram que os índices de radioatividade não afetavam o ser humano.

O assessor da Presidência da Eletrobras Eletronuclear e membro do grupo permanente de assessoria da AIEA, Leonam dos Santos Guimarães, reforçou as argumentações do especialista japonês, afirmando que as consequências do acidente não foram catastróficas. “Considero um pouco hiperbólico chamar de catástrofe ou desastre um evento em que ninguém do público afetado e onde a limitação de longo prazo se restringe a áreas muito pequenas”, comentou.

Leonam conclui que o acidente não fez com que os riscos da geração nuclear se tornassem inaceitáveis. As razões para isso são várias, a começar pelo fato de que a segurança da maioria das usinas em operação, e de todas em construção e projeto, é muito superior às três usinas que não resistiram, dentre as 14 atingidas. Em relação às reais consequências para o público, em termos de fatalidades e prejuízos à saúde, bem como ao meio ambiente, em termos de comprometimento do uso do solo, “foram bastante limitadas quando comparadas às dimensões da terrível tragédia humana, social, econômica e ambiental causada por esse fenômeno natural, excepcionalmente severo”. E limitadas mesmo em termos absolutos. Ele lembra o “acidente biológico” com brotos de feijão, ocorrido na Alemanha, logo após o acidente de Fukushima, onde a proliferação de uma

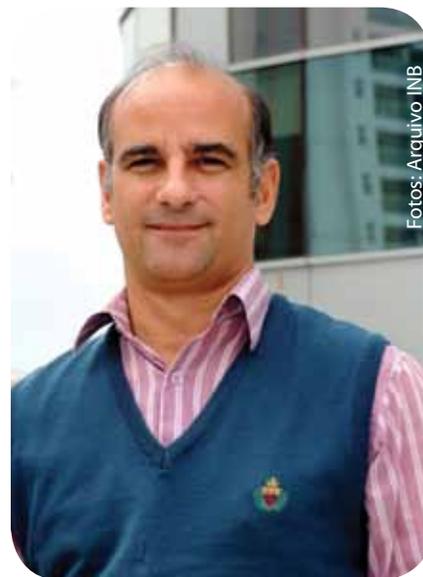
bactéria extremamente nociva numa plantação orgânica matou 50 pessoas e levou à hospitalização mais de 4 mil. “Será que a comunidade de agricultura orgânica faz um trabalho de lições aprendidas para evitar a repetição de um evento como esse?”, pergunta.

Yoichi Fuji-ie destaca que, após 66 anos de boas experiências, o Japão teve uma experiência muito ruim com a energia nuclear, o que o levou a colocar em discussão se a pesquisa e desenvolvimento na área nuclear deve ser abandonada. Ele acredita que não, que o caminho para o futuro no Japão é baseado em ciência e tecnologia e que o futuro será nuclear. “Vamos começar novamente e podemos superar a tragédia desse acidente com trabalho em conjunto nessa base internacional”, afirmou. O técnico japonês defendeu que o mundo, inclusive seu país, mantenha o desenvolvimento da energia nuclear, na sua opinião, um caminho do avanço científico e tecnológico que ainda está sendo trilhado pela humanidade. “Queremos ser uma nação de turismo ou produtos agrícolas?”, perguntou. Em sua previsão, “o Japão, provavelmente, vai dizer não”. (V.D.)



O mundo
deve manter o
desenvolvimento da
energia nuclear

Yoichi Fuji-ie



Cesar Costa

Fotos: Arquivo INB

INB tem avaliação positiva da AIEA e Fiocruz

Reforçando suas iniciativas para garantir a segurança e a saúde dos empregados e da população de Caetité (BA), as Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) submeteu suas atividades na região à avaliação de duas entidades independentes: a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Fundação Oswaldo Cruz

A unidade de produção de urânio da Indústrias Nucleares do Brasil (INB), em Caetité (BA), foi a primeira usina de produção de urânio do mundo a ser avaliada pelo programa Upsat (Uranium Production Site Appraisal Team), um serviço criado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a promoção de melhores práticas de segurança no ciclo de produção do urânio. A avaliação foi solicitada pela INB, como parte dos esforços para aprimorar seu desempenho nos aspectos operacionais e de segurança nuclear.

Com a iniciativa da INB, o Brasil tornou-se o primeiro país a solicitar o serviço, oferecido pela AIEA a seus estados membros. A medida, segundo o coordenador da missão Upsat, Peter Waggitt, "é um forte indicativo do desejo da INB de melhorar ainda mais seu ciclo de operações para produção de urânio e reforçar sua posição entre as empresas líderes no mercado de urânio".

A avaliação técnica, baseada nas normas de segurança da agência, foi realizada no período de 25 de janeiro a 5 de fevereiro de 2010, por uma equipe internacional de especialistas em produção de urânio e proteção radiológica. Como resultado da missão, foi elaborado um relatório de avaliação dos diversos aspectos

analisados: segurança radiológica e proteção ambiental, gerenciamento de efluentes e rejeitos, hidrologia e hidrogeologia, organização administrativa e gestão regulatória, mineração e produção industrial, recursos humanos, segurança industrial e saúde ocupacional, entre outros.

O grupo da Upsat identificou as boas práticas adotadas no sistema de produção de urânio da INB e também fez recomendações para alguns aspectos passíveis de aprimoramento. O relatório de avaliação conclui que "as atividades em Caetité são praticadas de forma adequada e eficiente, sem evidência de impacto ambiental adverso fora da área de mineração e beneficiamento". Entre os pontos fortes identificados, o documento ressalta a motivação da equipe de trabalho da unidade, "orgulhosa de seu trabalho e consciente de suas obrigações", e a cultura de segurança "bem desenvolvida".

Entre as recomendações feitas à INB está a de assegurar a todos os envolvidos na operação a oportunidade de visitar minas subterrâneas de urânio em outros países, como parte de

sua preparação para as novas atividades planejadas.

Avaliação independente

Para o gerente de Licenciamento e Qualidade da INB, Cesar Costa, um importante benefício da avaliação foi propiciar a troca de informações técnicas e experiência entre os membros da missão e a equipe de especialistas da INB. A empresa franqueou aos membros da missão acesso a todas as dependências de sua instalação em Caetité e também a toda documentação referente aos aspectos a serem avaliados.

Além da análise dos dados da empresa, foram realizadas visitas de campo, para investigar possíveis impactos da mineração de urânio na região. Os especialistas concluíram não haver nenhuma evidência de impacto nas águas, tanto de superfície como subterrâneas, fora do limite da unidade de produção de Caetité. “Com isso, foi atendido um dos motivos que nos levaram a solicitar a aplicação do programa Upsat, que foi garantir a tranquilidade das populações envolvidas e dos trabalhadores da unidade e, também, oferecer aos órgãos licenciadores brasileiros a garantia de uma avaliação independente externa”, explica Cesar Costa.

Segundo o técnico, a equipe demonstrou estar positivamente impressionada com o processo de produção da unidade de Caetité. “Recebemos muitos elogios do consultor Chuck Edwards, diretor da empresa canadense Amec e que tem uma larga experiência na área, tendo trabalhado em muitas usinas de beneficiamento de urânio”, informa. A área de proteção radiológica ocupacional também foi alvo de muitos elogios do grupo, pelo rigor do treinamento dado aos profissionais envolvidos.

Foram realizadas
visitas de campo
para investigar
possíveis impactos da
mineração de urânio



Foto: Peter Illiciev - FioCruz Multimagens

Fiocruz não vê relação entre mineração e câncer em Caetité

As pessoas que vivem na área de influência da Unidade de Concentrado de Urânio de Caetité não correm um risco maior de desenvolver câncer em decorrência da radioatividade. Esta é a conclusão do relatório preliminar de um estudo que está sendo realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) para investigar possíveis impactos sobre a saúde, decorrentes da extração e beneficiamento do urânio natural, para a população de Caetité e Lagoa Real. Segundo o relatório, não há alteração significativa na mortalidade por câncer na população da região, nem maior probabilidade de se contrair a doença nesses municípios em relação ao estado da Bahia, às regiões e aos municípios de referência.

O projeto deverá ser desenvolvido em quatro anos, período em que será realizado um acompanhamento sistemático da saúde da população. Sua execução está a cargo dos profissionais do Centro de Estudos sobre Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da FioCruz, com ampla experiência em proteção à saúde relacionada a fatores físicos como, por exemplo, a radioatividade.

Radioatividade natural

Todas as pessoas estão expostas à radioatividade natural em qualquer lugar do planeta e, em maior grau, onde a concentração de minerais radioativos no ambiente é mais elevada. Mas, segundo o relatório, isso não implica necessariamente que a saúde das populações dessas regiões venha a ser afetada. “Trata-se de uma exposição natural, independente de qual-

quer atividade de extração do minério radioativo”, afirma o documento. Mesmo assim, o projeto se propõe a investigar se os residentes na área de influência da unidade de produção de Caetité têm chances aumentadas de adquirir doenças.

A pesquisa vai considerar três aspectos principais. O primeiro é identificar, dentre as doenças comprovadamente decorrentes da exposição à radioatividade, quais estariam afetando as pessoas na área de influência da unidade de produção. O segundo ponto a ser investigado é o motivo da ocorrência se dar somente nessa área, uma vez que toda a região é rica em urânio e a presença da população no local é anterior à instalação e operação da unidade. O terceiro aspecto é como calcular eventual aumento da chance de adquirir aquelas doenças.

Durante os seis primeiros meses de trabalho, algumas atividades complementares foram realizadas com o espírito de colaborar para o esclarecimento da população e das autoridades, bem como para a melhoria dos serviços de notificação do Sistema Único de Saúde (SUS) local. Entre elas, a participação em audiência pública e em reuniões com outros setores, como

o Ministério Público e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama), para divulgar o projeto e debater os métodos empregados e os resultados obtidos. Ao mesmo tempo, profissionais do setor de vigilância em saúde dos municípios de Caetité e Lagoa Real frequentaram um curso de quatro semanas na Fiocruz, no Rio de Janeiro, para capacitação em registros de óbitos. Os conhecimentos adquiridos serão replicados em seus locais de trabalho.

Recomendações

O relatório considera fundamental o compromisso das autoridades locais, no sentido de assegurar a continuidade do processo de treinamento e capacitação dos profissionais de saúde, como base para melhorar a qualidade dos dados produzidos no setor de saúde pública local. Em relação aos registros de óbito, o documento recomenda a promoção de um esforço para o correto preenchimento das declarações de óbito e a implantação de um sistema de verificação de óbitos. E, ainda, que se busque sensibilizar o Conselho Regional de Medicina do Estado da Bahia para a importância do desenvolvimento de campanhas voltadas para melhorar a qualidade do preenchimento das declarações de óbitos no estado.

As próximas etapas do projeto serão dedicadas à atualização dos dados sócio-demográficos e sanitários, como forma de acompanhamento da evolução dos óbitos em geral e daqueles que podem ser causados pela exposição à radioatividade natural.

Também está prevista a realização de um novo curso para os profissionais dos setores de vigilância em saúde dos municípios de Caetité e Lagoa Real, sobre registro de agravos. O curso poderá ser estendido aos profissionais de saúde dos municípios de Maragogipe e Botuporã.

A equipe da Fiocruz considera que a atividade fundamental do projeto é manter a população informada. Nesse sentido, o grupo se propõe a manter esforços para induzir o setor de saúde local e regional a desenvolver atividades de comunicação em saúde, baseadas em informações confiáveis e estudos continuados. (V.D.)

GE Hitachi Nuclear Energy

Plantas operando de melhor desempenho...
melhores reatores Gen III e III+ baseado no padrão de segurança da indústria – frequência de dano no núcleo



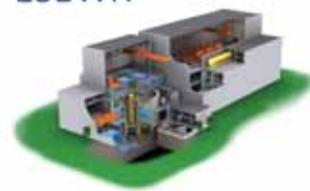
- Fator de capacidade – 1% maior
- As operações médias entre reabastecimento são 4 meses mais longas
- Fator de operação 3% maior
- 7 dos 10 principais extensões de ciclos mais longos de todos os tempos são por BWRs
- Menos falhas de combustível – melhor desempenho de combustível
- Menor custo de operação e manutenção

ABWR



- Melhor na categoria de frequência de dano ao núcleo
- O único projeto de reator de Geração III em operação atualmente
- Licenciado em 3 países
- 4 ABWRs em operação
- Mais 4 em construção
- Primeira de um tipo de planta construída em 39 meses com sucesso repetido
- Menos equipamentos, tubulações, etc. que as PWRs de tamanho similar

ESBWR



- Menor frequência de dano ao núcleo da indústria
- Segurança passiva e projeto de circulação natural
- Refrigeração para > 7 dias sem energia CA ou ação humana
- Menores custos de operação e manutenção
- 25% menos bombas, válvulas e motores que as plantas nucleares seguras ativas

Um futuro colorido para o quartzo irradiado

Com a iminente exaustão das lavras de gemas e pedras preciosas, mineral vem despontando como alternativa para suprir as necessidades indústria joalheira

No início do século XX, alguns anos após a descoberta da radioatividade, por Henri Becquerel (1886), pesquisadores descobriram que a radiação podia alterar a cor de pedras preciosas. Mas as pesquisas sobre a coloração de materiais gemológicos só vieram a ter aplicação comercial a partir da década de 1980, impulsionadas pela grande demanda de gemas e pedras preciosas por parte da indústria de jóias, que experimentava uma fase de grande crescimento. “Esse ritmo automatizado de produção não podia mais ser alimentado com pedras preciosas ditas 100% naturais, que hoje são cada vez mais raras e estão em vias de se esgotar. A solução foi a utilização de gemas naturais, porém incolores ou levemente coloridas existente nas lavras e áreas de garimpo e cuja cores são intensificadas ou induzidas através da irradiação”, explica Maurício Favacho, geólogo-gemólogo, pesquisador do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) e consultor da empresa CBE-Embrarad, que faz o beneficiamento comercial de cores de pedras preciosas no Brasil.

Segundo Favacho, longe de ser artificial, a irradiação é um método que reproduz o processo de coloração provocada pela radiação natural a que as pedras preciosas seriam submetidas na natureza. “Apenas aceleramos em laboratório o que a natureza levaria centenas ou milhares de anos para realizar”, afirma. O tratamento garante ainda maior quantidade de pedras brasileiras no mercado, maior variedade de cores, matizes e saturação, preço mais convidativo e também o que é conhecido como lapidação diferenciada, ou seja, em tais materiais o lapidário não se preocupa em perder algumas quilatagens ao fazer um trabalho mais elaborado.

Os geólogos e gemólogos especialistas em pedras preciosas acreditam que, muito em breve, grande parte das lavras de pedras preciosas estará exaurida mundialmente e as existentes não serão suficientes para suprir a grande demanda das joalherias de produção em série, ou seja, indústrias de fabricação de jóias inteiramente automatizadas. “Essas indústrias certamente necessitarão cada vez mais de pedras para compor suas belas jóias e é neste momento que os métodos de radiação aplicados na coloração de pedras preciosas serão altamente procurados, um fato que já vem acontecendo”, explica Maurício Favacho.

O quartzo hialino (incolor) quando irradiado vem despontando como uma forte alternativa para suprir estas necessidades. “O quartzo tem se mostrado mais promissor dentre os demais minerais gemológicos e tem se destacado por apresentar uma ampla variedade de cores obtidas após este tratamento, como o *green-gold* (verde amarelado), o *honey* (cor de mel), o *fumê* (cinza), o *morion* (cin-



za escuro), o *conhaque* (laranja amarronzado) e o *verde*, e por manter uma alta estabilidade e qualidade destas cores”, explica o pesquisador Cyro Teiti Enokihara, do Ipen.

Essas características vêm transformando o quartzo hialino natural em matéria-prima estratégica da indústria de gemas e jóias nacional e internacional. Enokihara explica que o quartzo hialino, por ocorrer em abundância em praticamente todo território brasileiro, é um mineral altamente promissor para a aplicação dos métodos de radiação. “Mesmo os de qualidade gemológica consideradas de baixo valor comercial, quando submetidos à irradiação, adquirem uma valorização em torno de 300%”, afirma o pesquisador.

Beneficiamento

As últimas décadas mostram um cenário de forte expansão da indústria de beneficiamento da cor de pedras preciosas naturais, uma indústria silenciosa, cheia dos segredos e que atua

A irradiação é um método que reproduz o processo de coloração provocada pela radiação natural a que as pedras preciosas seriam submetidas na natureza

em paralelo à indústria de fabricação de jóias e lapidação de gemas. Segundo o relatório “Análise de Oportunidades e Desafios para o Segmento de Irradiadores e Aplicações na Cadeia Produtiva de Gemas (Pedras Preciosas)”, elaborado pelo Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), “cerca de 70% das gemas presentes em jóias estão experimentando algum tipo de beneficiamento em sua cor, ou pureza. São especificamente irradiações, tratamentos térmicos, difusão de óxidos, aplicação de lasers, clareamentos, tingimentos, capeamentos, alta pressão, alta temperatura etc”. O relatório integra o “Estudo da Cadeia de Suprimento do Programa Nuclear Brasileiro”.

Os métodos de beneficiamento de gemas que terão mais aceitação pela indústria de gemas e jóias nacional e internacional são os que produzirem maiores quantidades, diferentes variedades coloridas, e que mais se aproximarem da gema natural no que se refere à não modificação da estrutura cristalina do mineral. Neste contexto, já se destacam principalmente a irradiação e o tratamento térmico.

No caso da irradiação, existem três tipos de fontes para indução de cor: raios gama de fontes de Cobalto-60, aceleradores de elétrons do tipo industrial e reatores de nêutrons. A CBE-Embrarad trabalha com a irradiação gama (Cobalto-60). Segundo Maurício Favacho, consultor do estudo da Cnen, a radiação gama é considerada o processo mais seguro e eficaz e o único de método de radiação aplicado sobre pedras preciosas que está completamente livre das regras NRC - Nuclear Regulatory Commission, AGTA - American Gem Trade Association and JVC Joalheiros Vigilância Committee (agências que controlam a importação e exportação de gemas irradiadas). “A grande diferença entre os métodos de radiação usados na coloração de pedras preciosas é que as gemas irradiadas com gama podem ser importadas e distribuídas para países consumidores como os EUA quase que imediatamente, ou seja, as gemas podem passar às mãos do cliente assim que saem do irradiador gama sem nenhum dano à saúde, e com os demais métodos as gemas precisam de um período de quarentena. Satisfeitas estas condições, todos os métodos nucleares aplicados na coloração de gemas têm seu nicho de mercado”, afirma Favacho.

Os especialistas vêem no quartzo irradiado o mineral do futuro para a fabricação de jóias, sendo a maior tendência em produto gemológico irradiado nos dias atuais. Segundo o relatório da Cnen, o Brasil figura, no cenário mundial, como um dos principais produtores de variedades coloridas de quartzo utilizando o método de irradiação gama (Cobalto-60) aplicado em geral no quartzo hialino de regiões brasileiras.

No cenário nacional, Minas Gerais sempre se destacou como o maior produtor de gemas suscetíveis à irradiação (vários minerais respondem ao processo), devido à existência de sua grande província gemológica no leste do estado e tradição comercial de centros como Governador Valadares e Teófilo

Otoni. Mas muitos estados brasileiros, como Goiás, Tocantins, Pará, Rio Grande do Sul e Espírito Santo também apresentam um ambiente muito favorável a formação de grandes quantidades de quartzo hialino passíveis de beneficiamento através de irradiação para diferentes cores.

O relatório da Cnen alerta para a necessidade de divulgação da técnica de radiação gama (Cobalto-60). Segundo o documento, o segredo parece ser a alma do negócio, pois parte dos comerciantes de gemas brasileiros que utilizam os serviços de irradiação guardam a informação como segredo industrial. Tal fato limita o descobrimento de novas lavras, seu estudo e o envio ao Brasil de pedras preciosas oriundas de países como a Nigéria, África do Sul, Afeganistão e Paquistão, países possuidores de grandes reservas de gemas beneficiáveis por radiação gama (Cobalto-60), mas os produtores dessas regiões não conhecem os pormenores do processo. Quantidades razoáveis de gemas oriundas destes países que chegam para beneficiamento de sua cor nas unidades brasileiras são trazidas, em geral, por atravessadores e, certamente, saíram de lá sem qualquer controle dos respectivos governos.

O relatório ressalta que unidades brasileiras de radiação gama (Cobalto-60) são classificadas como as melhores do mundo quanto à qualidade de doses e ao conhecimento sobre o processo e diferentes variedades coloridas de gemas adquiridas. (V.D.)



Pesquisa e ensino

No Brasil, as atividades de pesquisa em irradiação de gemas são desenvolvidas pelo Centro de Desenvolvimento de Técnicas Nucleares (CDTN) e pelo Ipen.

O CDTN realiza pesquisas para estudar a origem das cores obtidas por irradiação e aquecimento e como identificar o potencial de desenvolvimento de cor de gemas do grupo do quartzo. Em seu irradiador de porte semi-industrial (60 mil Curies), o CDTN irradia pedras em pequenas quantidades para pedristas e também realiza muitos testes de irradiação. A instituição tem em torno de 300 pedristas cadastrados que utilizam seus serviços de análises e de consultoria para o processo de modificação da cor de gemas por meio irradiação e aquecimento.

Em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, a Universidade Estadual de Minas Gerais e empresas locais, o CDTN opera uma Unidade de Inovação Tecnológica do Arranjo Produtivo Local de Gemas, Jóias e Artefatos de Pedra de Teófilo Otoni, que dá assistência técnica relacionada com irradiação de gemas, gemologia, lapidação e joalheria. A região de Teófilo Otoni (MG) é considerada a principal província produtora de gemas do mundo.

O Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Ipen conta com um irradiador multipropósito, financiado pela Fapesp, que utiliza fontes Cobalto-60 para fins de pesquisa. O irradiador foi desenvolvido com tecnologia totalmente nacional, cujo projeto e coordenação da construção coube ao pesquisador Paulo Relá. Segundo o pesquisador Cyro Teiti Enokihara as pesquisas de irradiação de pedras preciosas no CTR estão sendo desenvolvidas principalmente com o mineral quartzo porque é um material que tem apresentado os melhores resultados após o seu tratamento com a radiação gama.

O CTR mantém contatos permanentes com empresas de comercialização de pedras preciosas, com o intuito de realizar testes de irradiação para os quartzos de diferentes procedências e efetuar pesquisas para outros novos minerais. Outro destaque importante é que a linha



Fernando Lameiras, do CDTN, mostra gemas irradiadas ao governador de Minas Gerais, Antonio Anastasia, à prefeita de Teófilo Otoni, Maria José Hauelsen Freire e ao secretário estadual de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Alberto Duque Portugal

de pesquisa conta com a participação do Instituto de Geociências da USP, tendo a colaboração do professor Rainer A. Schultz-Güttler. Ele investe na busca por novas técnicas e no melhoramento do processo por irradiação, orientando alunos desde iniciação científica até doutorados.

Um trabalho de doutorado desenvolvido no CTR envolveu a concepção de um irradiador apropriado para beneficiar gemas, que permite maior controle sobre as doses de radiação aplicadas no material, conferindo, assim, melhor qualidade de tratamento na pedra irradiada.

Principais variedades coloridas de gemas adquiridas com a radiação gama (cobalto-60)

O método de radiação gama (cobalto-60) é bastante eficaz na coloração de diversos minerais gemológicos, dentre os quais se podem destacar os seguintes: quartzos incolores naturais (cristais hialinos) que após o processo de irradiação passam para quartzos verdes (*olive*, *green-gold*, *prasiolita*); ametistas (quartzo violeta); citrinos (laranja, laranja amarronzados, amarelos); quartzo fumê; quartzo morion (fumê de tom escuro); e quartzo preto total (similar ao ônix). Outros minerais gemológicos também estão se mostrando susceptíveis a este método, tais como: berilos incolores (Goshenitas) que passam a morganitas (berilo róseo), para

berilos verdes, e também para berilos amarelos (*heliodoro*); o mineral espodumênio (incolor) passa para a variedade comercial conhecida como *kunzita* (róseo); e *hidenita* (verde) com o processo, bem como topázios incolores que passam a topázios azuis, e turmalinas de cores levemente rosadas e avermelhadas que tornam-se mais intensas, nestas cores, após o referido processo.

Empresas otimistas com o futuro nuclear no Brasil

As principais fornecedoras mundiais do setor nuclear estão otimistas quanto às oportunidades do mercado brasileiro. Em entrevista à Brasil Nuclear, os dirigentes da Areva, GE Hitachi, GDF Suez e Westinghouse vêem um importante papel para a energia nuclear, lado da hidroeletricidade e das energias renováveis, no atendimento das necessidades do país de diversificar suas fontes de geração de eletricidade, para garantir a segurança do suprimento energético.

A Areva assinou com a Eletronuclear, em julho de 2011, três contratos para o fornecimento de equipamentos e serviços para o reator de Angra 3. Também fornecedora de Angra 2, a empresa quer participar no desenvolvimento de energia livre de CO₂ no Brasil, tanto na área de energia nuclear como em energia renovável, através de sua subsidiária brasileira Areva Koblitz, oferecendo novas soluções na área de

energia solar ou eólica. A Areva oferece os reatores EPR, Atmea1 e Kerena, com potência de 1.100 MWe a 1.650 MWe e, também, modelos multipropósito de baixa potência (de 2 a 100 MWth), projetados para treinamento, pesquisa e medicina nuclear (produção de radioisótopos).

A GE Hitachi quer mostrar ao governo e ao setor privado brasileiro como poderá ajudá-los a alcançar suas importantes metas de desenvolvimento econômico através do uso de energia nuclear. Fruto de uma aliança nuclear mundial, criada pela GE e Hitachi, em junho de 2007, que tem como estratégia a oferta de um portfólio amplo de soluções, a empresa aposta na tecnologia dos seus reatores de terceira geração ABWR e ESBWR – este último, com características de segurança passiva avançadas.

Maior produtor independente de energia mundial e atuando em cerca de 70 países, a GDF Suez conta, no Brasil, com uma capacidade instalada total em operação de cerca de 8 mil MW e 4 mil em construção, entre grandes e pequenas hidrelétricas, centrais eólicas, biomassa e térmicas a gás e a carvão. A empresa tem interesse em participar dos novos projetos do programa de geração nuclear brasileiro como co-investidora e/ou co-operadora. Com 12 subsidiárias envolvidas na energia nuclear, o grupo possui e opera sete reatores nucleares na Bélgica, com uma capacidade instalada de 6.134 MW.

Criada em 1886, a Westinghouse Electric Company, hoje pertencente ao grupo Toshiba, é a empresa pioneira de energia nuclear no mundo. Sua tecnologia de reatores de água pressurizada é a base de cerca de metade das plantas nucleares em operação no mundo. Fornecedor de tecnologia de Angra 1, a empresa tem como estratégia para o Brasil a oferta do reator de água pressurizada (PWR) AP1000, seu projeto mais recente e avançado, e o alto nível de localização de suas operações. (V.D.)

THE MID-SIZED GENERATION III + PWR YOU CAN RELY ON

THE ATMEA1 REACTOR

Your choice for long-term satisfaction



The ATMEA1 reactor - the mid-sized PWR, offers:

- **TOP LEVEL SAFETY**
as a Generation III + reactor
- **RELIABLE and ECONOMICAL OPERATION**
- **FLEXIBILITY** for any site and grid conditions

ATMEA
an AREVA and MHI company

Vice-presidente de Vendas para as Américas da unidade Nuclear Plant Projects da GE Hitachi Nuclear Energy International

Como o sr. vê as oportunidades no mercado brasileiro, com a perspectiva de construção de quatro novas usinas nucleares no país?

Estamos muito animados com a oportunidade de discutir nossos atuais projetos relacionados com o nosso reator BWR com o governo e o setor privado brasileiro e de mostrar como podemos ajudá-los a alcançar suas importantes metas de desenvolvimento econômico através do uso de energia nuclear. Além do reator ABWR, o único projeto de reator de terceira geração em operação hoje em dia, a GE Hitachi (GEH) também oferece o seu outro reator de terceira geração, o ESBWR, que possui características de segurança passiva avançadas e que está em processo de certificação junto à U.S. Nuclear Regulatory Commission (Comissão Regulatória Nuclear dos EUA).

Qual a estratégia da empresa para o país?

Nós estamos seriamente interessados no fornecimento de nossas principais tecnologias para o Brasil, mas, ao mesmo tempo, é evidente que elas não são bem conhecidas no país. Por este motivo, já estamos presentes no país, demonstrando o desempenho superior dos nossos projetos de reator ABWR e ESBWR - os fatores de capacidade, extensão do ciclo operacional, custos de operação e manutenção e desempenho de combustível. Adicionalmente, pretendemos alavancar as presenças bem estabelecidas da GE e da Hitachi no Brasil, para que possamos contribuir para o desenvolvimento da cadeia produtiva, de modo a atender as necessidades das novas plantas a serem construídas no país.

Como o sr. vê o setor nuclear no mundo, após o acidente de Fukushima? Em sua opinião, os investimentos que vinham sendo feitos serão retomados no mesmo ritmo?

Todos os países estão, de uma forma ou de outra, aprendendo com o evento de Fukushima e questões como disponibilidade, custo e impacto ambiental estão sendo exaustivamente debatidas. Alguns países, como a Alemanha, anunciaram sua intenção de reduzir a fonte nuclear de sua matriz energética. Por outro lado, a China, a Índia e o Brasil, entre outros países, pretendem seguir com os seus investimentos com respeito às novas plantas nucleares. Em geral, nós não vemos nenhum impacto negativo sobre o desenvolvimento ininterrupto das novas plantas nucleares.

O setor nuclear está dando uma resposta satisfatória em relação a reforçar a segurança das usinas nucleares? Como as empresas fornecedoras estão contribuindo nesse processo?

Segurança é uma prioridade absoluta em todos os reatores em operação, assim como nos projetos dos reatores de



Segurança é uma prioridade absoluta em todos os reatores em operação, assim como nos projetos dos reatores de Geração III e Geração III+

Isidro de La Fuente

Geração III e Geração III+. As tecnologias nucleares avançaram ao longo dos últimos anos e, com isto, sistemas de segurança cada vez mais desenvolvidos e considerando as mais extremas situações, têm sido adotados. Os fornecedores de tecnologias nucleares, tais como a GE Hitachi, vêm contribuindo substancialmente com esta questão – desenvolvendo novas tecnologias e liderando debates sobre processos e padrões globais. Entre todos os projetos de reatores disponíveis no mercado hoje em dia, a GE Hitachi tem o orgulho em contar com reatores com as menores frequências de danos no núcleo (padrão de medição de segurança de reatores).

Jim Ferland

Presidente da
Westinghouse Américas

Como o sr. vê as oportunidades de mercado brasileiro, no que diz respeito à construção de quatro novas usinas nucleares no país?

A Westinghouse está otimista sobre o futuro da energia nuclear comercial no Brasil. É claro que o Brasil quer manter um mix de geração de eletricidade limpa e, ao mesmo tempo, diversificar para evitar problemas que aconteceram no passado. Para a geração na base, a energia nuclear é uma alternativa atraente ao carvão e a outros combustíveis fósseis e o Plano Nacional de Energia 2030 prevê a necessidade de ter 4-8 GWe (mais de três novas usinas) em operação em 2030. Ao investir em energia nuclear, o Brasil continuará a envidar esforços para a segurança do suprimento energético, alavancando seus próprios recursos naturais e habilidades críticas, e alcançar suas metas de sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo que contribui para o desenvolvimento regional, incluindo a criação de empregos de alto nível.

Qual a estratégia da empresa para o Brasil?

A abordagem da Westinghouse no Brasil é oferecer o nosso projeto mais recente e avançado, o reator de água pressurizada (PWR) AP1000[®], o único projeto PWR de Geração III+ certificado pela Comissão Regulatória Nuclear dos EUA. O projeto incorpora a segurança passiva AP1000, tecnologia de sistemas com o melhor desempenho de segurança e a capacidade de enfrentamento de eventos externos, como o experimentado em Fukushima, no Japão, porque não depende de fontes de energia AC para manter a planta em condições seguras. Além disso, o projeto do AP1000 incorpora um alto grau de modularização, o que permite cronogramas de construção mais curtos e previsíveis e custos reduzidos.

Uma característica adicional da nossa estratégia brasileira é um alto nível de localização, ou seja, trabalhar em parceria com empresas locais para a construção de usinas.

Além disso, a Westinghouse continua comprometida com a operação segura e bem sucedida da frota nuclear existente no Brasil, apoiando a Eletrobras Eletro-nuclear e a Industrias Nucleares do Brasil (INB), em suas respectivas atividades para Angra 1. Ao alavancar sua experiência global nuclear, a Westinghouse traz sua ampla experiência operacional para nossos parceiros no Brasil.

Como o sr. vê o setor nuclear no mundo após o acidente de Fukushima? Em sua opinião, os investimentos que vinham sendo feitos serão retomados no mesmo ritmo?

A indústria continua a aprender e entender o que aconteceu em Fukushima e os efeitos finais deste desastre natural sem precedentes. Em alguns países, o acidente provocou a desaceleração dos planos atuais e futuros de novas construções. Mas muitos países, em todo mundo, reafirmaram seu compromisso com o uso da energia nuclear, principalmente porque os motivos fundamentais que fizeram da tecnologia nuclear uma alternativa atraente para a produção de eletricidade antes de Fukushima ainda se aplicam hoje: em um mundo em que cada vez mais percebe a necessidade de eletricidade com baixo nível de emissão de carbono, a energia nuclear continua sendo o único meio economicamente real e viável de geração elétrica responsável e limpa.

O setor nuclear está dando uma resposta satisfatória em relação a reforçar a segurança das usinas nucleares? Como a Westinghouse está contribuindo nesse processo?

O compromisso da indústria nuclear, em primeiro lugar, é com a segurança pública, seja no que diz respeito a usinas em operação ou à construção de novas usinas. A indústria nuclear é, também, uma das mais reguladas do mundo. Por isso, há muitas verificações e balanços para garantir que a “cultura da segurança” seja mantida.

Além disso, em todo o mundo, as operadoras estão trabalhando com diversas organizações como Inpo, Wano e Epr em avaliações para validar e garantir o funcionamento contínuo e seguro da frota existente e identificando ações para fortalecer ainda mais a segurança das plantas.



A energia nuclear
continua sendo
o único meio
economicamente real
e viável de geração
elétrica responsável
e limpa

Jim Ferland

Qual a estratégia da empresa para o país?

A GDF Suez, através da sua controlada Tractebel Energia, iniciou suas atividades no Brasil em 1998 com a aquisição de cerca de 3.700 MW. Nos anos seguintes deu continuidade a um programa de investimentos no setor estando hoje com uma capacidade instalada total em operação de cerca de 8 mil MW e 4 mil em construção, tornando-se a maior empresa privada de geração de energia elétrica no Brasil. Possui uma matriz de geração bastante diversificada, que inclui grandes e pequenas hidrelétricas, centrais eólicas, biomassa e térmicas a gás e a carvão, com predominância de energia renovável, mantendo o respeito pela preservação ambiental.

Com o foco no futuro e em resposta às mudanças climáticas, temos todo o interesse em participar do programa de geração nuclear brasileiro. Atualmente, temos assinado um acordo de cooperação com a Eletrobras e a Eletrobras Eletronuclear, visando a troca de experiências e conhecimentos nas várias etapas de desenvolvimento e operação de usinas nucleares, com vistas a um possível início de parceria para o desenvolvimento conjunto de novas centrais em um futuro próximo.

Como o sr. vê as oportunidades no mercado brasileiro, com a perspectiva de construção de quatro novas usinas nucleares no país?

Entendemos que o governo brasileiro considera a implantação de novas usinas nucleares no longo prazo e esperamos que pelo menos uma seja incluída no plano decenal do próximo ano. A GDF Suez tem todo interesse em participar destes novos projetos como co-investidora e/ou co-operadora e entende que, para tal, muito provavelmente, será preciso uma mudança na legislação criando condições de comercialização da energia de origem nuclear e possibilitando a participação privada na geração nucleoe elétrica no Brasil.

Como o sr. vê o setor nuclear no mundo após o acidente de Fukushima? Em sua opinião, os investimentos que vinham sendo feitos serão retomados no mesmo ritmo?

Apesar da repercussão mundial do acidente e da adoção de medidas mais drásticas, muitas vezes movidas por razões políticas de cada país, como Alemanha, Itália e Suíça, estamos convencidos que o plano de investimentos em novas centrais nucleares será mantido na maioria dos países, com a breve retomada do ritmo anterior. Podemos citar o exemplo positivo da Inglaterra, da China, dos EUA, e do Brasil, que tem Angra 3 com previsão de entrada em operação comercial no final de 2015.

O setor nuclear está dando uma resposta satisfatória em relação a reforçar a segurança das usinas nucleares? Como a GDF Suez está contribuindo nesse processo?

Sim. Há um esforço setorial conjunto de várias organizações, incluindo a AIEA (Agência Internacional de Energia Atômica), e os operadores propondo ações conjuntas para o aperfeiçoamento da segurança das usinas. Sendo assim, foi efetuado um acordo no final de março para a realização de *stress tests* nos 196 reatores europeus. Estes testes têm como objetivo verificar os procedimentos de gerenciamento de riscos de cada central em função do acidente ocorrido em Fukushima e, principalmente, testar a capacidade de resistência a eventos considerados acima das bases do projeto original das usinas, tais como terremotos, tsunamis, alagamentos e condições climáticas extremas. Eles são realizados pelos operadores de acordo com especificações determinadas pela Wenra (Associação de Reguladores Nucle-



O plano de investimentos em novas centrais nucleares será mantido na maioria dos países

Yves Crommelynck

ares do Oeste Europeu), Ensreg (representantes dos reguladores europeus, incluindo não nucleares) e a Comissão Europeia, sob a supervisão das entidades reguladoras locais. De maneira similar, as autoridades norte-americanas estão reavaliando a segurança nas suas 104 usinas.

A GDF Suez está ativamente envolvida neste processo e submeteu, em novembro, o seu relatório final para a autoridade de segurança belga. Os resultados confirmaram a boa capacidade das suas usinas para suportar situações extremas graças às suas características únicas, tais como a dupla contenção no prédio do reator, o segundo nível de proteção, o sistema de *backup* independente (diesel), a ilha nuclear protegida etc.

A GDF Suez realiza, sistematicamente, reavaliações periódicas de segurança “de 10 Anos” em seus sete reatores nas centrais nucleares belgas de Doel e Tihange. Além disso, tem previsão de investimentos extras para estender a vida útil das usinas e reforçar as suas condições de segurança.

Como o sr. vê as oportunidades de mercado brasileiro, no que diz respeito à construção de quatro novas usinas nucleares no país?

Em sua visita ao Brasil, em dezembro, o primeiro ministro francês, Francois Fillon, confirmou o suporte das autoridades francesas às atividades nucleares e renováveis da Areva no Brasil. A Areva quer participar no desenvolvimento de energia livre de CO₂ no Brasil, na qual a energia nuclear deverá ser uma parte importante, ao lado da hidroeletricidade e das energias renováveis.

Em 2007, o Brasil decidiu concluir a construção de Angra 3. O projeto do reator da usina, com 1.394 MWe, foi realizado pela Siemens e agora integra o portfólio da Areva. A Eletrobras Eletronuclear e a Areva assinaram, em 28 de julho de 2011, três contratos para o fornecimento de equipamentos e serviços para o reator de Angra 3. Os contratos deverão entrar em vigor muito em breve. Os trabalhos civis começaram em 2010. Este reator se beneficiará das lições aprendidas com Fukushima. Assim, ele estará posicionado em um patamar de segurança equivalente aos reatores mais avançados.

Qual a estratégia da empresa para o país?

Em primeiro lugar, gostaríamos de lembrar que o governo Dilma Rousseff é favorável à retomada da energia nuclear no Brasil, já impulsionada pelo ex-presidente Lula, e que essa retomada não foi interrompida por Fukushima. O objetivo da Areva é ser um ator importante nesse processo. A Areva é uma parceira histórica do Brasil e deseja continuar fornecendo serviços para os reatores em operação e no ciclo do combustível nuclear.

A Areva também espera desenvolver suas atividades em energia renovável através de sua subsidiária brasileira Areva Koblitz, e também pela oferta de novas soluções na área de energia solar ou eólica.

Como o sr. vê o setor nuclear no mundo após o acidente de Fukushima? Em sua opinião, os investimentos que vinham sendo feitos serão retomados no mesmo ritmo?

O acidente de Fukushima provocou um grande impacto em todos. Nos atores nucleares, ajudou a promover níveis mais altos de proteção; eles devem levar isso em conta. A indústria nuclear terá que evoluir, o público está esperando muito de companhias como a Areva. Mesmo antes do acidente de Fukushima, a Areva já promovia a segurança como um elemento chave de sua política industrial. O acidente não mudou os fundamentos do mercado mundial de energia: com o crescimento da população (serão 9

bilhões de pessoas em 2050) as necessidades de eletricidade deverão dobrar antes de 2050 e ainda é necessário reduzir as emissões de CO₂.

De fato, somente a Alemanha anunciou a retirada, mas os outros países já comprometidos com o desenvolvimento de programas nucleares confirmaram seus planos de desenvolver um parque nuclear: França, Reino Unido, República Tcheca, Finlândia, Polônia, Holanda, China, Índia, África do Sul, Brasil, Argentina...

O setor nuclear está dando uma resposta satisfatória em relação a reforçar a segurança das usinas nucleares? Como as empresas fornecedoras estão contribuindo nesse processo?

Graças à sua organização internacional e ao seu know-how, a Areva está em boa posição para ajudar as geradoras na atualização de seus reatores, de acordo com as normas internacionais, sempre em projeto.

A Areva advoga fortemente que todos os atores nucleares (fornecedores, consumidores...) adotem os mais altos padrões de segurança – Fukushima deve ser levada em conta.

O objetivo da Areva é ser um ator importante no processo de retomada da energia nuclear no Brasil. A Areva é uma parceira histórica do país e deseja continuar fornecendo serviços para os reatores em operação e no ciclo do combustível nuclear.

A Areva também espera desenvolver suas atividades em energia renovável através de sua subsidiária brasileira Areva Koblitz, e também pela oferta de novas soluções na área de energia solar ou eólica.

Japão encerra fase 'acidente' de Fukushima Daiichi

O Japão divulgou o roteiro das atividades de médio e longo prazo necessárias ao descomissionamento dos reatores danificados de Fukushima Daiichi. O plano, que prevê um prazo de 30 a 40 anos para a conclusão do processo, foi elaborado pela Tokyo Electric Power Company (Tepco), pela Agência para Recursos Naturais e Energia do Ministério da Economia, Comércio e Indústria e pela Agência de Segurança Industrial e Nuclear.

O primeiro ministro japonês Yoshihiko Noda anunciou em 16 de dezembro que os reatores de Fukushima Daiichi tinham atingido as condições de desligamento a frio, levando à conclusão da fase 'acidente' de eventos na planta atingida pela tsunami de 11 de março. Ao anunciar o roteiro de descomissionamento, a Tepco disse que isso agora "irá mudar nossa abordagem de estabilização da planta para manutenção da condição estável".

O roteiro é dividido em três fases, cujos alvos principais são: a remoção do combustível de todas as quatro piscinas de combustível usado; a remoção do combustível derretido do núcleo dos três reatores danificados; e, finalmente, a demolição das instalações dos reatores.

A Tepco pretende começar a remoção do combustível a partir da piscina do reator da unidade 4, nos próximos dois anos, enquanto a remoção de combustível a partir da piscina da unidade 3 começará até o final de 2014. A empresa planeja remover todo o combustível utilizado das quatro piscinas dentro de dez anos, período em que vai determinar que métodos de reprocessamento e de armazenamento que irá utilizar. (Fonte: Nuclear World News)

Geração de energia nuclear continuará crescendo

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 da 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. A informação consta da edição de novembro de 2011, do Panorama da Energia Nuclear no Mundo, produzido pela Eletrobras Eletronuclear.

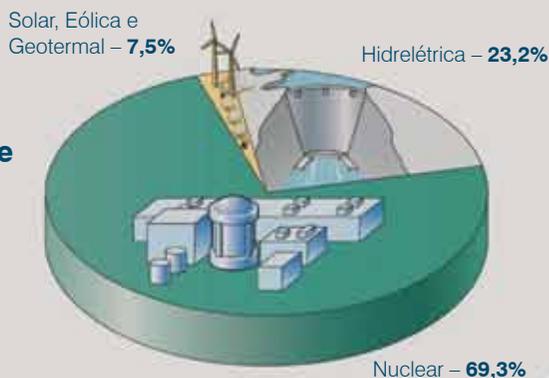
Segundo o documento, esta é a mesma opinião da IEA (International Energy Agency da OECD). No seu novo relatório de novembro de 2011 - World Energy Outlook, a IEA afirma que o crescimento econômico, a prosperidade e o aumento da população levarão inevitavelmente ao aumento do consumo de energia nas próximas 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 reduzidas de solução.

Já segundo o diretor da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), Yukiya Amano, a taxa de expansão de construção das usinas nucleares poderá diminuir como consequência de Fukushima, mas a geração de energia nuclear continuará em crescimento. As projeções da AIEA mais recentes quanto ao futuro da energia nuclear em qualquer cenário são superiores em 8% às dos anos anteriores, 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.

O Panorama da Energia Nuclear no Mundo contabiliza 434 reatores nucleares em operação, com capacidade instalada total de 367,540 GWe e mais 65 em construção. Em 2011 entraram em operação sete novos reatores, instalados na Índia, Paquistão, China (2), Irã e Rússia.

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. A França veio em segundo lugar, com 16% e, em terceiro, o Japão, com 11%. O Brasil foi responsável por 1% da geração nuclear no mundo.

Fontes de Eletricidade Livres de Emissões 2009

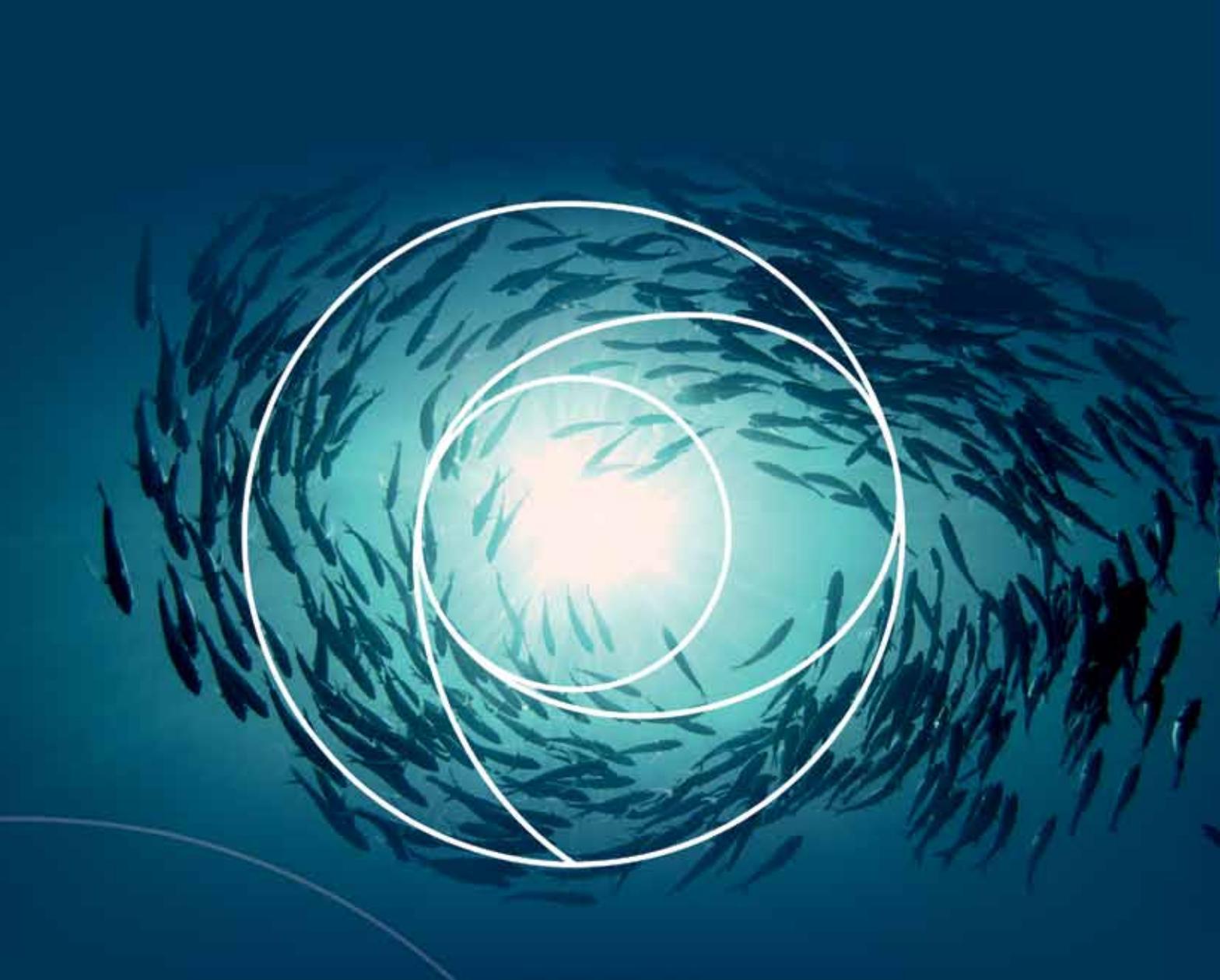


Aos amigos, associados,
colaboradores e parceiros que em
2011 contribuíram para o sucesso
da **Aben**, nossos sinceros
agradecimentos.

Desejamos que **2012** seja de paz,
energia e de grandes realizações.

Associação Brasileira de Energia Nuclear





**No ciclo da vida,
no ciclo da energia.**

www.inb.gov.br



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

