

O PAPEL DO IPEN NO DESENVOLVIMENTO DAS APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES NUCLEARES NO BRASIL. SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

Claudio Rodrigues
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
São Paulo - Brasil

Resumo:

Monitoração e controle do meio ambiente, testes não destrutivos de componentes industriais, estudos hidrogeológicos de estuários e reservatórios, esterilização de produtos médicos, preservação de alimentos, higienização de esgotos, reticulação em cabos e condutores elétricos, diagnóstico e terapia de várias doenças são algumas áreas onde as radiações nucleares têm sido intensamente utilizadas, contribuindo significativamente para melhoria da nossa qualidade de vida.

Fazer com que esses benefícios sejam disponíveis à camadas cada vez mais significativas da população na América Latina, tem encontrado dificuldades, principalmente de ordem econômica, que se traduzem, basicamente na ausência de um número maior de fontes de radiação nuclear, tais como reatores nucleares de pesquisa, aceleradores, irradiadores, e conseqüentemente num número maior de especialistas.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, instituição fundada em 1956, com fortes raízes na pesquisa científica, atua fortemente na área das aplicações de técnicas nucleares tendo adquirido sólido "know-how", em nível internacional na produção de material radioativo, inclusive e principalmente, radioisótopos para fins médicos e na utilização das radiações nucleares em várias áreas, tais como na irradiação de cabos e condutores elétricos, no uso de radiotraçadores em estudos hidrogeológicos de aquíferos, na realização de radiografias industriais, inclusive fornecendo as fontes de Iridio para as empresas nacionais do setor, na definição de metodologias para irradiação de alimentos entre outras.

Em particular, a atuação do IPEN no processamento e distribuição de radioisótopos para medicina nuclear remonta ao início dessa especialidade médica no país. Hoje são atendidos com produtos do IPEN mais de 360 hospitais e clínicas que permitem a realização de cerca de 800.000 procedimentos de medicina nuclear por ano. Entre os principais produtos estão Gerador de Tecnecio, Iodo 131 e 125, Tálio 201, Samário 153.

A reforma e aumento da potência do reator nuclear de pesquisas IEA-R1, a aquisição de um novo ciclotron e a ampliação das instalações para produção e processamento de radioisótopos, em execução atualmente, vão permitir ao IPEN uma ampliação importante na produção e distribuição desses produtos e com isso, atender, não só demanda futura do país como também, muito possivelmente, completar as necessidades de outros países da América Latina.

I - Introdução:

As implicações e benefícios das aplicações de tecnologias nucleares baseadas no uso das radiações e radioisótopos estão hoje implícitas e intimamente ligadas a vida das sociedades modernas. Suas contribuições práticas se estendem hoje em várias áreas da atividade humana. Na área da saúde, as aplicações das radiações e radioisótopos, que tiveram início no começo do século logo após a descoberta do raio-X, são consideradas, tecnicamente, as primeiras aplicações práticas da energia nuclear. Hoje as aplicações nesse setor se desdobram num amplo universo de atividades, que incluem entre outras, terapia e diagnóstico de várias doenças, esterilização de produtos médicos e estudo de ciclos metabólicos de organismos vivos. No setor industrial as aplicações das radiações e radioisótopos, apesar de uma participação ainda modesta, quando comparada às aplicações médicas vem apresentando nos últimos anos uma taxa de crescimento anual de cerca de 15 a 20%. São conhecidas, entre outras, as contribuições na otimização de processos de produção, no controle de qualidade, na manufatura de produtos, na conservação de energia, na proteção ambiental. Na agricultura resultados importantes tem sido obtidos no beneficiamento genético de espécies agrícolas, na redução das perdas pós-colheita, na melhoria da fertilidade de solos, na absorção de nutrientes pelas plantas. Na proteção e controle do meio ambiente a aplicação de técnicas nucleares tem experimentado, nos últimos anos, um rápido progresso com resultados importantes em várias áreas entre elas na caracterização de aquíferos subterrâneos, no estudo de alterações climáticas e suas causas, na higienização de esgotos, na identificação e remoção de poluentes e no tratamento de águas.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, instituição fundada em 1965 vem, desde praticamente sua fundação, dedicando-se fortemente a realização de pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológicos, produção de materiais, fabricação de equipamentos, prestação de serviços e a formação e treinamento de recursos humanos, esta última em associação com a Universidade de São Paulo, no campo das aplicações de técnicas nucleares.

No setor das aplicações na medicina são amplamente conhecidos os trabalhos do IPEN na produção de radiofármacos, e substâncias marcadas com uma sólida reputação tanto a nível nacional como internacional. Essas atividades que tiveram início em 1959 com as primeiras produções de iodo-131 hoje incluem uma ampla gama de produtos distribuídos para todo o país, possibilitando a realização de cerca de 800.000 procedimentos de medicina nuclear por ano.

Nas aplicações industriais e no meio ambiente o IPEN iniciou suas atividades em 1965, com os trabalhos de caracterização de correntes oceânicas utilizando traçadores radioativos na baía de Santos, em São Paulo. Hoje as atividades que incluem pesquisas e desenvolvimentos, prestação de serviços, fomento, assistência técnica e treinamento, se estendem a vários setores tais como processamento de polímeros, caracterização de aquíferos, radioesterilização, controle de processos industriais, beneficiamento (coloração) de gemas, dopagem de silício, neutronradiografia, montagem de fontes radioativas em irradiadores para gamagrafia industrial, detectores e equipamentos nucleares. As atividades do IPEN no setor das aplicações na agricultura são mais recentes e mais modestas. Elas se desenvolvem especificamente no uso da radiação para conservação de produtos agrícolas e similares e visam de um lado, assistir, fomentar e mostrar os benefícios dessa tecnologia aos produtores, industriais e consumidores e, por outro, realizar pesquisas e desenvolvimentos no uso da radiação

para melhorar a qualidade higiênica de produtos agrícolas e em metodologias analíticas para identificação de produtos tratados por irradiação.

II - Radiações e Radioisótopos no IPEN - Situação atual

Aplicações na saúde

A produção, processamento e distribuição de radioisótopos, para uso em medicina nuclear no IPEN, remonta ao início dessa especialidade no Brasil. Hoje são atendidos com produtos processados nesta Instituição mais do que 360 hospitais e clínicas em todo o país, permitindo a realização de cerca de 800.000 procedimentos de medicina nuclear por ano.

Investimentos significativos estão sendo aplicados atualmente nesses setores visando a ampliação das instalações, modernização e aumento da potência do reator nuclear de pesquisas IEA-R1 e aquisição de um novo acelerador ciclotron. Esses projetos vão permitir uma significativa ampliação na produção de radioisótopos, que hoje são, na sua maioria importados e uma dinâmica mais eficiente na produção e distribuição de radiofármacos e com isso consolidar o IPEN como um centro regional de radiofarmácia para a América Latina.

Hoje, os benefícios das aplicações dos radioisótopos atingem um número bastante reduzido da nossa população quando comparado com países da Europa ou EUA. Enquanto, por exemplo no Brasil, se realiza, utilizando toda a gama de radiofármacos disponíveis, cerca de 800.000 procedimentos médicos por ano, para uma população de aproximadamente 150 milhões, nos EUA, para uma população em torno de 250 milhões, são realizados, somente com geradores de Tecnécio, mais do que 10.000.000 de procedimentos.

Na tabela 1 são listados os principais radiofármacos atualmente distribuídos pelo IPEN e seu uso. Nessa relação estão já incluídos o Samário 153 EDTMP, radiofármaco usado para alívio da dor de metástases ósseas e o Tálcio 201, usado para diagnóstico de doenças do coração, cuja distribuição foi iniciada recentemente.

Na figura 1 é mostrado o crescimento na produção de Geradores de Tecnécio desde o início de sua produção no IPEN em 1981. Hoje são distribuídos aproximadamente 6.000 geradores anualmente, representando cerca de 5.000 curies, de material radioativo processado. É importante salientar nessa figura o significativo crescimento, de cerca de 30% na produção desse radiofármaco no último ano em comparação com 1994.

Essa gama de radiofármacos e outros produtos de interesse de medicina nuclear que são distribuídos regularmente (toda semana) para todo Brasil, estão também disponíveis em quantidades ainda limitadas, até a conclusão das ampliações e reformas que se processam atualmente no IPEN, para o atendimento de outros mercados. Essa disponibilidade alternativa de radioisótopos na região deverá, certamente, contribuir para o progresso da medicina nuclear na América Latina e com isso permitir que seus benefícios alcancem uma parcela maior de nossa população.

Aplicações na Indústria, Meio Ambiente e Agricultura.

As atividades do IPEN na área das aplicações das radiações no setor industrial e meio ambiente se iniciaram, modestamente em 1965 com os primeiros trabalhos de utilização de traçadores radioativos no estudo das correntes marítimas na bacia de Santos, em São Paulo para a seleção de possíveis pontos de descarga de emissários de esgotos. Foi somente a partir da segunda metade da década de 70, com o comissionamento do acelerador de elétrons de 1.5MeV, que essas atividades começaram realmente a serem representativas na instituição. Em torno desse acelerador que vem, até hoje, prestando inúmeros serviços de irradiação de interesse da indústria, destacando-se os trabalhos de irradiação de cabos e condutores elétricos, desenvolveu-se o setor de aplicações da irradiação na indústria, meio ambiente e agricultura.

Atualmente as instalações incluem ainda um acelerador Ciclotron de 24MeV, que durante muitos anos foi usado para estudos de danos da radiação em materiais, dois irradiadores de cobalto-60 de pequeno porte do tipo "gama cell" com 9000 curies e outra do tipo panorâmico com 5000 curies, que são usados principalmente em ensaios de radioesterilização, desinfestação e preservação de alimentos. Recentemente foi concluída a instalação de mais um acelerador de elétron também de 1.5MeV, em parceria com a empresa fabricante de cabos e condutores COFIBAM. Ainda nesse contexto o IPEN vem, nos últimos anos, intensificando a utilização do reator nuclear de pesquisa IEA-R1 em aplicações de interesse industrial. Atualmente, além do uso já consagrado nas irradiações necessárias para o programa de análises por ativação de neutrons que envolvem vários usuários, estão em andamento no reator entre outros, trabalhos de produção de microfiltros, dopagem de monocristais de silício, neutrongrafia e beneficiamento de gemas.

Nas tabelas 2 e 3, são mostradas as principais atividades atualmente desenvolvidas no IPEN, no setor, incluindo relação de seus clientes mais relevantes.

III - Perspectivas

O IPEN se prepara atualmente para um novo patamar de atuação na área das aplicações das radiações e radioisótopos. O "up grading" do reator nuclear de pesquisa IEA-R1, a aquisição de um novo ciclotron, a modernização e ampliação das instalações de produção de radiofármacos, o comissionamento do novo acelerador de elétrons, e a instalação de um irradiador "multi purpose" de 100.000 curies, são demonstrações claras desse novo patamar.

Basicamente, o que se propõe é promover e assegurar produtos, materiais e assistência técnica ao usuário de técnicas nucleares e atuar fortemente no desenvolvimento de novas tecnologias baseadas na aplicação das radiações e radioisótopos.

No setor das aplicações médicas o IPEN, a partir do início de 1998, deverá dispor de uma autonomia de produção de cerca de 90% dos radioisótopos usados para preparação de radiofármacos, que hoje são importados, e também de uma Central de Radiofarmácia com capacidade para atender integralmente a demanda nacional de

radiofármacos e ainda complementar as necessidades de outros países, principalmente na América Latina. Estarão sendo produzidos no IPEN a partir de 1998, entre outros, os seguintes radioisótopos: Molibdenio 99, Iodo 123, 125 e 131, Tálcio 201, Gálio 66, Flúor 118, Iridio 111 que vão possibilitar assegurar e ampliar a atual produção e distribuição de radiofármacos e substâncias marcadas. A disponibilidade regional de outro supridor de radiofármacos, produzidos com a qualidade e confiabilidade assegurados pelos mais de 30 anos de atuação ininterrupta da instituição no setor, comercializados a preços em sintonia com nossa realidade sócio-econômica e transportados entre distâncias menores vai proporcionar condições para um crescimento, com mais segurança, da medicina nuclear na região, pois estarão asseguradas alternativas para aquisição do seu insumo mais importante, os radiofármacos, e com isso beneficiar uma parcela maior da população.

No IPEN, as perspectivas no setor das aplicações industriais, ambientais e na agricultura, para os próximos anos, são animadoras. Os projetos atualmente em desenvolvimento vão permitir uma ampliação nos trabalhos utilizando aceleradores de elétrons e irradiadores. Será incentivada a promoção e a transferência para o usuário das tecnologias desenvolvidas e consolidadas na instituição como por exemplo no beneficiamento de polímeros, tratamento de resíduos industriais e domésticos, preservação e esterilização de alimentos. Em particular, inclusive por seu desdobramento de natureza econômica, será dada ênfase às atividades de coloração por irradiação de gemas e a dopagem monocristais de silício.

A instalação do irradiador de Cobalto de 100.000 curies, pela variedade de trabalhos e desenvolvimentos tecnológicos que poderão ser executados, vai permitir atender, em condições técnicas adequadas, uma parcela maior de clientes em áreas tais como irradiação de alimentos, tratamento de resíduos industriais e domésticos (sludge) e ainda atender os usuários de gamagrafia industrial que vão poder contar com uma instalação para verificação e manutenção de seus irradiadores. Ainda nesse setor o IPEN deve, no início de 1998, passar a produzir em seu reator as fontes de irídio usadas para montagem dos irradiadores, hoje feita com material importado.

As aplicações das radiações e radioisótopos constituem hoje, sem dúvida, um setor de atividades importante e de valor estratégico e econômico. Seu crescimento é acentuado e sinônimo de modernidade. Seu alcance social e seu papel no entendimento e conscientização dos benefícios da energia nuclear devem igualmente promover e incentivar sua utilização.

Figura 1

FORNECIMENTO DE GERADORES DE Tc - 99 m PARA ÁREA DE MEDICINA NUCLEAR

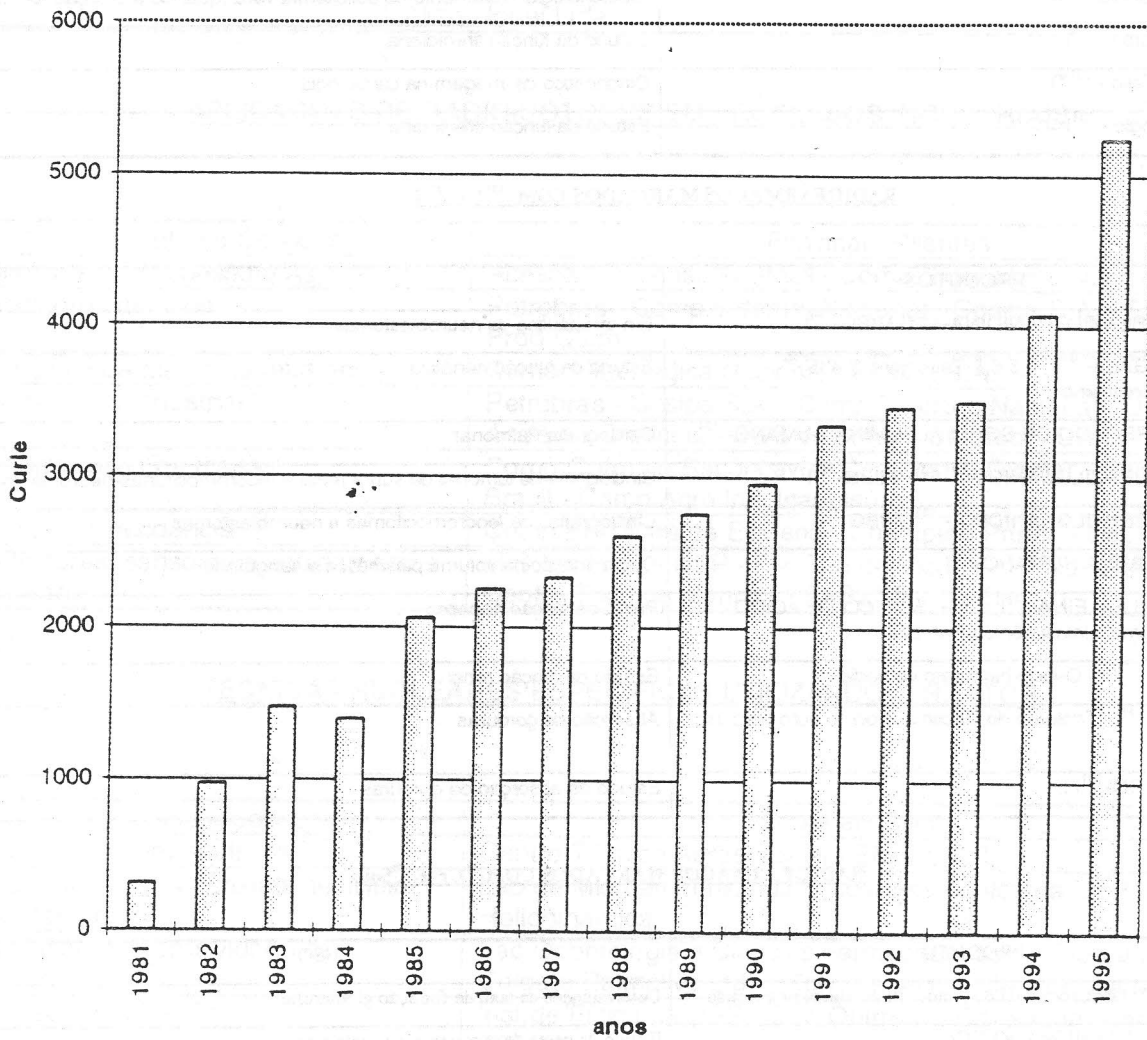


TABELA 1

RADIOISÓTOPOS

PRODUTO	USO
Ácido Fosfórico - ^{32}P	Biotecnologia
Ácido Sulfúrico - ^{35}S	Agricultura e estudos metabólicos especialmente colágeno
Citrato de Gálio - ^{67}Ga	localização de tumores em tecido mole e lesões inflamatórias.
Cloreto de Cálcio - ^{45}Ca	Estudos "in vitro" para marcação do ion $\text{Ca}(\text{II})$
Cloreto de Crômio - ^{51}Cr	Marcação de proteína séricas
Cloreto de Potássio - ^{42}K	Estudos "in vitro" para marcação do ion K^+
Cloreto de Sódio - ^{24}Na	Estudos "in vitro" para marcação do ion Na^+
Cromato de Sódio - ^{51}Cr	Marcação de eritrócitos , Gamagrafia esplênica
Fosfato de Sódio - ^{32}P	Biotecnologia Tratamento de policitemia vera (quando a solução for estéril)
Iodeto de Sódio - ^{123}I	Estudo da função tireóidiana
Cloreto de Tálcio - ^{201}Tl	Diagnóstico de imagem na cardiologia
Iodeto de Sódio - ^{131}I	Estudo da função tireóidiana

RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ^{131}I e ^{123}I

PRODUTOS	USO
METAIODOBENZILGUANIDINA- ^{131}I MIBG- ^{131}I	Em terapêutica de neuroblastomas
ROSA BENGALA- ^{131}I 4,5,6,7-Tetracloro 2',4',5',7' Tetraiodofluoresceína	Estudo da função hepática
MACROAGREGADO DE SORO ALBUMINA HUMANO- ^{131}I	Cintilografia Pulmonar
METAIODOBENZILGUANIDINA ^{123}I MIBG- ^{123}I	Cintilografia de tumores de supra renal e feocromocitomas-neuroblastomas
METAIODOBENZILGUANIDINA- ^{131}I MIBG- ^{131}I	Cintilografias de feocromocitomas e neuroblastomas
SORO ALBUMINA HUMANO- ^{131}I	Determinação de volume plasmático e sanguíneo
BROMOSSULFALEINA- ^{131}I - SAL SÓDICO DE ÁCIDO Fenotetabromoftaleinsulfônico Ref. BSI	Prova de função hepática
HIPPURAN - ^{131}I O-iodo-hippurato de sódio	Estudo da função renal
TRIOLEINA- ^{131}I - Trioleato de Glicerila Produto puro para uso oral.	Absorção de gorduras
ÁCIDO OLEICO- ^{131}I	Estudo da absorção de gorduras

RADIOFÁRMACOS MARCADOS COM ^{51}Cr e ^{153}Sm

PRODUTO	USO
EDTA- ^{51}Cr - Sal de Crômio III do Ácido Etilenodiamintetracético	Determinação da taxa de filtração glomerular
SORO ALBUMINA HUMANO- ^{51}Cr	Estudo da perda de proteína gastro-intestinal
EDTMP- ^{153}Sm	Paliativo da dor

GERADOR DE TECNÉCIO (^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$)

PRODUTO	USO
Molibdato de Sódio absorvido em suporte de alumina	Localização de lesões cerebrais, estudos da tireóide, imagens de glândulas salivares e cintilografia gástrica.

RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS DISTRIBUÍDOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

TABELA 2

PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS

Produtos e Serviços	Principais clientes
Fios e cabos elétricos	Pirelli - Furukawa - Same - Cofibam - Comander
Espumas de polietileno	Union Carbide - Inbra Ind.Quím.Ltda. - Chemicon S.A. - Shell - Dow Chemical - Unipac
Cura de tintas e vernizes	Ciba-Geigy Aditivos - BYK Chemie - Eucatex S.A. - Hoechst do Brasil - Loctite do Brasil - Sayerlack Ind.Bras.Vern.
Vulcanização de látex	Embrarad - Tintas Coral S.A. - Henkel S.A.
Caracterização de polímeros	Tintas Renner S.A. - Cromex - Alba Química Ltda. - Rhodia S.A. - Akzo-Nobel Ltda.

APLICAÇÕES DE RADIOISÓTOPOS EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Produtos e Serviços	Principais Clientes
Medidores de espessura	Acesita - Hoechst do Brasil - Comp.Siderúrgica Nacional
Medidores de nível	Petrobrás - Comp.Siderúrg.Nacional - Cosipa S.A. - Elekeiroz Prod.Quím.
Desgaste de materiais refratários	Comp. Siderúrgica Nacional - Cosipa S.A.
Gamagrafia industrial	Petrobrás - Cosipa S.A. - Comp.Siderúrg.Nacional - Usiminas - Aceista - Brasitest - SGS do Brasil - Ultratest - SBQ
Determinação de massa	Comp.Quím.do Recôncavo - Carbocloro-Oxypar - Solvay do Brasil - Comp.Agro Ind. Igarassú
Tempo de residência	Comp.Brasileira de Estireno - Champion Papel e Cel. - CSN
Detectors, sensores e equipamentos nucleares	M.S.Ind.Ltda. - USP - Fac.Fed.de Viçosa - UFRJ - INPE - Centro Tecn.da Marinha - SABESP - CNEN

TÉCNICAS NUCLEARES ESPECÍFICAS UTILIZANDO O REATOR

Produtos e Serviços	Principais Clientes
Radiografia com neutrons	Centro Técnico Aeroespacial - EMBRAER
Dopagem de monocristais de silício com fósforo	Lab.de Microeletrônica da Escola Politécnica da USP - Heliodinâmica
Avaliação da abrasividade de dentífrícios	Fac.Odontologia e Ciências Farmacêuticas de Riberão Preto - Colgate Palmolive Ltda - Kolynos do Brasil - Byk Quim.
Análise por ativação	Inst.de Física da USP - Dow Química - Carbocloro - Brastemp - CBMM

APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE TÉCNICAS NUCLEARES

Tabela 3

Análise por Ativação Neutrônica

Produtos e Serviços	Principais clientes
Determinação de elementos terras raras, urânio, tório, ouro e elementos do grupo da platina	Inst.de Geociências da USP - Inst.Astronômico e Geofísico da USP - Inst. De Geociências da UNICAMP - Inst.de Geociências de UnB - Comp.de Pesq.
Estudos de poluição atmosférica	Ind.Quím.Hoescht - CETESB - Depart.de Meteorologia do Inst.Astronômico e Geofísico de USP
Determinação de metais pesados e outros elementos em amostras de solos	NUPEGEL do IAG-USP - Depart.de Geoquímica da Univ.Fed.Fluminense
Determinação de micro-minerais e elementos traço em solos	Depart.de Pesquisa e Difusão de Tecnologia da EMBRAPA
Análise de mercúrio e metil mercúrio em cabelos de populações selecionadas	Depart.de Medicina Preventiva de Escola Paulista de Medicina - Inst.Astronômico e Geofísico da USP - AIEA
Análise de elementos conta-minantes em embalagens plásticas	Depart.de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP
Análise de elementos traço em líquens	Inst.de Botânica de Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

Utilização de radiação gama, elétrons e ultravioleta

Produtos e Serviços	Principais clientes
Tratamento de gases tóxicos, SO ₂ e NO _x , provenientes de combustão	CNPq - Programa RHAE/CNPq AIEA
Aplicação das radiações na cura de tintas, vernizes e revestimentos	Ciba-Geigy Aditivos - BYK Chemie - Eucatex S.A. - Hoechst do Brasil - Coctite do Brasil - Sayerlack Ind.Bras.Vern.
Tratamento de efluentes industriais, domésticos e lodos utilizando acelerador industrial de elétrons	CNPq - AIEA - SABESP - Hoechst

Utilização de traçadores radioisotópicos

Produtos e Serviços	Principais clientes
Caracterização físico-química das águas e previsão da contaminação em reservatórios de usos múltiplos	SABESP
Determinação do transporte de sedimentos por arraste de fundo em rios	Itaipú Binacional
Determinação da velocidade do fluxo da água sub-terrânea	Carbochloro S.A. - Comp.Siderúrgica Nacional
Determinação da recarga de aquíferos pelo método da marcação com trítio artificial	Inst.de Geociências da USP - Inst.de Pesquisas Tecnológicas