

## ESCOLA DE VERÃO DA SBF NO RIO PRIVILEGIA FÍSICA APLICADA

O IEN e o Instituto de Física da UFRJ sediaram, de 19 de fevereiro a primeiro de março, a XII Escola de Verão Jorge André Swieca em Física Nuclear, tradicional curso de extensão promovido anualmente, em diferentes instituições do país, pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). A escola teve este ano, pela primeira vez, um programa nitidamente voltado para a física nuclear aplicada. Segundo o físico Dante Luiz Voi, integrante da comissão organizadora da escola, houve a preocupação de se organizar um curso voltado para o mercado de trabalho que vem se abrindo junto a reatores de geração de energia elétrica, centros de produção de radioisótopos e mesmo hospitais e clínicas de medicina nuclear e radioterapia, onde falta mão-de-obra com essa qualificação.

"Hoje a energia nuclear perpassa todas as áreas da economia, da indústria à medicina, e o curso tradicional de física não trata disso", ressaltou, na sessão de abertura, o coordenador-geral da escola, Odair Dias Gonçalves, do Instituto de Física. Os cursos de física tradicionais, completa o professor, tratam da ciência básica, "que já é muito extensa." No Brasil em particular, "quase não se vê nada de física aplicada." A escola de 2002, diz ele, inova por preparar o físico para um mercado externo à vida acadêmica.

Propôs-se como tema principal a física nuclear aplicada a reatores, com particular atenção a suas conexões com as ciências da saúde. Foram planejadas experiências nas áreas de física e engenharia de reatores, produção de radioisótopos e radioproteção, nas instalações do IEN, e ainda duas práticas de física atômica aplicada no acelerador Tandem do IF-UFRJ (*leia mais nas páginas 2, 3 e 4*).



Fotos: Valéria Campelo

Acima: Alunos e professores da XII Escola de Verão Jorge André Swieca de Física Nuclear Experimental.



À esquerda: O coordenador do IEN, Sérgio Chaves Cabral e integrantes da comissão organizadora (Voi, Velho, Suita e Gonçalves) na sessão inaugural.

### NESTE NÚMERO:

**Competências do IEN definem perfil do curso** \_\_\_\_\_ pág. 2 e 3

**Resumos das experiências** \_\_\_\_\_ pág. 2, 3 e 4

**Centros de excelência sediam as escolas JAS** \_\_\_\_\_ pág. 4

**Anote...** \_\_\_\_\_ pág. 4

O caráter de inserção no mercado da Escola de Verão deste ano encontrou grande receptividade. A procura foi maior que a esperada e as 20 vagas iniciais, estendidas para 25, atraíram desde alunos de graduação a pesquisadores com doutorado. Doutor pela Coppe/UFRJ, Rogério Gomes trabalha na Coordenação de Radioproteção da CNEN e se inscreveu justamente por ser um dos que licencia as aplicações: “É sempre bom refrescar conceitos, conhecer os equipamentos que estão sendo usados e, claro, o intercâmbio é sempre positivo.”

Escolhido para fazer o relatório final dos alunos, Guilherme Zahn, pesquisador do IPEN, em São Paulo, observou que a física aplicada pode atrair também

profissionais de outras áreas, “principalmente as relacionadas à biologia.” A escola deste ano teve ampla participação de graduandos do recém-criado curso de Física Médica da UFRJ, que não quiseram perder a chance de frequentar a escola em sua cidade. “Já esperava não ter 100% de aproveitamento”, conta Gláuber Tebaldi Dias, aluno do 2º ano, “mas foi muito compensador, enriqueceu minha visão da física.”

O curso teve também estudantes de outros países da América Latina, entre eles Javier Wachter, da Universidade do Chile, interessado em técnicas com radiotraçadores. “No meu país só temos física de reatores e de aceleradores”, explicou.

“Foi uma boa oportunidade de mostrar o que fazemos”, comenta Dante Luiz Voi, da comissão organizadora. O curso, lembra, reforçou a imagem do IEN como uma instituição tecnológica que, seguindo a orientação do MCT, tem aplicado as competências desenvolvidas às áreas carentes do país, como saúde, nutrição, meio ambiente e geração de eletricidade. Outro ponto positivo para o IEN, aponta, foi a interação com a UFRJ e os alunos.

Satisfeito com o resultado, o físico considera que o IEN tira da experiência lições importantes para, no futuro, promover novos cursos e implantar sua pós-graduação: “Podemos ser uma instituição de excelência também na área de formação.”

## Resumos das experiências

Além de palestras sobre proteção radiológica, a cargo dos professores Domingos D’Oliveira Cardoso, Danilo Lacerda Teixeira e Osvaldir dos Santos, foram oferecidas nove experiências, de modo que cada aluno pudesse participar com o maior número de atividades possível durante o curso.

### Experiência 1: Análise de aminoácidos através de medidas de seções de choque para nêutrons

- Prof. Dante Luiz Voi

Nesta aula foi apresentado um método recentemente desenvolvido para a análise de moléculas, compostos químicos e polímeros, denominado método do agrupamento e parcelamento de seções de choque para nêutrons. Após a aula teórica, os alunos prepararam amostras no laboratório de química do reator Argonauta e obtiveram dados no sistema de espectrometria de nêutrons a cristal instalado no canal de irradiação J-9, para posterior aplicação do método. Foram medidas amostras padrão e uma amostra do aminoácido fenilalanina (componente básico do açúcar dietético). Os resultados da experiência mostraram um desvio menor que 1% entre as seções de choque calcu-



Análise de aminoácidos

lada e medida, levando à conclusão que a fórmula molecular da amostra de fenilalanina está dentro das especificações do fabricante.

### Experiência 2: Detecção e aplicações de nêutrons

- Profs. Dante Luiz Voi, Rosanne Furieri e Gevaldo Lisboa de Almeida

Na aula teórica sobre aplicações e utilizações de nêutrons foram explicados os cálculos de uma armadilha de nêutrons, construída com água pesada e refrigerada a temperatura do nitrogênio líquido (77°K), para aumentar a demanda de utilização do reator, permitindo que



Descontaminação

diversos arranjos sejam operados simultaneamente sem aumentar a queima de combustível. Também demonstrou-se o funcionamento de diversos tipos de detectores de nêutrons, com ênfase no detector de trifluoreto de boro (BF-3). No salão do reator Argonauta foi montado um arranjo exponencial e subcrítico, pelo qual os alunos colheram dados para determinação das distribuições espaciais do fluxo de nêutrons com folhas de índio através da técnica de análise por ativação, importante na obtenção de parâmetros e cálculos de projetos de núcleos de reatores. Foram levantadas também as distribuições de doses de nêutrons e de doses de radi-



Esta é uma publicação do **Serviço Comercial e de Comunicação** do **Instituto de Engenharia Nuclear** (SECOM/IEN/CNEN).  
Chefe do serviço: **Andréia Silva**. Chefe da Comunicação: **Antônio Sérgio Lima**. Jornalista responsável: **Valéria Campelo**.  
Telefone: (21) 2560 4113 ramais 2257 e 2258. Endereço: Cidade Universitária - Ilha do Fundão - Caixa Postal 68550 - CEP 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ. E-mail: [aslima@ien.gov.br](mailto:aslima@ien.gov.br) ou [vdc@cnen.gov.br](mailto:vdc@cnen.gov.br). Editoração eletrônica: **Allan Gordon**

# EFINEM PERFIL DO CURSO

ação gama no arranjo, para análise de segurança e proteção radiológica.

**Experiência 3: Gerenciamento de resíduos radioativos** - Profs. João Carlos Pereira da Silva e Priscila Mendes Zidan (IEN)

Além de uma explanação teórica sobre os princípios do gerenciamento de rejeitos radioativos, os alunos tiveram duas práticas. Na primeira, visitaram as instalações de gerência de resíduos do IEN, inclusive as obras do novo depósito, e aplicaram alguns conhecimentos adquiridos sobre segregação, tratamento e armazenamento de resíduos.

A segunda foi baseada em uma suposta contaminação, com Am-241, no piso do laboratório de segregação de resíduos. Os alunos planejaram as ações a serem tomadas e depois executaram o processo de remoção da contaminação.

Houve também aulas teóricas e práticas sobre transporte de materiais radioativos, que segue as recomendações feitas pela Agência Internacional de Energia Atômica. Mostrou-se a documentação que deve acompanhar o veículo que transporta produtos perigosos da classe 7 e como determinar os parâmetros operacionais (índice de transporte, taxas de dose, monitoramento do veículo, medidas de emergência, entre outros).



Produção de radiofármacos

**Experiência 4: Produção de radioisótopos iodo-123 e flúor-18** - Profs. Ana Maria Braghirolli, Julio Cesar Suita e Miguel Ângelo Valle Bastos (IEN)

A prática sobre produção de radioisótopos apresentada tem como objetivo mostrar aos alunos alguns aspectos relevantes da produção de I-123 e F-18, que são dois importantes insumos para aplicação de técnicas nucleares na área médica. Durante o curso, os alunos rece-

beram informações sobre a produção de radioisótopos com o uso de aceleradores, com ênfase nos métodos de produção adotados no IEN. Após a introdução teórica, os alunos puderam acompanhar o processo químico de produção do iodo-123 ultra-puro. Finalmente, cada grupo recebeu uma amostra do material produzido para que fosse feita uma análise qualitativa da pureza radionuclídica do iodeto de sódio marcado com I-123 produzido no IEN.



Aplicações de radiotraçadores

**Experiência 5: Aplicações industriais de traçadores radioativos** - Prof. Luís Eduardo Brandão (IEN)

O objetivo foi apresentar a metodologia de traçadores radioativos empregados em diversos campos, principalmente na avaliação de equipamentos e plantas industriais e na área de meio ambiente.

Inicialmente foi dada uma visão geral das etapas de elaboração de um teste real: escolha do traçador adequado, produção de moléculas marcadas, sistema de aquisição de dados e medidas, otimização das atividades envolvidas e normas de proteção radiológica individuais e de área.

Dois experimentos foram programados, possibilitando demonstrar aos participantes da escola a utilidade e a versatilidade da técnica: no simulador de um tanque de mistura industrial foi possível estudar os processos de mistura em fluxo contínuo e batelada; na prática de aplicações em meio ambiente foi usado um tanque decantador/floculador de placas verticais, onde foram simulados problemas que ocorrem em tanques de unidades de tratamento de esgoto.

**Experiência 6: Calibração da pressão do trocador de carga do acelerador Tan-**

**dem 5SDH** - Prof. Nelson Velho (IF/UFRJ)

Na aula descritiva foram abordados os conceitos de secção de choque para troca de carga de íons positivos e negativos, uso das equações acopladas de trocas de carga em um feixe de íons, consequências do escoamento molecular na distribuição de pressões e os efeitos dos elétrons secundários na medição das cargas.

Na aula prática, os alunos conheceram os equipamentos - acelerador Tandem 5SDH da NEC, com tensão máxima de terminal de 1,7 MV, copo de Faraday com e sem anel de guarda e medidores de pressão de vácuo por ionização - realizaram medições do feixe de átomos neutros, compararam com o modelo teórico para densidade de átomos no trocador de cargas e concluíram a calibração.



Análise de materiais por PIXE

**Experiência 7: Análise elementar de materiais por medição de raios X característicos induzidos por prótons (PIXE) - amostras externas** - Prof. Stênio Dore de Magalhães (IF/UFRJ)

Os alunos tiveram primeiro uma aula abordando o método PIXE e suas aplicações, além de uma descrição geral do acelerador e da fonte de íons. No experimento, depois de realizarem a calibração em energia em duas etapas, utilizando uma fonte de amerício e uma amostra de chumbo excitada por PIXE, uma amostra multi-elementar desconhecida foi analisada pelos alunos. Medidos os espectros característicos de emissão de radiação X, foram identificados os elementos presentes na amostra.

**Experiência 8: Tomografia computadorizada por nêutrons** - Prof<sup>a</sup>. Maria Inês Silvani (IEN)

O objetivo principal foi apresen-

tar a técnica de inspeção radiográfica não destrutiva denominada **tomografia por nêutrons**, usada para reconstruir seções transversais planas do interior de um objeto. Embora tenham sido mostradas as principais formas de obtenção de imagens, como tomografia por emissão, espalhamento e outras, o enfoque foi em tomografia por transmissão. Depois da aula teórica, com explicações sobre o princípio de formação da imagem e uma descrição das as gerações de tomógrafos, foi realizada uma experiência envolvendo a preparação do sistema tomográfico no reator do IEN, a obtenção dos dados, a reconstrução da

imagem de uma seção do objeto analisado e, por último, a interpretação dessa imagem.

### **Experiência 9: Aplicações de neutrongrafia** - Prof. Ademir Xavier da Silva (IEN)

Foram apresentados os conceitos básicos e mostrada a utilização da neutrongrafia como uma técnica eficiente em ensaios não destrutivos (END), seja como complementar à radiografia por raios-X ou por raios gama, seja em outras áreas específicas. Amostras de diversos tipos de materiais, como chumbo, nitreto de boro, cádmio, teflon, pól-

vora, borracha Al (OH) além de vazios, foram ocultos por chapas de aço de 4,1 mm de espessura e neutrongrafadas no canal de irradiação J-9 do reator Argonauta do IEN. Na análise das imagens, os alunos identificaram com facilidade apenas os corpos de elementos leves (de baixo número atômico). Já os materiais como chumbo e alumínio, transparentes para os nêutrons térmicos nas espessuras utilizadas, são melhor identificados através da gamagrafia, pois apresentam um coeficiente de atenuação bem maior do que os leves, demonstrando assim que essas duas técnicas se complementam.

## **Centros de excelência sediam as Escolas JAS**

As Escolas de Verão Jorge André Swieca foram criadas pela Sociedade Brasileira de Física no início dos anos 80 com o objetivo de fornecer aos alunos de pós-graduação e dos últimos anos de graduação uma formação complementar nas áreas de instrumentação, técnicas experimentais e de análise de dados. Existem também escolas de verão JAS de óptica quântica e óptica não-linear, física de partículas, magnetismo e estrutura eletrônica de materiais. O físico paulista Swieca, morto em 1980, foi um dos maiores especialistas do país em teoria dos campos.

No âmbito da Física Nuclear o evento já é tradicional e se alterna, a cada ano, entre escola teórica e escola experimental. Esta última costuma ocorrer em São Paulo, segundo o professor Dias Gonçalves, "porque em outros estados há poucas instituições onde se trabalha com a vertente experimental." O Rio de Janeiro sediou a escola pela segunda vez. Na primeira, em 1988, o IEN e o Instituto de Física da UFRJ também foram parceiros.

Para sediar essas escolas, centros de excelência em pesquisa são escolhidos em assembléia durante a Reunião Anual de Trabalhos de Física Nuclear da SBF. Ao promovê-las, é objetivo da sociedade não apenas aperfeiçoar a formação de estudantes e profissionais, mas também incentivar a escolha por física nuclear experimental e promover os institutos nos quais se desenvolvem atividades da área.



### **Reunião do LABIHS na Coréia**

O coordenador-geral do IEN, Sérgio Chaves Cabral, e os chefes da Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana (DICH), Isaac Obadia, e do Serviço de Engenharia de Salas de Controle, Paulo Victor Carvalho, viajaram à Coréia do Sul, de 18 a 22 de março, para a primeira reunião de projeto com o fornecedor do software e hardware do Laboratório de Interfaces Homem/Sistema (LABIHS). O KAERI, Instituto de Pesquisas da Coréia, venceu a licitação promovida pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para fornecer serviços e equipamentos para o LABIHS.

Nessa reunião foram definidos aspectos relacionados ao cronograma do projeto - treinamento, testes, entrega dos equipamentos (prevista para o final do ano e início de 2003) - e a necessidade de treinamento de pessoal do IEN na Coréia. Para o desenvolvimento do projeto já estão confirmados os pesquisadores Maria de Lourdes Moreira, Rubens Souza dos Santos e João Alberto Gadelha, da DIRE, e os engenheiros eletrônicos Maurício

Aghina e Mauro Vítor de Oliveira, da DICH.

Financiado pela AIEA, o LABIHS está orçado em US\$ 320 mil dólares (equipamentos e software) e irá capacitar o IEN a analisar os aspectos ergonômicos e de fatores humanos na interação entre operadores e sistemas computadorizados. Seu objetivo é o desenvolvimento de modernas interfaces para salas de controle de centrais nucleares, de instalações do ciclo do combustível nuclear ou de indústrias convencionais com alto grau de complexidade, visando melhorar a eficiência, a confiabilidade e a segurança das operações.

### **Projeto Memória do IEN**

Será lançado em maio, durante as comemorações do quadragésimo aniversário do instituto, o Projeto Memória do IEN, pelo qual pretende-se formar um acervo permanente registrando a trajetória do IEN desde 1962. O projeto será executado por uma equipe do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), especializada em história da ciência, com a colaboração de uma comissão formada por servidores do instituto. Técnicos e especialistas irão catalogar e arquivar devidamente esse

material, publicando ao final (em 2003) um inventário dos documentos constantes no acervo e um livro contando a história do IEN. O trabalho já começou, com a participação de todas as divisões do IEN, que colocaram à disposição do projeto fontes de informação como fotos, documentos, correspondências e recortes de jornal.

### **CNPq libera verbas para SETER**

Foi aprovado pelo CNPq o convênio para o projeto "Computação de Alto Desempenho para Engenharia e Segurança de Sistemas Nucleares", no valor de R\$ 23.600,00. Segundo o coordenador Paulo Berquó de Sampaio, o projeto terá a duração de dois anos e é um suporte para a implantação do laboratório de computação paralela do Serviço de Tecnologia e Engenharia de Reatores (SETER). Os recursos serão utilizados na aquisição de material permanente e para custear a apresentação de trabalhos da equipe em congressos internacionais.

## **Anote...**