



**Ministério das Minas e Energia**  
**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**

**RELATÓRIO ANUAL 1971**

ÍNDICE DO VOLUME I

1.	INTRODUÇÃO E RESUMO .....	1
2.	PESQUISA FUNDAMENTAIS .....	15
2.1	- Física .....	17
2.1.1	- Física Nuclear .....	17
2.1.2	- Física do Estado Sólido .....	24
2.2	- Química .....	28
2.2.1	- Radioquímica .....	29
3.	IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES .....	37
3.1	- Estudos e Programas .....	39
3.1.1	- Programa de Implantação de Centrais Nucleares.....	39
3.1.2	- Projetos e Referência de Centrais Nucleares.....	48
3.2	- Seleção e Construção da Primeira Central Nuclear .....	51
3.3	- Localização de Centrais Nucleares.....	53
3.4	- Segurança e Licenciamento de Centrais Nucleares.....	54

3.4.1 - Análise da Segurança da Central Nuclear de Angra.....	54
3.4.2 - Normas de Licenciamento de Reatores Nucleares.....	56
3.4.3 - Tecnologia da Segurança.....	57
3.5 - Participação da Indústria Nacional.....	57
4. TECNOLOGIA DE REATORES .....	67
4.1 - Reatores a Água (leve e pesada).....	67
4.1.1 - Pesquisa Fundamental.....	68
4.1.2 - Pesquisa Tecnológica .....	71
4.1.3 - Pesquisa de Desenvolvimento..	83
4.1.4 - Centrais Comerciais.....	93
4.2 - Reatores a Alta Temperatura.....	95
4.2.1 - Pesquisa Tecnológica.....	96
4.2.1.1 - Estudos térmicos visando reatores a gás.	96
4.2.1.2 - Estudos neutrônicos visando reatores a gás.....	102
4.2.1.3 - Montagem subcrítica visando a reatores a gás(SUCROBO).....	104
4.2.2 - Pesquisa de Desenvolvimento .....	106
4.2.3 - Centrais Comerciais.....	106
4.3 - Reatores Rápidos.....	106
4.3.1 - Estabelecimento de Programa de Reatores Rápidos.....	108
4.3.2 - Pesquisa Tecnológica.....	108
4.3.2.1 - Montagem crítica "COBRA".	110
4.3.2.2 - Circuitos térmicos a sódio....	110



5.	CICLO DE COMBUSTÍVEL .....	117
5.1	- Prospeção Mineral .....	119
5.1.1	- Introdução .....	119
5.1.2	- Distrito Nordeste .....	120
5.1.3	- Distrito Salvador .....	127
5.1.4	- Distrito Goiânia .....	131
5.1.5	- Distrito Belo Horizonte .....	135
5.1.6	- Distrito Ponta Grossa .....	138
5.1.7	- Distrito Mineiro de Poços de Caldas .....	147
5.2	- Atividades de Apoio .....	165
5.3	- Análises de Amostras .....	169
5.3.1	- Atividades de Apoio as Equipes de Campo .....	169
5.3.2	- Análises por Raios-X .....	171
5.3.3	- Análises Químicas .....	172
5.4	- Tratamento de Minérios e Produção de Concentração de Urânio de Pureza Comercial .....	174
5.5	- Purificação de Urânio e Tório .....	176
5.5.1	- Preparação de Compostos de Urânio Nucle <sub>ar</sub> mente Puros .....	176
5.5.1.1	- Usina de purificação de urânio por extração com solventes ...	176
5.5.1.2	- Precipitação contínua de diuranato de amônio .....	178
5.5.1.3	- Produção de diuranato de amônio com características especiais para posterior transformação em UF <sub>4</sub> .....	179
5.5.1.4	- Transformação de Diuranato de Amônio em UO <sub>3</sub> , Granular .....	179
5.5.1.5	- Conversão de UO <sub>3</sub> a UO <sub>2</sub> por redução com hidrogênio obtido pelo enriquecimento de NH <sub>3</sub> ..	180

5.5.1.6	- Estudo comparativo entre rendimentos dos processos de purificação de urânio por troca iônica e por extração com solventes em colunas pulsadas na preparação de urânio nuclearmente puro .....	180
5.5.1.7	- Estudos de sorpção de urânio / contido em soluções de nitrato de urânio por resina catiônica forte e sua eluição com sulfato de amônio .....	181
5.5.2	- Purificação de Tório .....	181
5.5.2.1	- Preparação de compostos de tório nuclearmente puros. Purificação de nitrato de tório por extração com TBP Varsol .....	181
5.6	- Elementos Combustíveis; Produção de $UO_2$ , fabricação, Metalurgia Física e Ensaios .....	182
5.6.1	- Sinterização de Urânio em Atmosfera Redutora .....	182
5.6.2	- Emprego de Co-Lingotagem para Fabricação de Elementos Combustíveis Planos ...	183
5.6.3	- Compactação a Quente como Processo de Produção Industrial em Tecnologia Nuclear	183
5.6.4	- Tecnologia de Fabricação de Pastilhas de Elevada Densidade de $UO_2$ ou de $UO_2-ThO_2$	184
5.6.5	- Elemento Combustível .....	184
5.6.6	- Produção de Urânio Metálico .....	185
5.6.7	- Usina Piloto para Combustíveis Cerâmicos	186
5.6.8	- Compatibilidade entre Componentes .....	186
5.6.9	- Estudos Econômicos e de Viabilidade ....	187
5.7	- Produção de Tetrafluoreto de Urânio ( $UF_4$ ) e Hexafluoreto de Urânio ( $UF_6$ ) .....	189
5.8	- Reprocessamento de Elementos Combustíveis Irradiados .....	192

6.	MATERIAIS NUCLEARES .....	195
6.1	- Metalurgia Física .....	197
6.1.1	- Produção e Liberação de Hélio em Óxido de Berílio .....	197
6.1.2	- Recristalização de Metais e Ligas .....	197
6.1.3	- Influência do Nitrogênio nas Propriedades Mecânicas do Aço Inoxidável Austenítico / do tipo 304 AISI .....	198
6.1.4	- Estudo de Corrosão em Aços Inoxidáveis ..	198
6.1.5	- Difusão .....	198
6.1.6	- Instabilidade Dimensional do Urânio Metálico sujeito a Alternância Técnica .....	199
6.2	- Produção de Zircônio e Tubos de Zircaloy .....	199
6.3	- Produção de Água Pesada .....	200
6.4	- Concentrado de Monazita .....	201
6.5	- Ensaaios de Materiais Nucleares .....	202
6.6.1	- Pastilhas de Elementos Combustíveis, Aços e Ligas .....	204
7.	RADIOISÓTOPOS .....	205
7.1	- Produção .....	207
7.2	- Aplicação em Medicina e Biologia .....	213
7.3	- Aplicações na Engenharia e Hidrologia .....	223
7.3.1	- Engenharia .....	223
7.3.2	- Hidrologia .....	225
7.3.2.1	- Sedimentologia .....	225
7.3.2.2	- Poluição em águas .....	230
7.3.2.3	- Hidrologia subterrânea .....	233
7.3.2.4	- Medidas de vazão .....	234
7.4	- Aplicações na Indústria .....	237
7.4.1	- Controle de Processos Industriais .....	237
7.4.2	- Siderurgia .....	246

7.4.3 - Gamagrafia .....	247
7.5 - Aplicações na Agricultura .....	250
7.6 - Aplicações na Química Analítica .....	262
8. SEGURANÇA E RADIOPROTEÇÃO .....	263
8.1 - Normalização e Padronização .....	265
8.1.1 - Estabelecimento de Normas de Segurança e Radioproteção .....	265
8.1.2 - Dosimetria e Blindagem .....	266
8.1.2.1 - Dosimetria .....	269
8.2 - Radioproteção .....	269
8.2.1 - Proteção Radiológica do Pessoal .....	269
8.2.2 - Segurança das Instalações .....	277
8.2.3 - Controle de Materiais Radioativos .....	284
8.2.4 - Tratamento de Rejeitos .....	285
8.2.5 - Descontaminação .....	287
8.3 - Controle Ambiental .....	287
8.3.1 - Radioatividade Natural .....	287
8.3.2 - No Controle do "Fall-Out" .....	288
8.3.3 - Controle Ambiental para Centrais Nucleares .....	289
8.3.4 - Controle Ambiental para Reatores de Pesquisas .....	291

## INTRODUÇÃO E RESUMO

No que diz respeito à energia nuclear, o ano de 1971 se destacou como dos mais significativos no sentido da concretização das metas definidas pelo Governo, através da Política Nacional de Energia Nuclear.

O programa de implantação de usinas nucleares; cujo marco inicial é a "Usina Nuclear de Angra", encontra-se em pleno desenvolvimento através de um trabalho de conjunto entre a Comissão Nacional de Energia Nuclear e a Eletrobrás, representada por Furnas Centrais Elétricas S.A. Foi selecionado para essa usina, em concorrência internacional, um projeto da Westinghouse International Co., compreendendo um reator a água leve pressurizada com a potência de 626.000 kW elétricos líquidos.

No que se refere à execução do empreendimento, o canteiro de obras já está, praticamente, instalado e o início da construção se verificará no começo do próximo ano. No momento, uma equipe de mais de vinte engenheiros especializados, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, desenvolvem estudos e trabalhos com o objetivo de analisar a segurança da usina e assegurar a perfeita proteção ao público.

Paralelamente a este programa a Comissão Nacional de Energia Nuclear, através de trabalhos realizados em seus diversos Institutos, tem dispensado especial atenção ao desenvolvimento da tecnologia de reatores. Estes trabalhos, que compreendem montagem piloto e de laboratório objetivando aos estudos de física, térmica, mecânica e hidrodinâmica, permitirão à CNEN agir como um elo entre a indústria e as companhias de eletricidade, no sentido de assegurar a participação crescente da indústria nacional nos projetos de instalações de usinas nucleares. Neste particular, a criação da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear representa um passo importantíssimo, pois integrará a indústria e a engenharia nacionais em um programa que será decisivo para o futuro do País.

O programa de prospecção de minérios apresentou, também, neste ano, resultados altamente satisfatórios. Os trabalhos receberam notável impulso em consequência do esforço integrado da Comissão Nacional de Energia Nuclear e da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). Um índice altamente significativo dos progressos realizados se evidencia no aumento dos

trabalhos de sondagens que, de um total de 48.000 metros, no ano passado, ascenderam, no presente exercício, a 110.000 metros, o que representa um aumento de cerca de 200%. Em consequência, em Poços de Caldas, onde se têm concentrado as sondagens, já se pode assegurar a existência de mais de 1.000 toneladas de óxido de urânio ( $U_3O_8$ ). Os estudos referentes à mineração estão em fase de conclusão.

Paralelamente aos trabalhos referentes à obtenção de urânio, a CNEN realiza estudos visando a desenvolver, no devido tempo, todas as fases do ciclo do combustível nuclear. Especial atenção tem sido dada à tecnologia de fabricação do elemento combustível para reatores, objetivando alcançar, a médio prazo, a meta traçada pela Política Nacional de Energia Nuclear, de produção do combustível nuclear necessário ao atendimento das necessidades nacionais.

Na área das aplicações de radioisótopos e radiações ionizantes, a Comissão deu maior ênfase às utilizações na medicina, agricultura e engenharia. Produziram-se mais de dez espécies de radioisótopos e moléculas marcadas que foram distribuídas para aplicações em todos os estados da federação e mesmo em alguns países vizinhos. Realizaram-se mais de 14.000 provas diagnósticas e tratamentos com pacientes e foram distribuídas, à indústria, mais de cem fontes de radiação.

Outra área em que a ação da Comissão se distinguiu, em 1971, diz respeito à formação, aperfeiçoamento e treinamento de pessoal especializado. Por ação direta ou sob patrocínio da Comissão Nacional de Energia Nuclear, foram realizados mais de vinte cursos sobre energia nuclear, sendo que cinco em nível de pós-graduação. Foram concedidas 780 bolsas de estudo, no País, sobre assuntos nucleares e, esgotada a capacidade nacional de aperfeiçoamento, foram atribuídas 80 bolsas de estudo em centros de pesquisas, no exterior. De outro lado, mais de 40 especialistas estrangeiros, provenientes de países tecnologicamente avançados, vieram ao Brasil para cooperar com nossos programas e desenvolvimento técnico-científico.

Na esfera da cooperação internacional destacaram-se o Convênio Especial de Cooperação Científico-Tecnológica com o Centro de Pesquisas Nucleares de JÜLICH, da Alemanha, e o Programa de Implementação do Acordo Ítalo-Brasileiro de Cooperação para Uso Pacífico da Energia Nuclear.

Merece destaque, também, a participação da Comissão Nacional de Energia Nuclear na 4a. Conferência de Genebra

sobre os Usos Pacíficos da Energia Nuclear. O Brasil foi distinguido com a presidência de duas sessões nas pessoas do Prof. Herval Guimaraes de Carvalho, Presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, e do Prof. Luiz Cintra do Prado, membro do Comitê Científico das Nações Unidas (UNSAC). A Comissão apresentou seis trabalhos nessa importante conferência, da qual participaram mais de cinco mil cientistas provenientes de mais de sessenta países e organizações.

Concluindo, deve-se ressaltar que, a par do suporte financeiro, através de dotações que se elevaram a quase cem milhões de cruzeiros, recebeu a Comissão Nacional de Energia Nuclear amplo apoio do Ministério das Minas e Energia, no cumprimento de seus programas.

Mais do que isso, por ação direta do Sr. Ministro das Minas e Energia, viu a Comissão concretizada a criação da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear, que se constituirá, sem dúvida, em instrumento decisivo para o desenvolvimento da energia nuclear em nosso País, capacitando-o a ocupar em futuro próximo o lugar que lhe cabe no concerto das nações.

### IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

#### - USINA NUCLEAR DE ANGRA

O programa de implantação de usinas nucleares no País tem como marco inicial a Usina Nuclear de Angra, cujo início de construção está programado para 1972 e início de operação para 1976. A construção e a operação estão a cargo de FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. na qualidade de executora, por parte da ELETROBRÁS, do Convênio que esta empresa firmou com a CNEN sobre a implantação de Centrais nucleares.

Na concorrência internacional realizada por FURNAS, a proposta vencedora foi anunciada, em maio, pelo Senhor Ministro das Minas e Energia. Foi escolhida a firma norte-americana Westinghouse International Co., que ofereceu equipamento eletromecânico para uma central com reator a água leve pressurizada, de 1.882.000 kW térmicos, gerando 657.000 kW elétricos brutos e 626.000 kW elétricos líquidos, ao custo de US\$120.231.600, com índice de nacionalização de 17,86%.

Cabe à Comissão Nacional de Energia Nuclear verificar se o projeto particular proposto para esta central oferece absoluta segurança ao público, mesmo em condições anormais (acidente grave). Tendo em vista o caráter prioritário desta atividade,

foi reunido na sede um grupo de cerca de 20 engenheiros especializados em energia nuclear, provenientes dos Institutos da Comissão Nacional de Energia Nuclear, com a missão de realizar a análise detalhada do relatório de segurança da Central, a ser apresentado por FURNAS à Comissão Nacional de Energia Nuclear. Procedeu-se ao treinamento intensivo da equipe, na especialidade de segurança de centrais nucleares, no País e no Exterior.

#### - PLANEJAMENTO

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, na qualidade de responsável pela promoção racional e ordenada da implantação de centrais nucleares no País, prosseguiu com os seus planejamentos a curto e longo prazo indicados a seguir:

Curto prazo: na importante área de segurança de reatores, foram elaboradas normas, de grande complexidade, a serem obedecidas pelas empresas de energia elétrica para obtenção de licença de funcionamento de suas centrais nucleares.

No programa de integração da indústria nacional na execução das próximas centrais, foi publicado um relatório preliminar em conjunto com a Agência Internacional de Energia Atômica, indicando perspectivas favoráveis para a participação de nossa indústria nesta área avançada da tecnologia.

Longo prazo: foi publicada uma revisão do programa de centrais nucleares para a Região Centro-Sul, que prevê a instalação de 40 a 60 mil MW, nos próximos 30 anos. Iniciou-se o estudo sobre o programa para a Região Sul. Terminou-se um estudo dos possíveis empregos do Plutônio gerado nos reatores do futuro programa nuclear brasileiro, que conclui por recomendar o seu emprego como combustível de reatores rápidos e confirma o interesse da adoção futura (após 1990) deste tipo avançado de reator, concomitantemente com reatores a água leve.

#### PROSPECÇÃO DE MINÉRIOS NUCLEARES

Uma vez que o conhecimento exato de nossas reservas de urânio é essencial para a definição de um programa nuclear, a prospecção de minérios vem merecendo um tratamento prioritário, na Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Os trabalhos de prospecção de minérios nucleares receberam, a partir de 1970, um grande impulso decorrente do trabalho integrado entre a CNEN e a Companhia de Pesquisas de Recursos



Minerais (CPRM), mediante convênio.

Os diversos trabalhos ligados à prospecção, realizados no ano de 1971, podem ser resumidos na forma seguinte:

- Reconhecimento radiogeológico: cerca de 602.102, km<sup>2</sup>
- Anomalias verificadas: 309
- Mapeamento geológico: 1.778 km<sup>2</sup>
- Prospecção aérea: 72.873 km<sup>2</sup>
- Mapeamento radiométrico: 461 Ha
- Prospecção geofísica: 65 Ha
- Sondagens: cerca de 106.486 m

As sondagens, que em 1970 atingiram a 48.000 metros, ascenderam a mais de 100.000 metros, em 1971, o que significa um aumento aproximado de 200%.

As sondagens concentraram-se em Poços de Caldas (56.487 m), com o sentido de definir o valor exato das reservas naquele local.

Também em Poços de Caldas foi iniciada uma mineração experimental no Campo do Agostinho destinada a fornecer dados para o projeto de mineração.

### TECNOLOGIA DE COMBUSTÍVEL

A tecnologia relacionada com o ciclo do combustível tem merecido especial atenção por parte da CNEN, uma vez que a Política Nacional de Energia Nuclear aponta, como um dos objetivos a alcançar, a produção dos combustíveis nucleares necessários ao atendimento do programa nacional de reatores nucleares.

Quanto aos aspectos econômicos das diversas fases do ciclo do combustível, a Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento vem realizando estudos, principalmente, ligados à viabilidade econômica de implantação, no País, das diversas fases do ciclo. Em particular, foram realizados estudos econômicos e de viabilidade para definição da capacidade ótima das usinas de fabricação e de reprocessamento de elementos combustíveis e a ocasião mais oportuna para que as mesmas sejam instaladas.

O desenvolvimento de todo o ciclo do combustível compreende um extenso programa a ser executado a médio e longo prazos, em função das prioridades estabelecidas e das dificuldades tecnológicas relacionadas com cada etapa.

## -PROCESSAMENTO DE MINÉRIOS

Prosseguem os estudos, no Departamento de Exploração Mineral da CNEN, de viabilidade técnico-econômica do processamento, em escala industrial, do minério de urânio e molibdênio do Campo do Agostinho (Poços de Caldas).

O Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) concluiu a primeira etapa do estudo de melhoria na economicidade do processo industrial do tratamento do pirocloro de Araxá.

A Administração da Produção da Monazita (APM) operou as linhas de produção de materiais de interesse nuclear e realizou pesquisas sobre modificações no processamento químico da monazita, destinadas a obter compostos de urânio e tório mais puros. Foi dada ênfase ao processo de extração por solvente, através de instalações de laboratório e piloto, chegando a resultados que serão transferidos às linhas normais de fabricação.

O Instituto de Energia Atômica iniciou os estudos para o projeto e instalação de uma unidade-piloto de produção de UF<sub>4</sub>, e o Instituto de Engenharia Nuclear realizou o projeto e execução de um reator de leito fixo descontínuo para produção de UF<sub>4</sub>.

## -ELEMENTO COMBUSTÍVEL

No campo da fabricação de elementos combustíveis, o Departamento de Reatores da CNEN vem tratando dos aspectos tecnológicos referentes a combustíveis para reatores a água pressurizada (PWR), objetivando a garantia de suprimento de combustíveis ao programa de usinas nucleares.

Foram analisadas, sob o ponto de vista de engenharia, as infraestruturas necessárias, respectivamente, para aquisição de elementos combustíveis no exterior e para o desenvolvimento de uma indústria de combustíveis no País.

O Instituto de Energia Atômica desenvolveu intensa atividade de pesquisa e desenvolvimento, como a sinterização de urânio em atmosfera redutora, emprego de colingotagem para a fabricação de elementos combustíveis planos, compactação a quente como processo de produção industrial em tecnologia nuclear e estudos experimentais de combustíveis contendo tório, para reatores nucleares, compreendendo a produção de tório metálico em esponja.

O Instituto de Engenharia Nuclear está tratando

da produção de micro-esferas de  $\text{UO}_2$  em escala de laboratório pelo processo Sol-Gel e de UC estequiométrico a partir de  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

## TECNOLOGIA DE REATORES E MATERIAIS NUCLEARES .

### - REATORES

A fim de dar suporte técnico ao seu programa de implantação de centrais nucleares, a CNEN vem formando equipes e instalando laboratórios especializados nos seus três principais Institutos de Pesquisas.

#### - Programa a curto prazo:

Está voltado para a tecnologia dos reatores já plenamente desenvolvidos, dos tipos admitidos para a concorrência da Usina Nuclear de Angra, isto é, refrigerados a água.

Para fins de formação de equipe, foi elaborado e publicado um ante-projeto de uma central nuclear de 500 MWe, dotado de reator moderado e refrigerado a água pesada, com vaso de pressão em concreto protendido (tecnologia a mais avançada existente em termos de vaso de pressão).

Durante o ano, desenvolveram-se os trabalhos de instalação por firmas nacionais, do circuito térmico a água pressurizada (15 atmosferas, 350 kW) e da montagem subcrítica CAPITU (a água pesada) inteiramente projetados e executados no País.

Como primeiro passo do programa de apoio à indústria nacional da assimilação da tecnologia de centrais nucleares, deu-se início à construção do Laboratório de Testes de Componentes de Reatores. Parte do equipamento, já adquirido, está operativo em instalações provisórias.

#### - Programa a médio prazo:

Está voltado para a tecnologia da "segunda geração" de reatores térmicos: reatores a gás a alta temperatura. Deu-se início ao programa de treinamento da equipe, mediante curso intensivo e estágios de longa duração no principal fabricante mundial deste reator, nos Estados Unidos. Estão em andamento estudos relativos à viabilidade do emprego deste tipo de reator no programa nuclear brasileiro. Deu-se início ao cálculo da montagem crítica "Sucribol" para simular este tipo de reator.

#### - Programa a longo prazo

Refere-se aos reatores rápidos, cujo interesse no programa brasileiro foi revelado pelos estudos a longo prazo (emprego após 1990). Tratando-se de tecnologia complexa, ainda em desenvolvimento no exterior, foi decidido dar início desde já ao longo processo de formação de equipes e instalação de laboratórios. A primeira realização foi concluída neste ano e refere-se ao projeto e construção, no País, de dois circuitos térmicos a sódio líquido, que visam familiarizar a equipe com este refrigerante pouco comum, empregado nos reatores rápidos.

#### - Reatores de pesquisa

Em vista da insuficiência dos atuais reatores de pesquisa para atender à crescente demanda de pedidos de irradiação (produção de radioisótopos e pesquisas), resolveu-se aumentar a sua potência, mediante recursos nacionais (projeto e execução). O IEA-R1 (São Paulo) passará de 2 MW para 10 MW e o IPR-R1 (Belo Horizonte) passará de 30 kW para 250 kW, sendo que as modificações introduzidas já permitiram a operação a 150 kW. Os trabalhos de implantação das modificações estão em pleno desenvolvimento, inteiramente conduzidos por equipes nacionais.

#### - MATERIAIS

Na parte concernente a materiais nucleares foram realizados inúmeros trabalhos, no tocante a ensaios e a análise de materiais nuclearmente puros. Destacam-se entre estes trabalhos realizados, no campo de metalurgia e cerâmica físicas; os estudos ligados a produção e liberação do hélio em óxido de berílio, à recristalização de ligas, ao diagrama de equilíbrio urânio-bismuto, à nitrogenação de aços, às propriedades termo-dinâmicas de  $\text{UO}_2$  e  $\text{ThO}_2$ , à corrosão de aços, e às propriedades do  $\text{UO}_2$  e à difusão em sólidos.

No campo de materiais estruturais, o Instituto de Engenharia Nuclear tem realizado análises químicas e metalográficas; tratamento térmico; comportamento mecânico; e estudos de corrosão, fragilização e soldabilidade.

#### RADIOISÓTOPOS - PESQUISAS E APLICAÇÕES

A ação da CNEN se fez sentir em diferentes campos, desde a produção de radioisótopos e a marcação de moléculas, às suas utilizações na medicina, biologia, engenharia, indústria,

agricultura e na veterinária.

O Instituto de Energia Atômica, principal produtor de radioisótopos no Brasil, produziu Iodo 131, Ouro 198, Fósforo 32, Cromo 51, Sódio 24, Potássio 42, Bromo 82, Enxofre 35, Zinco 65, totalizando mais de 100.000 mCi e no que se refere às moléculas marcadas, forneceu acima de 3.000 mCi de Iodo 131, Cromo 51, Cério 141 e Tecnécio, as quais foram remetidas para quase todos os Estados assim como para países vizinhos.

#### - MEDICINA

Entre as atividades relacionadas com as aplicações dos radioisótopos em medicina e biologia, ressaltam-se a instalação de pequenos laboratórios de medicina nuclear, em escala piloto, nas Universidades já suficientemente desenvolvidas mas que ainda não dispunham desse equipamento.

Outra atividade apoiada pela CNEN relaciona-se com as pesquisas, feitas com o auxílio de radioisótopos, no campo da medicina tropical e das doenças infecto-contagiosas.

A Divisão de Radiobiologia do Instituto de Energia Atômica manteve as suas atividades assistenciais e de pesquisa nesta área, tendo realizado mais de 14.000 provas diagnósticas e tratamentos com emprego de radioisótopos e atendido a 6.637 pacientes.

No Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, desenvolveram-se trabalhos de grande interesse, sobretudo no tocante à radiobiologia fundamental e molecular.

#### - AGRICULTURA

As atividades relacionadas com o emprego de radioisótopos em agricultura foram desenvolvidos em sua maior parte no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Entre as pesquisas abordadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, destacam-se a elaboração de projetos integrados, como o relativo ao feijão; o início de novas linhas de trabalho tais como aplicações de microscopia eletrônica e cultura de tecidos, ambas considerando, entre outras, o problema da "ferrugem do cafeeiro"; e o início de produção de nitrogênio enriquecido em N-15.

Procurando introduzir no País as técnicas que empregam a radiação para preservação dos alimentos, realizou-se para o programa de irradiação a análise de viabilidade econômica do processo e sua aplicação industrial, bem como os estudos destinados a estabelecer as doses a serem aplicadas industrialmente aos principais alimentos constituintes da dieta brasileira.

## - ENGENHARIA E INDÚSTRIA

Quanto aos trabalhos relativos ao emprego de radioisótopos na engenharia e indústria, o IPR realizou estudos de tempo de residência de águas industriais, de movimentação de sedimentos, de poluição do mar e medidas de vazão em turbinas. O IEA dedicou-se a diversos estudos em engenharia civil e mecânica e em siderurgia, tendo, sido distribuídos à indústria 101 fontes de Irídio 192, Cobalto 60, Túlio 170 e Európio 152/154, numa atividade de total de 633,06 Ci.

## SEGURANÇA E RADIOPROTEÇÃO

A CNEN tem triplice responsabilidade na área de proteção contra as radiações; no âmbito de sua própria organização, no âmbito de utilizadores externos de fontes de radiação e a relativa ao público em geral.

O controle dosimétrico do pessoal da CNEN e seus Institutos levou à revelação de 10.000 filmes dosimétricos e ao estudo de novas técnicas (termoluminescência). Foi instalado um posto de controle em Poços de Caldas, local da futura usina de concentração de minério de urânio.

Está em análise a absorção de Tório e seus descendentes pelos operários da CNEN que lidam com areias monazíticas, sendo que os resultados preliminares indicam doses toleráveis.

A CNEN continuou a prestar assistência a hospitais e laboratórios, projetando, modificando e fiscalizando a construção e operação de instalações para fontes de radiação (raios - X, Cobalto-60, etc.).

Está em andamento o controle ambiental da radioatividade na área do Rio de Janeiro, em particular na região de Itaboraí, local da futura Central de Angra, visando a analisar o transporte de radionuclídeos na cadeia alimentar.

## PESQUISA BÁSICA

Apesar de concentrar seus esforços em pesquisa aplicada e de desenvolvimento, a CNEN tem estimulado a pesquisa básica como elemento essencial à formação e ao treinamento de pessoal, à busca de novos conhecimentos e ao aprimoramento tecnológico.

O tipo de atividade, pela própria natureza, não se sujeita a uma programação rígida, porém a CNEN reconhece a necessidade de coordenação e de indicação de áreas de maior interesse em decorrência do programa nuclear e da limitação de recursos financeiros e humanos.

Desta forma, no campo da Física, deu-se ênfase aos estudos de Física Nuclear e Física do Estado Sólido, compreendendo aqueles que se relacionam com as ressonâncias de U e Th; distribuição angular dos fragmentos de fissão; espectrometria beta, gama e de nêutrons; determinação de seções de choque; termoluminescência; efeito Mossbauer; ressonância dupla eletrônica e nuclear.

Em Química, entre outros trabalhos realizados, destacam-se os métodos de separação e análises químicas abrangendo a análise por ativação; as determinações analíticas e instrumentais de urânio em vários materiais; as determinações de teores de terras raras.

### FORMAÇÃO E TREINAMENTO DE PESSOAL

Consciente da importância do papel que a disponibilidade de pessoal especializado exercerá na execução do programa nuclear, a CNEN tem envidado os maiores esforços na formação, treinamento e aperfeiçoamento de seus quadros.

Neste sentido, a CNEN tem ministrado, patrocinado ou concedido auxílios financeiros a cursos relacionados com energia nuclear, em diversas instituições de ensino e pesquisa.

Foram realizados por ação direta, ou sob patrocínio da CNEN, mais de 23 cursos sobre energia nuclear, sendo que seis em nível de pós-graduação.

Cerca de 70 bolsas de estudo e pesquisas foram concedidas a brasileiros no exterior, para fins de aprimoramento dos conhecimentos técnicos nas respectivas áreas de trabalho, bem como para o aprendizado de novos métodos e técnicas.

Cerca de 40 peritos e missões estrangeiras vieram ao Brasil com o objetivo de cooperar nos projetos em andamento na CNEN e nos Institutos de Pesquisas.

## RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Tendo em vista que a cooperação internacional é um instrumento poderoso para o desenvolvimento técnico-científico, esta atividade se exerce com amplo interesse da Comissão. No corrente ano, a CNEN, assinou um Convênio Especial de Cooperação Científica-Tecnológica, com o Centro de Pesquisas Nucleares de Jülich - KFA e, ainda, o Programa de Implementação do Acordo Ítalo-Brasileiro de Cooperação para Uso Pacífico da Energia Nuclear.

Ressalta-se ainda, a aprovação pelo Ministério das Relações Exteriores e pelo Ministério da Marinha, do Acordo sobre Usos de Portos, Baías e Águas Territoriais Brasileiros, por Navios Nucleares, a ser assinado entre a República Federativa do Brasil e a República Federativa da Alemanha, cujo texto foi elaborado pela CNEN.

Finalmente, merece menção a participação da Comissão Nacional de Energia Nuclear na 4a. Conferência de Genebra sobre Usos Pacíficos da Energia Atômica. O Brasil foi distinguido com a presidência de duas sessões nas pessoas do Prof. Hervásio Guimarães de Carvalho, Presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, e do Prof. Luiz Cintra do Prado, membro do Comitê Científico das Nações Unidas (UNSAC). A Comissão apresentou seis trabalhos nessa importante conferência, da qual participaram mais de cinco mil cientistas provenientes de mais de sessenta países e organizações.

## ATIVIDADES INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

As usinas da CNEN, no corrente exercício processaram 1.621.495 t de monazita pura, 4.779,928 t de zirconita bruta 594 t de ilmenita, 2.975 t de rutilo e 874.735 t de amblygonita.

Do tratamento físico e químico desses minerais foram obtidos produtos e subprodutos industrializados sendo os compostos de urânio e de tório entregues pela APM à CNEN, e os demais vendidos nos mercados interno e externo.

A partir de agosto, em consequência da reestruturação da Área Mineral da CNEN, a APM passou a supervisionar as usinas de concentração de areias monazíticas situadas em Barra de Itabapoana e em Cumuruxatiba.

A usina de Barra de Itabapoana está operando normalmente, ao passo que a de Cumuruxatiba está com suas atividades



des suspensas temporariamente, enquanto se estuda a possibilidade de seu reinício de operação, para obtenção, basicamente, de ilmenita e rutilo.

Junto à usina de Cumuruxatiba a APM também está supervisionando a construção e futura operação de um porto de embarque de minério, que inicialmente servirá para escoamento de 85.000 t de ilmenita ali estocadas e que foram vendidas.

### RECURSOS E APLICAÇÕES

Para o desenvolvimento dos trabalhos da CNEN, o Governo Federal concedeu recursos orçamentários, no valor de Cr\$ 106.039.200,00, o qual representa um acréscimo de 33% em relação a 1970 que por sua vez, já haviam sido aumentados de 79% sobre os valores de 1969.

Desse total, Cr\$ 37.670.000,00 são provenientes do Imposto Único sobre Lubrificantes e Combustíveis Líquidos e Gasosos (IULCLG) e se destinaram a trabalhos de prospecção de minérios em convênio com a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM).

Uma parcela de Cr\$ 4.000.000,00 se originou do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral.

2.

PESQUISAS FUNDAMENTAIS

2.1	- FÍSICA 2.1.1 - Física Nuclear 2.1.2 - Física de Estado Sólido
2.2	- QUÍMICA 2.2.1 - Radioquímica

## PESQUISAS FUNDAMENTAIS

2.

- 2.1 - Física
- 2.1.1 - Física Nuclear

### A - INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

#### 2.05.01 ESPALHAMENTO RESSONANTE DE RADIAÇÃO GAMA

Neste exercício, efetuaram-se as seguintes medidas:

- Intensidade da Radiação Gama: Esta foi medida com um detetor de NaI, em operação especial à baixa potência do reator, e, em seguida, extrapolada para a potência de 2 MW. Foi obtida uma intensidade para a linha do ferro, de 7,64 Mev, de aproximadamente  $5 \times 10^{-7}$   $\gamma/\text{cm}^2\text{s}$ .
- Medida de Espalhamento Ressonante no Pb: Com um espalhador de Pb mediu-se o espalhamento ressonante de um nível de 7,279 Mev.
- Medidas do Níquel e Cádmio

Realizaram-se as medidas de espalhamento ressonante também para o níquel e estão sendo terminadas para o cádmio.

IEA

#### 2.05.02 ESPALHAMENTO DE NEUTRONS LENTOS

No arranjo filtro de berílio-espectrômetro de tempo de voo, desenvolveram-se medidas da distribuição angular e energética dos nêutrons espalhados pelo álcool butílico terciário ( $\text{CH}_3$ )<sub>3</sub>COH. O estudo desse composto vem dar sequência às pesquisas sobre movimentos rotacionais do grupo  $\text{CH}_3$ , desenvolvidas em anos anteriores.

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos durante o ano relacionou-se ao problema de processamento e análise dos resultados, que é bastante complexo.

Foram elaborados programas que permitissem ao computador fazer gráficos dos espectros (256 canais) com caracteres julgados mais convenientes para visualização.

Um novo programa para correção dos dados foi desenvolvido, incluindo a determinação inicial do espectro de frequências generalizado. Esse programa foi, também, utilizado para obter o espectro de frequências do metanol líquido na temperatura ambiente, a partir da análise dos resultados obtidos em anos anteriores.

IEA

#### 2.05.03 SEÇÕES DE CHOQUES TOTAIS DE NÊUTRONS

Com o objetivo de estender a faixa de utilização do espectrômetro cristal até 5,8 Å, desenvolveu-se uma técnica de filtragem para diminuir a contaminação de ordem superior. Esta técnica utiliza filtro de Be e Pb juntamente com cristais de mica e magnetita.

Através da medida da secção de choque total do ouro, ficou estabelecido o arranjo de filtros a ser utilizado com o cristal de magnetita: na região de 4 Å a 6,5 Å apenas um filtro de Be de 10 cm e acima de 6,5 Å precisa ser acrescentado um filtro de Pb de 20 cm, atingindo-se o comprimento de onda, máximo de 7,5 Å.

Foi instalado um novo colimador de lucite e cádmio para medidas de secção de choque em materiais espalhadores. Como teste final, mediu-se a secção de choque de água na região de 4 Å a 7,5 Å. As medidas com líquidos hidrogenados foram feitas com o objetivo de estudar a dinâmica molecular e liberdade rotacional.

Um novo espectrômetro de 3 eixos está sendo construído, tendo sido providenciada a construção das blindagens, a importação de goniômetros de precisão, detectores e cristais monocromadores.

IEA

## 2.05.04 ESPECTROGRAFIA NUCLEAR COM ESPECTRÔMETRO BETA, TIPO SETOR MAGNÉTICO.

Seguindo a programação de atividades do Grupo de Espectrometria Beta, realizou-se uma série de medidas das linhas do Au 198 e Cd 114. Com isso, pôde-se obter informações sobre os limites de sensibilidade e resolução do espectrômetro. Das medidas efetuadas no Cd pôde-se observar um efeito de variação na intensidade relativa das linhas de conversão, possivelmente, devido a um espectro de nêutrons diverso do utilizado em experiências anteriores, por outros pesquisadores. Estamos, por isso, providenciando um arranjo experimental a fim de se poder medir simultaneamente as intensidades gama das linhas do Cd.

IEA

## 2.05.05 FOTODESINTEGRAÇÃO COM RADIAÇÃO GAMA DE CAPTURA

- Medida da Razão  $r_n/r_f$  para o  $U^{238}$  e  $Th^{232}$

Utilizando-se a radiação gama de captura radioativa de nêutrons foram medidas as seções de choque de fotofissão e emissão de fônons para Urânio e Tório. As medidas de secção de choque de fotofissão foram efetuadas usando câmaras de fissão de Urânio e Tório depositados eletroliticamente.

Experimentalmente obteve-se um pico na secção de choque na energia de 6,73 MeV correspondente a raios gama emitidos na captura radioativa de nêutrons pelo titânio 48.

Medida da Secção de Choque ( $\gamma, n$ ) do Urânio 238 pelo Método Radioquímico.

A fim de se comprovar a observação da experiência do item acima, sobre o comportamento da secção de choque ( $\gamma, n$ ), estão em andamento as medidas desta secção de choque por um método radioquímico, independentemente da medida da secção de choque ( $\gamma, n$ ) e do conhecimento do número de nêutrons emitidos na fissão.

- Distribuição Angular dos Fragmentos de Fissão Provenientes da Fotofissão do Urânio Natural.

Para a medida da distribuição angular dos fragmentos de fotofissão do urânio utilizaram-se, como detetores de fragmentos de fissão, lâminas de vidro, cujo método foi completamente desenvolvido.

Paralelamente à técnica do vidro está sendo desenvolvida a técnica de detecção dos fragmentos de fissão usando filmes plásticos "Makrofol". Para o filme de 10 mm de espessura verificou-se boa reprodutibilidade do método, inclusive na contagem feita diretamente no "scaler", através de faíscas.

Estão sendo testadas outras espessuras.

IEA

2.05.06

## CRISTALOGRAFIA

Realizaram-se algumas modificações no difratômetro de nêutrons para a execução desta experiência. Estas modificações foram, entre outras, a instalação de um goniostato de 5 eixos para estudos de monocristais.

As primeiras determinações experimentais foram realizadas com um monocristal de chumbo e colimador, com divergência angular horizontal da ordem de 25'.

Verificada a necessidade de colimador mais fino substituiu-se o primeiro por um de 8' de divergência angular, posteriormente modificado para 4'. Estas primeiras experiências serviram para se avaliar a influência dos parâmetros experimentais e para se testar programas de indexação recém elaborados.

IEA

2.05.07

## RADIAÇÃO GAMA DE CAPTURA-CORRELAÇÕES ANGULARES

O objetivo geral deste estudo visa à determinação das características dos níveis nucleares de nuclídeos radioativos. No presente ano, foi concluído um arranjo experimental para tais medidas.

Foi iniciada a determinação do espectro total de energias da meia vida

da de cada um dos picos encontrados. O mesmo estudo será feito fontes formadas por captura radioativa de nêutrons num arranjo será montado no tubo de irradiação BH-8.

IEA

2.08.08

## ESTUDOS DAS TÉCNICAS DE MEDIDA ABSOLUTA DE RADIONUCLÍDEOS.

- Intercomparação com o Bureau Internacional de pesos de medida (BIPM):

Foram iniciadas as medidas para a determinação absoluta da atividade de 3 fontes de  $\text{Co}^{60}$  e 3 fontes de  $\text{Mn}^{54}$  produzidas pelo BIPM.

- Deu-se prosseguimento à experiência relativa à influência da condutividade do filme-suporte na medida da atividade.
- Procedeu-se à revisão, calibração e testes das partes e do conjunto dos sistemas de coincidência  $4\pi\beta-\gamma$ .
- Foram prestados diversos serviços de suporte a outras divisões e departamentos da CNEN.

IEA

2.08.04

## NEUTRONGRAFIA

Continuam as obras de adaptação para prover o reator IEA-R1 condições para o uso de arranjos experimentais para neutrongrafia

## B - INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN

3.05.02

## ESPECTROSCOPIA NUCLEAR E FÍSICA DE FISSÃO

- Decaimento do cobre 58:

Em colaboração com a Universidade Livre de Amsterdam, foi estudado o esquema de desintegração do  $\text{Cu}^{58}$ . Mediram-se as energias e intensidade relativas dos raios gama, bem como a intensidade relativa da radiação de aniquilação provinda do decaimento do  $\text{Cu}^{58}$ . Terminaram-se, ainda, os valores do logft das transições e foi proposto um esquema de desintegração.

Verificou-se que níveis a 4.449,9 KeV, a 4.538,3 KeV do  $\text{Ni}^{58}$ , são populados neste decaimento, e que a intensidade da alimentação  $\beta^+$  do nível de 3.594,9 KeV é menor do que 0,1%.

- Espectroscopia Gama do Depósito Ativo de Tório:

Estudaram-se os esquemas de decaimento de  $\text{Bi}^{212}$ ,  $\text{Po}^{212}$  e  $\text{Tl}^{208}$ , membros, do Depósito Ativo do Tório.

No espectro de raios  $\gamma$ , obtido com detectores GeLi, quarenta e quatro transições  $\gamma$  foram observadas, seis das quais, com energias 145,9; 164,2; 205,4; 227,5; 290,4; e 493,3 KeV não haviam sido observadas anteriormente, e duas outras com energias 927,6 e 982,9 KeV foram encontradas simultaneamente com outros pesquisadores. A partir das intensidades relativas das radiações  $\gamma$  obtidas experimentalmente e as intensidades dos elétrons de conversão tiradas da literatura, calcularam-se os coeficientes de conversão interna e comparados com os valores teóricos para determinar, sempre que possível, as multipolaridades das transições. Foram calculadas também os valores do logft das transições. Uma sistemática separação entre  $\text{Pb}^{212}$ ,  $\text{Bi}^{212}$  e  $\text{Tl}^{208}$  usando as resinas de troca iônica AMBERLITE IR-120 e IRA-401, bem como usando métodos de recuo, mostrou que os dois últimos raios mencionados pertencem ao decaimento do  $\text{Tl}^{208}$ . A linha de 227,5 KeV foi atribuída ao decaimento  $\beta$  do  $\text{Bi}^{212}$  com base nas separações e também considerando as intensidades das partículas  $\alpha$  que alimentam os níveis do  $\text{Tl}^{208}$ . Os raios  $\gamma$  de 205,4 e 290,4 KeV pertencem ao decaimento do  $\text{Tl}^{208}$  conforme se deduziu pela diferença entre as energias dos níveis no  $\text{Pb}^{208}$ .

#### - Métodos de Coincidência e suas Aplicações:

Com a finalidade de se verificar a existência de uma transição de 227 KeV no esquema de decaimento do  $\text{Tl}^{208}$ , foram realizadas coincidência  $\beta\gamma$  no  $\text{Pb}^{208}$ . Na determinação das intensidades relativas encontraram-se valores discrepantes, o que levou a um estudo detalhado do espectro de tempo.

Realizaram-se as coincidências  $\alpha\gamma$  no  $\text{Po}^{212}$  entre as radiações  $\gamma$  e partículas de 8,785 MeV, não sendo encontradas novas transições.

Foi confirmada a existência das transições de 493 KeV e 619 KeV neste esquema de decaimento.

#### - Decaimento do $\text{Ac}^{228}$ :

Foi iniciado o estudo do esquema de desintegração do  $\text{Ac}^{228}$ . Inicialmente, uma separação química do  $\text{Ra}^{228}$  existentes no exato de tório natural, de mais de três anos, foi efetuada complexando o tório com oxalato e precipitando o hidróxido de tório e rádio com hidróxido de amônio. O Rádio 228 (+ 224) foi isolado por cristalização fracionada do cloreto de bário adicionado como "carregador" de Rádio após a solubilização do hidróxido em ácido nítrico. Os primeiros espectros obtidos apresentam muitas linhas resultantes de transi

ções nos filhos do Ra<sup>224</sup>. Em fevereiro de 1972, o Ra<sup>224</sup> terá caído e espera-se obter um espectro puro dos filhos do Ra<sup>228</sup>.

IEN

3.05.03

- ESPECTROMETRIA DE NÊUTRONS

- Espectrometria de Nêutrons com Espectrômetro Tipo "Sandwich"

O espectrômetro tipo "sandwich" encontra-se concluído e em princípio de testes. Os testes iniciais foram feitos com nêutrons da fonte Am-Be, termalizados com parafina. Após os testes do espectrômetro com nêutrons térmicos, iniciaram-se os preparativos para o cálculo da eficiência do sistema.

C - LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA

LD

1.73.02

MEDIDA DE BAIXA E MÉDIA ATIVIDADE, ALFA, BETA E GAMMA

- Medida de fontes de Ra com sistema de câmara de ionização  $\pi$

Para iniciar a metrologia de radioisótopos, foi programado um sistema de medidas utilizando uma câmara de ionização de poços  $\pi$ . Tal sistema permite obter medidas com erros de 1% a 3%, sendo muito conveniente para a obtenção de subpadrões de atividade devido à sua alta estabilidade e reprodutibilidade.

- Espectrometria alfa com alta resolução:

O objetivo imediato é a análise e identificação de emissores alfa em controle ambiental, etc. Foram testados vários métodos de preparação de amostras, visando a minimizar a auto-absorção, sendo escolhido para rotina o de eletrólise, por apresentar os resultados mais convenientes. Nas medidas são utilizados detectores Si (Au). A resolução total obtida é de 90 KeV na energia de 5, MeV.

LD

1.73.03

DOSIMETRIA DE NÊUTRONS

O desenvolvimento de técnicas de medida de fontes de nêutrons permite a calibração de monitores e a determinação precisa de fluxos neutrônicos.

Realizaram-se medidas com fontes de diferentes espectros utilizando-se o método da ativação, com banho manganês. Foi observada, e se encontra em fase de estudo, a influência da variação de razão entre o número de átomos de moderador e de absorvedor nos diferentes parâmetros de correção.



D- DEPARTAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E  
TECNOLOGICAS.

DPCT  
1.70.05  
INTERAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DOS ELÉTRONS  
(Acelerador Linear do Instituto de Física da USP)

Foram desenvolvidos os trabalhos de aumento de potência do Acelerador para 75 MeV e com uma corrente de saída de 10 microamperes. Os trabalhos têm por objetivos principais pesquisas no campo da foto e da eletrofissão.

DPCT  
1.70.06  
TÉCNICAS NUCLEARES APLICADAS À ENGENHARIA

Realizaram-se, na UFRGS, pesquisas sobre técnicas facilmente utilizáveis pela engenharia, baseando-se nos princípios simples de atenuação das radiação gama e de nêutrons, bem como da técnica de traçadores.

DPCT  
1.70.07  
PESQUISA ORIENTADAS-MEDICINA TROPICAL

Os equipamentos e outros auxílios da CNEN permitiram à Faculdade de Medicina da UFMG a obtenção de mapeamentos de órgãos diversos como, pulmão, baço, rins, etc, parte do estudo de doenças tropicais principalmente a esquistossomose mansônica.

DPCT  
1.70.08  
CAPTURA RESSONANTE PELO MÉTODO DO TEMPO DE VÔO

Realizaram-se estudos de captura ressonante na prata (107 e 108), além de outros de importância no processo. Projetou-se e executou-se com alta precisão uma fonte pulsada de nêutrons de alto fluxo com alta precisão.

DPCT  
1.70.21  
INSTRUMENTAÇÃO E FÍSICA NUCLEAR APLICADA

A CNEN colaborou em trabalhos relacionados a Aplicações do Efeito Mössbauer, tanto no estudo de minérios (principalmente o ferro), como outros de natureza básica, como por exemplo o estudo de soluções congeladas.

DPCT  
1.70.26  
ASPECTOS IMUNOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

Este estudo foi levado a efeito em coelhos com doses crescentes de irradiação durante todo o ano das observações nesses animais parecem indicar que os anticorpos circulantes têm vida muito curta

curta e que as células imunologicamente competentes estão continuamente liberando novos anti-corpos na circulação.

## 2.1.2 - Física do Estado Sólido

### A - NO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.14.01

#### PROPRIEDADES DE TERMOLUMINESCÊNCIA DA FLUORITA DE CRICIUMA, SANTA CATARINA

Foram estudadas as características dessa fluorita como a estabilidade à temperatura ambiente, as energias de ativação e os tempos de frequência das armadilhas. A seguir, foram investigados os efeitos das temperaturas e dos tempos de recozimento pré e pós-irradiação na fluorita.

Os vários efeitos relacionados com a radiação ultravioleta foram também, estudados, tendo em mente a sua utilização como dosímetro dessa radiação. Foi proposta uma formulação matemática para o modelo da termoluminescência induzida pela luz UV.

IEA

#### 2.14.02 a) PROPRIEDADE DE TERMOLUMINESCÊNCIA DA FLUORITA VIOLÁCEA DE CRICIUMA, SANTA CATARINA

Estudaram-se os efeitos de pré e pós-recozimento na Termoluminescência (TL) na fluorita, tendo em mente o recondicionamento do material para uso sucessivo. Foi feito, em seguida, o estudo do recozimento da fluorita no vácuo a fim de evitar o possível efeito da difusão do oxigênio no cristal; não foi observada nenhuma diferença com o recozimento na presença do ar. Foram, também, investigados os efeitos da temperatura na sensibilização da fluorita bem como da luz UV em função da dose sensibilizante.

#### b) PREPARAÇÃO DO BORATO DE LÍTIO TERMOLUMINESCENTE COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS COMO ATIVADOR E ESTUDO DA DEPENDÊNCIA DA TL COM A "DOSE-RATE"

Prepararam-se várias amostras de borato de lítio a partir de carbonato de lítio e ácido bórico, e cloreto de manganês, para diferentes concentrações de Mn ativador. Usando essas amostras sulfato de cálcio contendo Mn e a fluorita amarela, mediram-se os efeitos da "dose-rate" na indução da TL das armadilhas com meia-vida curta.

Um modelo teórico, baseado na teoria de Cameron, foi proposto para explicar a dependência com a "dose-rate". O ajuste teórico das curvas experimentais usando o modelo proposto é bem satisfatório.

Foi feito, ainda, o estudo do tipo de cinética do processo a partir dos dados experimentais obtidos.

2.14.03 MEDIDA DA CONDUTIVIDADE IÔNICA EM ALGUNS CRISTAIS DE HALOGENETOS ALCALINOS

Foi constituída a câmara dewar, que é a parte principal do sistema de medida da condutividade iônica. Foram testados o isolamento elétrico e a produção de gradiente de temperatura na câmara. O isolamento elétrico foi conseguido atingindo o valor de  $10^{14}$  ohms, e o gradiente de cerca de 2% do valor da temperatura (em °C) foi reduzido a cerca de 0,4%, um valor aceitável. Após mais uma série de verificações da câmara, serão iniciadas as medidas preliminares com cristais de KCl.

2.14.05 MEDIDA DA CORRENTE TERMOIÔNICA (ITC) EM ALGUNS DOS CRISTAIS IÔNICOS E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO COM A TERMO LUMINESCÊNCIA.

Um novo dewar para medida de ITC foi montado com melhor isolamento elétrico. Repetiram-se as medidas de ITC no cristal de KCl; Sr não irradiado, tendo sido obtidas as curvas encontradas por outros pesquisadores. Em seguida, utilizaram-se cristais de KCl; Sr irradiados no reator. O resultado mostra que, com a irradiação, há formação de novos dipolos que contribuem para a ITC. O estudo continua para relacionar a variação na curva de ITC à fluência de nêutrons que causam a mudança no número de dipolos.

2.14.07 a) RESOLUÇÃO DOS PICOS 5 E 6 NO LiF:Mg E O ESTUDO TEÓRICO CORRESPONDENTE.

A fim de isolar o pico 4 do pico 5 o melhor possível, utilizou-se a técnica de pré-recozimento a 280° e 300°C, bem como a técnica de esvaziamento ótico do pico 5 com a luz UV de comprimento de onda 310 nm, por diversos tempos de exposição. Em seguida, as amostras foram submetidas a recozimentos por diferentes tempos para se verificar o possível deslocamento do pico 4 para a posição do pico 5. Aparentemente não houve tal deslocamento. O pós-recozimento põe ainda em evidência o pico chamado 6 por Cameron, e que segundo a presente medida é um pico independente do pico 5. Modelos de Randall-Wilkins e de Watanabe-Morato estão sendo usados para o ajuste teórico das curvas de decaimento, bem como das de emissão.

b) ESTUDOS DE PICOS DE 280°C e 370°C NO LiF: Mg

Determinaram-se as curvas de emissão e de decaimentos dos pi

cos de 280°C e de 370°C no LiF:Mg, para diferentes temperaturas e tempos de pós-recozimento. Preparou-se um programa Fortran IV baseado no modelo contínuo de Watanabe-Morato para determinação das energias de ativação, meias-vidas e fatores de frequência das armadilhas correspondentes.

IEA

2.14.08 a) DOSIMETRIA DE NÊUTRONS TÉRMICOS BASEADA NA AUTOCALIBRAÇÃO DE TERMOLUMINESCÊNCIA DEVIDO À ATIVAÇÃO DE  $\text{Ca}^{44}$  NA FLUORITA.

Investigaram-se três fósforos termoluminescentes,  $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ ,  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  e  $\text{CaF}_2$  natural a fim de se verificar a possibilidade de seu uso na dosimetria de nêutrons térmicos. Basicamente o fósforo é exposto a nêutrons térmicos (e outras radiações) ocasionando a ativação de núcleos no material. A amostra irradiada é aquecida para eliminar a TL diretamente induzida, para depois ser guardada em lugar escuro (para evitar o efeito da luz natural) enquanto os núcleos ativados induzem TL na desintegração, em geral por emissão beta.

Esses materiais contêm isótopos convenientes como  $\text{Ca}^{44}$ ,  $\text{Dy}^{165}$ ,  $\text{S}^{34}$ . Limites da fluência mais baixa detectável foram determinados extrapolando resultados para fluências altas. Usando o decaimento de  $\text{Dy}^{165}$  (2,3 horas de meia vida) obteve-se como fluência mais baixa detectável o valor de  $5 \times 10^7 \text{ n/cm}^2$ . Usando o decaimento de  $\text{Ca}^{45}$  (meia vida de 165 dias), este valor atinge o valor de  $5 \times 10^8 \text{ n/cm}^2$ .

b) ESTUDO SOBRE DOSIMETRIA DE PARTÍCULAS CARREGADAS

Foi construída uma câmara pequena com a finalidade de irradiar  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  com radiação gama e nêutrons rápidos. Na parte de dosimetria de partículas carregadas, está sendo elaborado um projeto de uma câmara de espalhamento para irradiação com partículas carregadas, em particular de prótons e deutêrons.

c) ANÁLISE POR ATIVAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DE IMPUREZAS NOS CRISTAIS IÔNICOS

Irradiaram-se cristais de LiF, berilo e espodumênio no reator para análise por ativação. As primeiras determinações das impurezas no LiF não foram satisfatórias devido a erros experimentais. Nova análise será feita usando material recozido a temperatura suficiente para remover o oxigênio dissolvido no cristal.

14.10 ABSORÇÃO ÓTICA EM VÁRIOS CRISTAIS DE HALOGENETOS AL-  
CALINOS E SUA RELAÇÃO COM OS DEFEITOS CRISTALINOS.

Realizou-se uma comparação entre o decaimento isotérmico dos picos de alta temperatura e a queda de sensibilidade bem como o de crescimento da banda  $Z_3$ , concluindo-se desta comparação que não há correlação entre os picos de alta temperatura, a sensibilidade e a banda  $Z_3$ . Por outro lado, a banda  $Z_3$  e a sensibilidade apresentam um decaimento semelhante, embora possivelmente não idêntico, portanto, é possível que haja correlação entre os dois.

14.11 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO CONTÍNUA DE ARMADILHAS EM  
TERMOLUMINESCÊNCIA

Efetua-se uma análise crítica do modelo de Randall-Wilkins face a resultados de decaimento de picos TL e deslocamentos da posição dos mesmos. Foi então proposto um modelo matemático, no qual se admite que um pico TL provém de armadilhas cujas energia de ativação se distribuem continuamente (p. ex. gaussiano) em torno de um valor  $E_0$ , ao invés de um valor único e bem definido, como se supõe no modelo de Randall-Wilkins. O ajuste teórico dos dados experimentais nos cristais de dluorita e LiF: Mg, usando este modelo comprova a sua validade. Os ajustes foram feitos das curvas de emissão, curvas de decaimento e do deslocamento da posição dos picos TL.

B - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

03.01 EFEITO DE RADIAÇÕES EM SÓLIDOS

a) Centro  $V_K$  em Fluoreto de Estrôncio  $SrF_2$

Prosseguiram os trabalhos de análise de dados e obtiveram-se espectros através da ressonância paramagnética nuclear.

b) Estudo por Efeito Mössbauer dos Quelatos  $(BPHA)_3 Fe$  e  $(Ox)_3 Fe$ .

Realizado o estudo por efeito "Mössbauer", dos quelatos: Tris N-Benzil N-Fenil Hidroxilaminato de Fe, ou  $(BPHA)_3 Fe$ , e Tris 8-Hidroxiquinolinato de Fe, ou  $(Ox)_3 Fe$ . Verificou-se, para ambos os compostos, uma assimetria dos picos resultantes do desdobramento quadrupolar, o que foi explicado, supondo-se fenômenos de relaxação eletrônica. Baseado nessa interpretação, mediram-se os valores de  $\delta$ ,  $\Delta E_Q$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  para os dois compostos. Encontrou-se para o  $(Ox)_3 Fe$ , à temperatura ambiente,  $(0,19 \pm 0,01)$  mm/s e  $\Delta E_Q = (0,92 \pm 0,02)$  mm/s. Para o  $(BPHA)_3 Fe$   $\delta = (0,02)$  mm/s e  $\Delta E_Q = (1,07 \pm 0,04)$  mm/s. Os compostos foram tratados termica-

mente e irradiados em reator e fonte de  $\text{Co}^{60}$ . Não se observaram influências apreciáveis de irradiação sobre os valores medidos, provavelmente, devido às pequenas doses a que foram submetidos.

c) Estudo de Ferritas de Lítio por Efeito Mössbauer

Foi preparada a fase  $\beta$  do óxido duplo de Ferro e Lítio pelo método descrito por Fayard e o espectro Mössbauer foi estudado no intervalo de temperatura de 80°K a 350°K.

A 80°K o espectro parece resultar da superposição de dois espectros de 6 linhas resultantes de interação magnética. Atualmente, estão sendo feitas tentativas para preparar nova amostra para se verificar se serão observados novamente os dois grupos de linhas, ou se isso era o resultado de impureza ou mistura de fases.

d) Estudo de Ilmenitas por Efeito Mössbauer

Ilmenitas de origens diversas no Brasil estão sendo estudadas por efeito Mössbauer. Pretende-se determinar a relação  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ , assim como outros parâmetros relevantes: desvio isomérico, interação quadrupolar e campos internos.

e) Centro  $F_A$  (Li) em KCl

No caso em estudo, cristais de KCl contendo  $\text{Li}^6$  ou  $\text{Li}^7$  são coloridos por eletrólise. Irradiando-se o cristal com luz solar filtrada por filtro de transmissão verde, os centros F se associam aos íons de Li, formando o centro  $F_A$ . Esta associação é observada por ressonância dupla eletrônica-nuclear do centro, através das linhas características do Li. A polarização do centro está sendo tentada por meio de um laser de He-Ne, cuja frequência coincide com a frequência de absorção do centro  $F_A$ .

f) Distribuição das Funções Radiais dos Ions de Terra Rara e sua Dependência com o Método de Cálculo.

Para encontrar as funções de ondas dos íons de terra rara, foi usado o método numérico de F. Herman e S. Skillman, que calcularam a estrutura atômica com a aproximação não relativística.

Os valores médios de  $r$  mostraram que as funções de ondas 4f são mais ou menos concentradas, dependendo do uso do exchange de Slater ou de Gaspar Kohn-Sham. Calcularam-se os valores de  $\langle r^{-3} \rangle$ ,  $\langle r^2 \rangle$  e  $\langle r^6 \rangle$  para os íons trivalentes e os divalentes na configuração fundamental e excitada.

## 2.2. - QUÍMICA

## 2.2.1 - Radioquímica

### A - NO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

#### 07.03 MÉTODO ANALÍTICO PARA DETERMINAÇÃO INSTRUMENTAL DE URÂNIO EM VÁRIOS MATERIAIS

O método consiste em irradiar o minério, ou outro material em estudo, em recipientes de cádmio que evitará a interação de nêutrons térmicos como Urânio-235, o que resultaria na formação de grande número de produtos de fissão. Em virtude de o Urânio-238 apresentar uma alta seção de choque de ressonância, só haverá a interação, com Urânio-238, dos nêutrons epitérmicos. Dessa maneira, o espectro de raio gama que se obtém é um espectro muito limpo apresentando, praticamente, somente o pico do Urânio-239 na região de 0,075 MeV. Podem causar interferência elementos que apresentam alta seção de choque de ressonância, tais como sódio, manganês e outros, constituindo o estudo de tais interferências a parte principal do trabalho a ser desenvolvido.

#### 07.01 ESTUDO DAS PROPRIEDADES COMPLEXANTES DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA

No corrente ano, efetuaram-se determinações que mostraram a existência do complexo formado pelos elementos de Terras Raras com a Tetraciclina, utilizando-se para isso da técnica de espectro fotometria. A verificação da formação do complexo foi feita através da observação da mudança do espectro de absorção da Tetraciclina adicionada ao elemento de Terra Rara. Constatada a existência dos complexos, passou-se ao estudo sistemático da extração por solvente do complexo respectivo. O solvente usado foi o álcool benzílico no qual a Tetraciclina era dissolvida. Os elementos de Terras Raras examinados até agora são o lantânio, praseodímio, neodímio, samário, európio, gadolínio, érbio, hólmio, disprósio, itérbio e lutécio. Foi examinado também o comportamento do ítrio.

#### 07.06 DETERMINAÇÃO DE VANÁDIO EM PETRÓLEOS E CATALISADORES DE "CRACKING" DE PETRÓLEO.

O método em questão foi desenvolvido nos dois anos anteriores e consiste em irradiar-se cerca de um ou dois mililitros de petróleo, colocado em tubo de plástico selado a fogo, sendo que a irradiação tem lugar durante cerca de 15 segundos a 1 minuto. Simultaneamente são irradiados padrões de vanádio. A contagem é feita imediatamente após a irradiação, sem remover-se o petróleo do tubo de

plástico, visto que as interferências causadas pelo tubo de plástico são muito pequenas em virtude de ser curto o tempo de irradiação.

IEA

2.07.04

#### SEPARAÇÃO DE ELEMENTOS DE TERRAS RARAS POR ELETROFORESE FOCALIZADA.

Foi desenvolvido, um método analítico destinado a resolver mistura de lutécio e itérbio.

O método proposto baseia-se na "Troca Iônica Focalizada", ou seja, na Eletroforese de íons num Gradiente de Concentração de um eletrólito mais Complexantes, sendo que neste caso, foram empregadas misturas de EDTA (Ácido Etileno Diaminotetraacético) e NTA (Ácido Nitrilo Triacético) em concentrações apropriadas.

A modificação introduzida, constitui-se na edição de íons  $\text{Cu}^{+2}$  a solução catódica e à mistura de Terras Raras. Desta forma, foi possível obter uma separação dos elementos citados, em tempos relativamente curtos (60 minutos) compatíveis com as meias vidas dos isótopos empregados (Yd-175:  $T^{1/2} = 4,2$  d; Lu-177:  $T^{1/2} = 6,75$  d).

IEA

2.07.05

#### APLICAÇÃO DE COMPUTADORES A PROBLEMAS DE ANÁLISE POR ATIVAÇÃO

Além das misturas artificiais compostas para estudo do método, utilizaram-se as misturas formadas pelos elementos-traços existentes em aços. A análise qualitativa do aço já era fornecida pelo fabricante mas a análise instrumental, por ativação, mostrou a existência de mais elementos, também traços, não constantes da relação apresentada pelo fabricante.

Procura-se, no momento, determinar os elementos antimônio, arsênio e mercúrio, existentes contemporaneamente em uma mesma matriz.

IEA

2.07.02

#### ESTUDO DA COPRECIPITAÇÃO DO COMPLEXO DE COBRE COM AMONÍACO, EM PRECIPITADO DE HIDRÓXIDO DE FERRO.

Ficou constatado o arrastamento ou coprecipitação do complexo de cobre em precipitado de hidróxido de ferro, apesar do complexo de cobre ser altamente solúvel. O tipo de coprecipitação é por adsorção superficial e oclusão. Estão sendo feitos espectros de raios-X para verificar se existe alguma alteração na rede cristalina do precipitado de hidróxido de ferro e, se o cobre, de alguma maneira, estaria substituindo elementos da rede cristalina do hidróxido de ferro.



EA  
02.01 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

a - Determinação Espectrofluorimétrica de Cério em Tório.

Foi desenvolvida uma técnica para a detecção e determinação de Cério em soluções de tório por espectrofluorimetria direta, dispensando qualquer separação prévia Cério-Tório. O método permite a determinação de Cério, a partir de 0,1 ppm (partes por milhão) de Ce em Tório, em soluções cujas concentrações variam de 10 a 150 g/l em Th.

b - Separação de zircônio por extração em meio clorídrico com amina de cadeia longa e sua determinação espectrofotométrica com ácido cloroanílico.

O método baseia-se na determinação da intensidade de coloração do complexo zircônio-ácido cloroanílico, em meio ácido perclórico 2M.

Inicialmente, é feita a separação do zircônio de várias interferências por extração com amina terciária de cadeia longa (Alamina 336, 7,5% em benzeno, v/v), em meio ácido clorídrico 10M, em 3 estágios de extração e com relação FA/FO = 10/3. O zircônio é reextraído com solução de carbonato de sódio 50 g/l, igualmente em 3 estágios e com relação FA/FO = 1. A coloração é desenvolvida com ácido cloroanílico em meio ácido perclórico 2M e a absorbância é medida em 340 mu.

Foram estudadas as influências de Fe, Zn, U, Cu, Al e Mg, elementos geralmente encontrados em ligas de Zr, cuja análise é o objetivo principal deste trabalho.

EA  
02.07 ELEMENTOS-TRAÇOS EM URÂNIO: EXTRAÇÃO POR AMINAS DE CADEIAS LONGAS E DETERMINAÇÃO POR ABSORÇÃO ATÔMICA

Foi desenvolvido um procedimento para a separação, concentração e determinação de elementos-traços em urânio de elevada pureza química. A separação e concentração é feita por extração com tri-n-octilamina (TOA) em meio HCl, extraindo-se preferencialmente os elementos-traços. Estes são determinados diretamente pela queima da fase orgânica no espectrofotômetro de absorção atômica. Foram estudados e determinados: cádmio, chumbo, ouro, bismuto, prata e mercúrio, nos diuranatos de amônio produzidos pela usina piloto da DEQ.

EA  
02.01 DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS ANALÍTICOS

- a) Cromatografia de Fase Reversa: Separação Índio-Cádmio no tema Alumina-Ti-n-octilamina-HCl.

Desenvolveu-se um método para a separação do par Índio-Cádmio utilizando aplicação da técnica de cromatografia de fase reversa ou cromatografia por extração para a concentração e separação dos elementos Cádmio e Índio. A separação é realizada usando-se como fase estacionária um suporte de  $Al_2O_3$  cromatografica tendo tri-n-octilamina (TOA) como agente extrator. A sorção de Cádmio e Índio na coluna é feita percolando-se a solução contendo os dois elementos em meio HCl. Eles são fixados na coluna através de mecanismo de associação dos cloro-complexos aniônicos de Índio e de Cádmio com a amina protonada. A separação é feita usando-se uma solução de HCl 0,15-0,20M como eluente seletivo para o Índio; o Cádmio continua retido na coluna.

- b) Determinação espectrofotométrica direta de urânio numa fase orgânica: fosfato de n-tributilo-nitrato de Uranilo (TBP).

Este método foi desenvolvido para a determinação de Urânio com o uso de uma fase orgânica cujos componentes são nitrato de urânio, fosfato de n-tributilo (TBP) e ácido nítrico. O método baseia-se na medida da absorbância do nitrato de urânio diretamente na fase orgânica. O espectro de absorção desta fase orgânica é bastante complexo, apresentando máximos de absorvência de 358, 370, 383, 398, 405, 416, 429, 438, 470 e 480 m $\mu$ ; destes foi escolhido o máximo de 416 m $\mu$  para a determinação direta do Urânio.

Estudaram-se as interferências de Cério-IV, Tório-IV e Ferro-III encontrando-se que apenas o Fe-III perturba a medida. Fe-III é eliminado da fase orgânica por lavagem apropriada.

O método possibilita uma determinação de Urânio na faixa de concentração de 1 a 250 g/l em U, gastando-se em média 15 minutos para uma análise em duplicata.

IEA  
2.02.02

#### ANÁLISE ESPECTROGRÁFICA SEMIQUANTITATIVA DE IMPUREZAS CORRENTES EM COMPOSTOS DE URÂNIO.

Este método foi desenvolvido para a determinação de elementos traços: B, Cd, Pb, Fe, Mn, Pb, Cr, Sn, Ni, Bi, Mo, V, Cu, Ag, Si, e Al, na escala de partes por milhão em compostos de urânio. O método é baseado na técnica da destilação fracionada com correntes, utilizando óxido de gálio e fluoreto de sódio para favorecer a vaporização e excitação das impurezas.

A precisão foi avaliada dentro de 30-50% e as sensibilidades

são adequadas para o nível de contaminação apresentado pelos compostos de urânio analisados. O Procedimento está em uso rotineiro o controle dos diuranato de amônio produzidos na DEQ e, já foi usado para o controle de qualidade em óxidos de urânio importados pela C N E N.

## B - NO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

### TÉCNICAS RADIOQUÍMICAS - ANÁLISE POR ATIVAÇÃO

#### a) - Análise por ativação

Objetiva-se o estudo da determinação de Oxigênio em aço e materiais ferrosos, dentro do intervalo de concentração de 100 a 600 ppm.

Construiu-se um sistema pneumático para transferência automática de amostras, visando à irradiação simultânea de uma amostra e de um "monitor" de fluxo de nêutrons. Desenvolveu-se também um sistema de irradiação rotativo, que permite uma melhor distribuição do fluxo de nêutrons nas amostras, o que possibilita maior reprodutividade do método.

b) - Além dos trabalhos de análise por ativação, desenvolvem-se atividades nas seguintes linhas de pesquisa:

- Química dos Lantanídeos e Actinídeos - Estudos de partição das Terras Raras no sistema ácido difenil fosfínico - ácido nítrico;

- Efeitos Químicos das Transformações Nucleares - Estudos de retenção, produtos de degradação e comportamento em "annealing" térmico dos sistemas "periodatos" após reações nucleares  $(n, \gamma)$  e  $(n, 2n)$ ;

- Química do Estado Sólido - Estudos de "annealing" por transferência em cristais de periodatos dopados com  $I^{131}$ ;

- Química dos Átomos Quentes - Estudos da reação de substituição do radical  $CH_3$  - por Trítio em álcoois;

- Produtos de Fissão do Tório - A simetria da curva de distribuição de massa dos produtos de fissão do  $Th^{232}$ , por nêutrons de 14 MeV, está sendo estudada pela separação radioquímica rápida da  $Ag^{115}$ .

## C - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

### PESQUISAS EM MÉTODOS DE SEPARAÇÃO

No corrente ano, utilizaram-se três métodos de separação:

- resinas trocadoras de íons
- extração por solventes
- cromatografia

Em resinas trocadoras de íons, fizeram-se, inicialmente, determinações de coeficientes de distribuição de alguns elementos. Posteriormente, partiu-se para estudos da utilização de resinas na separação de lantanídeos de uma amostra de cloretos de terras raras comercial, pelo uso de ácido cítrico como eluente em  $pH$  variável. A primeira etapa deste estudo consistiu na separação do urânio por resina aniônica, seguida da fixação dos lantanídeos em resina catiônica e eluição seletiva dos elementos.

Verificou-se que a extração de urânio com TBP-CCl<sub>4</sub> para a dosagem de traços de elementos em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> não era suficiente, porque ainda restavam cerca de 2.000 ppm de urânio na fase orgânica, insuficiente para prejudicar as determinações.

Por cromatografia em papel, conseguiu-se separar Dy, Sm, Eu e Gd do Urânio de uma amostra de Urânio nuclearmente puro, através do uso da mistura ácido clorídrico-clorofórmio-resina líquida, em mistura com acetato de etila.

IPR

4.02.02

#### PESQUISAS EM MÉTODOS ÓTICOS

Utilizou-se uma técnica mista de extração por solvente espectrofotometria de absorção atômica, tendo sido observado que a quantidade de urânio remanescente na fase aquosa, após a extração, ainda é suficiente para interferir nas determinações de traços de elementos.

Desenvolveu-se, também, uma técnica de utilização de padrões múltiplos, com a finalidade de diminuir o tempo de operação, quando se deseja determinar vários elementos numa mesma amostra.

Foram comparados vários métodos de análise espectrofotométrica de nióbio, e desenvolvida técnica específica de dosagem deste elemento na pandeíta de Araxá.

IPR

4.03.03

#### PESQUISAS EM MÉTODOS ELETROMÉTRICOS

Foi utilizada uma célula para separações eletrolíticas, de certo modo improvisada, mas que já possibilitou um treinamento prévio do pessoal.

Montou-se um sistema de coulometria de potencial controlado, que mostrou funcionamento adequado. Posteriormente, instalou-se uma unidade de integração da carga envolvida e realizou-se sua calibração.

IPR  
4.02.04

#### PESQUISA EM RADIOQUÍMICA

Realizaram-se estudos de interesse geo-químico, como determinação de Gálio em bauxitas de Minas Gerais e de outros Estados, assim como caulins e micas, e de traços de Cr, Mn, e Al em minério de ferro do quadrilátero ferrífero.

Concluiu-se trabalho sobre efeitos das radiações gama em formas de S. Mansoni.

Obtiveram-se resultados preliminares satisfatórios na determinação de ouro em urânio nuclearmente puro.

IPR  
4.02.06

#### LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

Manteve-se uma equipe de trabalho em química analítica, que operou como suporte das pesquisas em andamento.

IPR  
4.02.07

#### ANÁLISE POR ATIVAÇÃO

Uma equipe encarregada de análise, como suporte às pesquisas, também atuou nesse campo.

Paralelamente, foram feitas determinações de As em água servida à população de Belo Horizonte (cooperação com o Departamento Municipal de Águas e Esgotos) e controle sistemático de água do reator IPR-R1, quanto aos teores de Al, Cu e Mn.

## IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

3.1	<ul style="list-style-type: none"><li>- ESTUDOS E PROGRAMAS<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.1 - Programas de Implantação de Centrais Nucleares</li><li>3.1.2 - Projetos de Referência de Centrais de Nucleares</li></ul></li></ul>
3.2	<ul style="list-style-type: none"><li>- SELEÇÃO E CONSTRUÇÃO DA PRIMEIRA CENTRAL NUCLEAR</li></ul>
3.3	<ul style="list-style-type: none"><li>- LOCALIZAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES</li></ul>
3.4	<ul style="list-style-type: none"><li>- SEGURANÇA E LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES<ul style="list-style-type: none"><li>3.4.1 - Análise de Segurança da Central Nuclear de Angra</li><li>3.4.2 - Normas de Licenciamento de Reatores Nucleares</li><li>3.4.3 - Tecnologia de Segurança</li></ul></li></ul>
3.5	<ul style="list-style-type: none"><li>- PARTICIPAÇÃO DA INDÚSTRIA NUCLEAR</li></ul>

3.

### IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

#### 3.1. - Estudos e Programas

##### 3.1.1. - Programas de Implantação de Centrais Nucleares

#### A - Na ASSESSORIA DE PLANEJAMENTO E DE SENVOLVIMENTO

Os trabalhos da ASPED, no campo da programação, visam a fornecer subsídios para o preparo do Programa de Implantação de Centrais Nucleares do Governo. Em 1970, foi iniciado um estudo global com término previsto para 1972/73. A programação e a situação dos trabalhos a 31 de dezembro de 1971 estão indicadas no Quadro 3.1. Deve-se ressaltar os seguintes resultados concretos, que constituem peças importantes do estudo global:

- Primeiro relatório global de andamento dos estudos, contendo uma revisão do prognóstico do programa de centrais nucleares para a Região Sudeste, apresentado na 4ª Conferência Internacional das Nações Unidas sobre os Usos Pacíficos da Energia Atômica (Genebra 6-16 de setembro de 1971).
- Publicação do Relatório Final sobre "Perspectivas de Emprego do Plutônio em Programas de Reatores no Brasil".

A seguir, é relatado o andamento de cada uma das partes em que é dividido o trabalho total, indicadas no QUADRO I.

- Revisão e atualização das projeções de demanda energética do País.

O trabalho se concentrou na Região Sudeste, tendo sido adotada para os estudos a previsão da ELETROBRÁS (1968), extrapolada até o ano 2000. Foram analisados os dados da ELETROBRÁS relativos à Região Sul.

## ESTUDOS SOBRE O PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

Nº	F A S E	PARTES	INÍCIO	TÉRMINO	ANDAMENTO E OBSERVAÇÕES (até 31/Dez/71)
0	ORGANIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO		Jun. 70	-	Responsabilidade: ASPED Contactos com Empresas de Energia Elétrica Assessoria estrangeira (1) Alemanha (Jülich) (2) Firmas particulares (em entendimento).
I	ANÁLISE DOS SISTEMAS ELÉTRICOS	I. 1 - Sudeste I. 2 - Sul  I. 3 - Nordeste I. 4 - Norte I. 5 - Centro-Oeste	Jan. 71  - - -	Dez. 71	Previsto eventual refinamento. O Estudo da Região Sul prossegue nas Fases II, III, IV e V.  Não serão abordados nesta etapa, a guardando-se os resultados dos respectivos estudos regionais da ELETROBRÁS
II	DADOS PARA CENTRAIS CONVENCIONAIS NUCLEARES.	II. 1 - Dados preliminares II. 2 - Refinamento	Jun. 70 Mai. 71	Mai. 71 72	Compilação inicial terminada  Prevista colaboração dos Institutos (IPR:LWR e HWR, IEA:HTGR, IEN: FBR)
III	MODELOS DE INTEGRAÇÃO DE CENTRAIS EM REDES ELÉTRICAS	III. 1 - Modelos de integração ótima. III. 2 - Análise de	Jan. 71 Nov. 71	Mai. 71	Código PROSE (IPR) modificado e colocado operativo Refinamentos possíveis Código DISCOUNT (UKAEA)



Nº	F A S E	PARTES	INÍCIO	TÉRMINO	ANDAMENTO E OBSERVAÇÕES (ate 31/Dez/71)
IV	ESTRATÉGIAS DE REATORES	IV.1-Proporção ótima de reatores térmicos, conversores avançados e rápidos IV.2-Consumo de combustível	Jan. 71	Set. 71	Código STROKOOP(Jülich) em adaptação
V	ANÁLISE DE RESULTADOS: PROGRAMAS NUCLEARES ALTERNATIVOS.	V.1 - Região Sudeste.	Abr. 71	Mai. 71	Código CANECO (ASPED) colocado operativo Publicado Relatório de andamento
VI	ASPECTOS ECONÔMICOS E INDUSTRIAIS.	VI.1 - Mineração e concentração VI.2-Indústria de fabricação de elementos combustíveis VI.3-Indústria de reprocessamento VI.4-Uso do urânio enriquecido VI.5-Uso do Plutônio.	Jan. 71  Abr. 71  Out. 70 Ago. 70	-  -  - Dez. 71	A definir Em andamento. Término 1972  Em andamento. Término: 1972  Em andamento. Término: 1972 Relatório final publicado.
VII	POLÍTICA DE PARTICIPAÇÃO DA INDÚSTRIA NACIONAL	-	-	-	Programado para 1972/73.

Nº	F A S E	PARTES	INÍCIO	TÉRMINO	ANDAMENTO E OBSERVAÇÕES (até 31/Dez/71)
VIII	PESQUISA E DESENVOL- VIMENTO COMO SUPOR- TE DO PROGRAMA	-	-	-	Programado para 1972/73. Resultados parciais incorporados aos Programas de Trabalho da CNEN
IX	ASPECTOS FINANCEI- ROS	-	-	-	Programado para 1972/73

## - Dados para Centrais Convencionais e Nucleares

Elaborado um levantamento das características técnicas e econômicas de centrais nucleares a água leve e térmica a óleo, a serem usadas como referência em estudos. Em adição, preparou-se, em colaboração com as principais empresas de energia elétrica da Região Sudeste, um levantamento técnico-econômico dos sítios hidráulicos disponíveis nesta Região, para fins de estudo integrado das soluções hidráulicas, térmicas e nucleares, objetivando a expansão ótima do parque gerador.

Do estudo iniciado sobre reatores a alta temperatura, deverá ser feita uma análise comparativa entre as diversas tecnologias, abordando as principais características técnico-econômicas destes reatores. Já foram realizados estudos relativos à evolução técnica dos reatores a gás, bem como à evolução e perspectivas técnico-econômicas dos reatores a alta temperatura no programa nuclear mundial.

## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Foi realizado pelo IEA, um anteprojeto de referência de uma central HTGR (cf. 3.1.2).

### - Modelos de integração de Centrais em Redes Elétricas

#### Código PROSE

Este código foi desenvolvido pelo IPR (utilizando o computador IBM-1130) para ser utilizado em estudos de otimização de expansão de sistemas elétricos da CEMIG. Para sua utilização na ASPED (SR), foram feitas modificações e adaptações no método de cálculo do código, bem como adaptações para torná-lo operativo no computador IBM/360. Este programa foi então utilizado para cálculo da expansão do parque gerador da região Sudeste. Os resultados estão contidos no relatório que foi apresentado na 4ª Conferência Internacional das Nações Unidas sobre os Usos Pacíficos da Energia Atômica (Genebra), conforme está discriminado em Análise dos Resultados: Programas Nucleares Alternativos.

#### Código DISCOUNT

Este código faz a análise do "Custo-benefício" da expansão de um sistema de geração elétrico. É um código inglês que foi utilizado em estudos de aspectos econô

micos do desenvolvimento nuclear na Inglaterra e em outros países. Este programa está sendo colocado em operação para ser aplicado no caso brasileiro.

- Estratégias de Reatores

### Código STROKOOP

Este código, desenvolvido no Centro Nuclear de Jülich, Alemanha, calcula a melhor distribuição possível, quanto ao custo de geração, de até 10 tipos diferentes de centrais num sistema elétrico, considerando a curva de carga anual do sistema e diversas restrições, tais como a limitação da construção de super-conversores rápidos, devido à disponibilidade de Pu. Este programa foi processado na Alemanha para o caso brasileiro e os resultados foram utilizados no trabalho apresentado na 4ª Conferência Internacional, realizada em Genebra. Atualmente, o programa está sendo colocado operativo.

### Código CANECO-II

O código acima, desenvolvido inicialmente pela ASPED, sofreu em 1971 algumas modificações e ampliações de modo a melhor se adaptar às estratégias de utilização de Pu consideradas no estudo, bem como permitir uma maior parametrização dos resultados. O código modificou e recebeu o nome de CANECO-II (Cálculo das Necessidades de Combustíveis).

As hipóteses básicas do código CANECO-II são as indicadas a seguir:

- a demanda nuclear é supostamente conhecida dentro de um certo horizonte;
- os reatores utilizadores de Pu só podem entrar no programa após uma data limite;
- a introdução dos reatores utilizadores de Pu após a data permitida só será limitada pela disponibilidade de Pu e pela demanda nuclear, em cada ano;
- o Pu empregado pelo sistema é produzido dentro do próprio sistema (não há importação);
- os reatores térmicos serão instalados antes da data limite para atender à demanda e após esta data, se os estoques de Pu forem insuficientes para atender à demanda, só com reatores utilizadores de Pu;
- as durações das diversas fases do ciclo do combustível são consideradas no cálculo das necessidades de combustíveis.

A partir destas hipóteses, nota-se al gumas características particulares do código usado que vão influir nos resultados. Trata-se de um código para analisar a influência da utilização do Pu sobre as necessidades de com bustíveis decorrentes de um programa nuclear. No entanto, não se usa como critério de comparação o custo de geração do sistema, ou seja, o custo das diversas centrais não influi nos resultados. De acordo com as hipóteses usadas no código CANECO-II, supõe-se que o Pu é utilizado sempre que possí vel. Esta hipótese pode não ser convincente do ponto de vista econômico, como foi mostrado nos resultados parciais no es tudo sobre introdução de centrais nucleares em andamento na ASPED. Estes cálculos foram feitos utilizando-se o código STROKOOOP, supondo-se que o Pu era empregado apenas em reatores rápidos.

#### - Análises dos Resultados: Programas Nucleares Alternativos

Foi terminado um primeiro relatório conjunto, apresentado à 4ª Conferência Internacional das Na ções Unidas sobre os Usos Pacíficos da Energia Atômica ( Ge nebra). Os resultados até agora disponíveis podem ser resu midos com se segue: Levando em consideração as hipóteses admitidas no trabalho e usando os modelos matemáticos lá indicados (Programa PROSE), a Região Sudeste do Brasil ne cessitará de cerca de 50.000 MW ( $\pm 20\%$ ) de usinas nucleares até o ano 2000. O ritmo de construção será mais redu zido na década de 80 (cerca de 1000 MW/ano), mas crescerá con sideravelmente na década de 90 (cerca de 4000 MW/ano). (Cf. fig. 3.1).

#### - Aspectos econômicos e industriais do ciclo de combustível

A finalidade destes estudos é de termi nar a melhor ordem de construção do ponto de vista econômi co, das indústrias que compõem o ciclo do combustível, bem como analisar as implicações econômicas dos usos alternati vos de combustíveis especiais, tais como o Urânio enriqueci do e o Plutônio.

##### 1 - Mineração e concentração

Esta parte está aguardando os resulta dos dos estudos econômicos para a mina de urânio situada em Poços de Caldas

##### 2 - Indústria de fabricação de elementos combustí veis

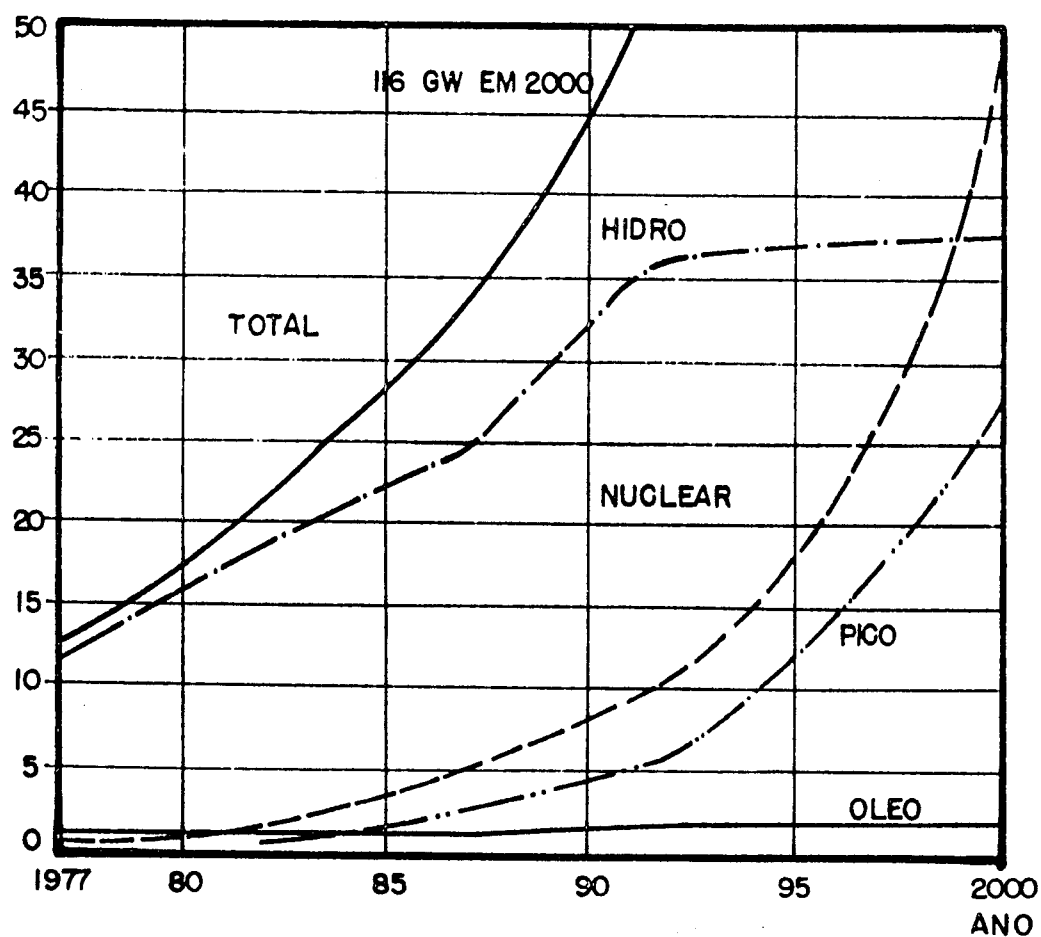


FIG. 3.1—PROGNÓSTICO DE EXPANSÃO DA POTÊNCIA INSTALADA NA REGIÃO SUDESTE, INDICANDO PRAÇÃO DE POTÊNCIA NUCLEAR QUE MINIMISA O CUSTO TOTAL

Encontra-se relatada em 5.6.9.

3 - Indústria de reprocessamento de elementos combustíveis

Encontra-se relatada em 5.8.

4 - Perspectivas de emprego de Urânio enriquecido no programa nuclear brasileiro

A obtenção de Urânio enriquecido é um problema vital para os programas de implantação de centrais nucleares. No corrente exercício, prosseguiram os estudos visando a determinar a política mais econômica para o Brasil neste campo.

Para estudar a possibilidade de atender ao mercado brasileiro com fornecimento externo, realizou-se um levantamento da demanda mundial, levando-se em consideração as principais hipóteses que devem ser feitas na sua determinação, bem como um estudo da política atual de fornecimento de serviços de enriquecimento de Urânio no exterior e, em particular, nos Estados Unidos (único fornecedor comercial do produto). Procurou-se também estabelecer os principais programas que estão sendo desenvolvidos para implantação de novas usinas de enriquecimento no mundo.

Visando à futura implantação de indústria de enriquecimento no Brasil, efetuou-se um estudo comparativo das principais características técnico-econômicas dos métodos de enriquecimento de urânio.

5 - Perspectivas de emprego do Pu em programas de reatores no Brasil

Foi encerrado o trabalho sobre usos alternativos do Pu no programa nuclear brasileiro, que representa o primeiro passo na análise sistemática da utilização do Pu. Devido à fase atual dos estudos, deu-se grande importância à compilação bibliográfica, com o intuito de situar adequadamente o problema.

Os diversos fenômenos que ocorrem com o Pu, desde a sua formação até a sua utilização final, foram discutidos, dando-se ênfase aos aspectos econômicos envolvidos. Com relação ao programa nuclear brasileiro, analisaram-se as estratégias extremas de utilização do Pu, comparando-se através do consumo do Urânio natural e de trabalho de separação de Urânio enriquecido. Um resumo dos resultados é mostrado na figura 3.2. Dela pode-se concluir

que a melhor economia é apresentada pela utilização do Pu em reatores rápidos, embora seja comparável, sob este as pecto, à estratégia baseada exclusivamente em reatores a gás a alta temperatura.

No entanto, como os resultados obtidos são bastante sensíveis às hipóteses adotadas, eles devem ser encarados sobretudo como valores indicativos para análise futura.

É necessário que seja feito um prosseguimento dos estudos, com a utilização de modelos matemáticos mais sofisticados.

### 3.1.2. - Projetos de Referência de Centrais Nucleares

- Estudos sobre um reator do tipo HTGR de 680 MWe

#### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Foi terminado o estudo preliminar de um reator do tipo HTGR com características adaptadas do seu emprego no programa nuclear brasileiro. Este reator HTGR "brasileiro" se caracteriza por uma potência reduzida em relação ao projeto americano: 680 MWe contra 1100 MWe.

O estudo, realizado em : cooperação com técnicos da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos (Oak Ridge National Laboratory), foi baseado num projeto de uma central de 1100 MWe, realizado pela Gulf General Atomic. A escolha deste projeto como referência justifica-se por ser ele o mais moderno.

No que se segue, chamar-se-á o projeto de 1100 MWe como de referência e o de 680 MWe : como "reduzido".



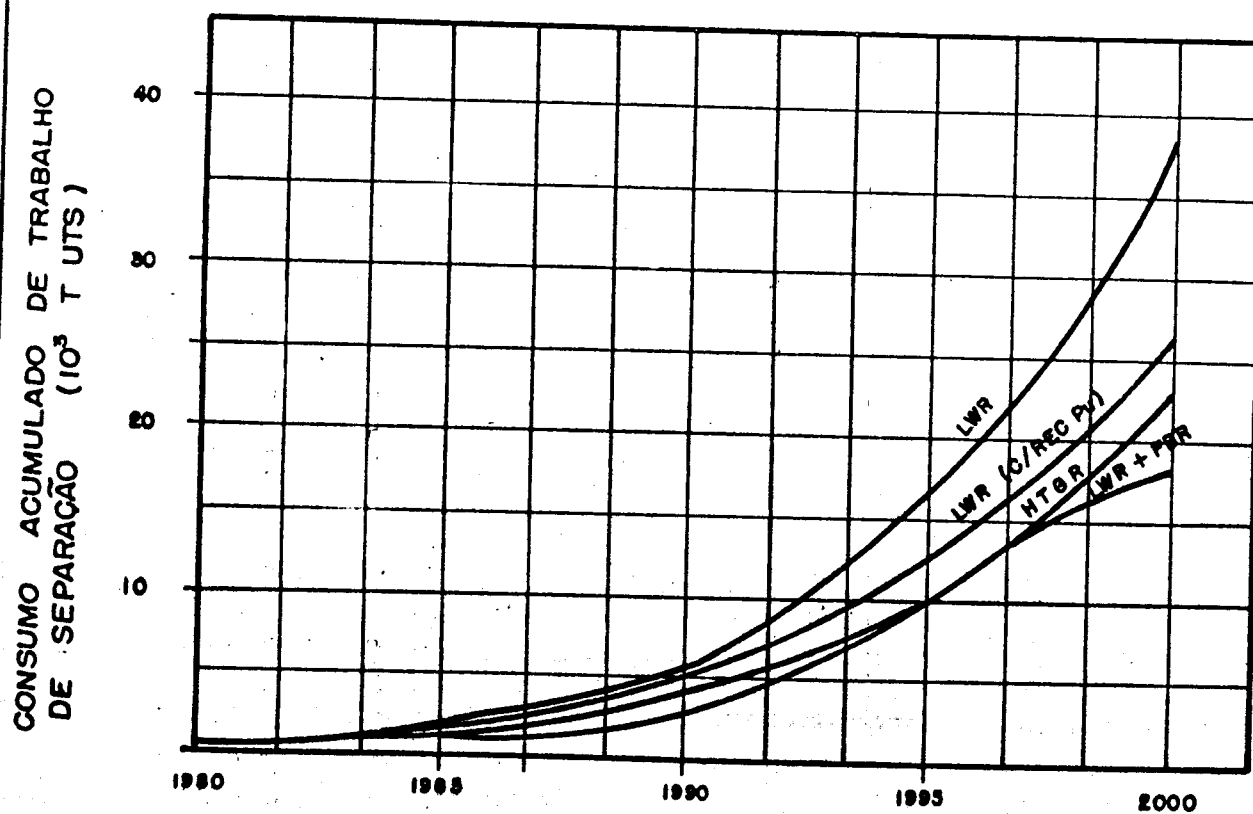
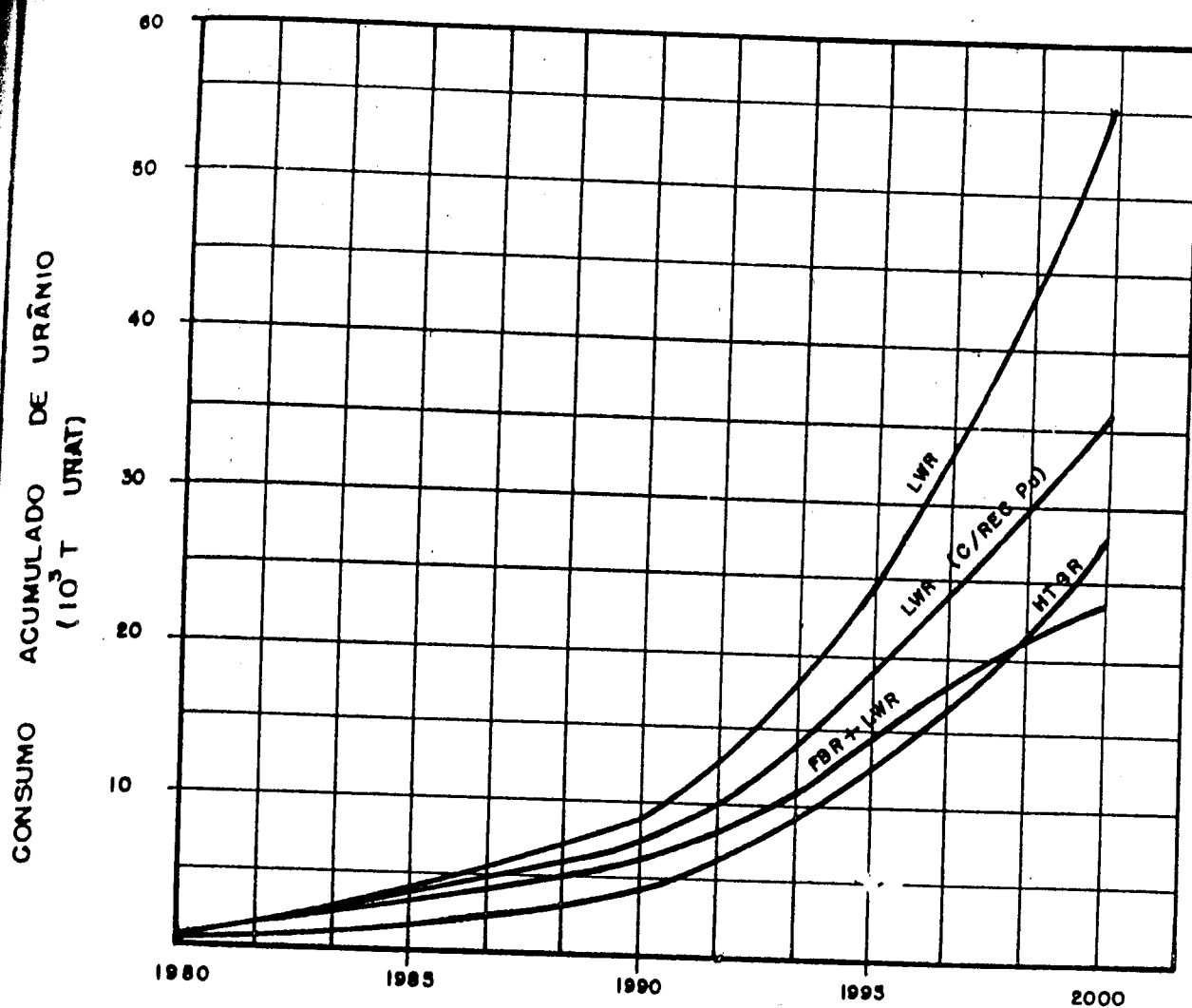


FIG. 3.2 - USOS ALTERNATIVOS DO PLUTÔNIO: INFLUÊNCIA DA RECICLAGEM E DO USO EM REATORES RÁPIDOS  
SÔBRE O CONSUMO DE URÂNIO (A) E DE TRABALHO DE SEPARAÇÃO (B)

## QUADRO II

## RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO NÚCLEO

CARACTERÍSTICAS (Unidades)	Projeto Extrapolado	Projeto Brasileiro
Potência elétrica de projeto da central (MW)	1000	680
Eficiência termodinâmica líquida	40,7	39,40
Potência térmica do núcleo (MW (t))	2457	1740
Refrigerante	Helio	Helio
Pressão de entrada do núcleo (psia)	700	700
Temperatura média de saída do núcleo (°F)	1449	1449
Material do moderador	Grafite	Grafite
Material de refletor	Grafite	Grafite
Material combustível	UO <sub>2</sub> &ThO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub> &ThO <sub>2</sub>
Material combustível alternativo	UC <sub>2</sub> &ThC <sub>2</sub>	UC <sub>2</sub> &ThC <sub>2</sub>
Diâmetro médio do núcleo (pés)	31,1	27,0
Altura do núcleo (pés)	15,6	13,0
Altura ativa do combustível (pés)	15,34	12,78
Altura do refletor axial do topo (pés)	3,22	3,22
Altura do refletor axial da base (pés)	5,17	5,17
Número de elementos combustíveis	3841	2375
Altura dos elementos comb. (polegadas)	31,2	31,2
Altura ativa do elemento comb. (polegadas)	30,67	30,67
Distância entre as faces do bloco hexagonal (polegadas)	14,2	14,2
Elementos combustíveis regulares		
Número de canais de refrigeração menores	6	6
Diâmetro dos canais de refrigeração me <u>no</u> res (polegadas)	0,530	0,530
Número de canais de refrigeração grandes	102	102
Diâmetro dos canais de refrigeração gran <u>de</u> des (polegadas)	0,625	0,625
Número de canais de combustível	210	210
Diâmetro de canais de combustível (pol.)	0,450	0,450
Elementos combustíveis de barras de controle		
Número de canais de refrigeração menores	12	12
Diâmetro dos canais de refrigeração me <u>no</u> res (polegadas)	0,530	0,530
Número de canais de refrigeração grandes	70	70
Diâmetro dos canais de refrigeração grandes (polegadas)	0,625	0,625
Número de canais de combustível	210	210
Diâmetro dos canais de combustível (pol.)	0,450	0,450
Fluxo total de refrigerante (10 <sup>6</sup> lbm/hr)	10,27	7,62
Fluxo de refrigerante núcleo e refletor (10 <sup>6</sup> lbm/hr)	9,8	7,27
Temperatura de entrada no núcleo (°F)	758	791
Variação de temperatura no núcleo (°F)	691	658

Os cálculos para o reator reduzido partiram da decisão de se manter a mesma geometria do reator de referência. Esta decisão está fundamentada no fato de o vaso de concreto protendido, cujo custo é uma parcela considerável no custo total de uma central nuclear, variar muito pouco em dimensões com a potência da central. Por outro lado, esta decisão viria a facilitar os cálculos. A diferença entre o núcleo do reator "reduzido" e o de referência está no número de colunas de elementos combustíveis; enquanto o reduzido tem 5 colunas, o de referência tem 8. Esta diferença é que leva à redução de potência desejada. Tomando este núcleo como ponto de partida, com as mesmas condições e operação do gás refrigerante, foram feitos cálculos térmicos, do ciclo termodinâmico do vapor (realizado pelo Oak Ridge National Laboratory) e da distribuição de potência e temperatura no caroço do reator, os quais determinaram as especificações finais do núcleo, dos geradores de vapor e circuladores de gás. Os principais resultados destes cálculos estão resumidos no Quadro 3.2 comparados com os dados do reator de referência.

O vaso de pressão de concreto protendido, cuja construção aparentemente está ao alcance da tecnologia nacional, teve suas dimensões recalculadas com vistas às novas condições de temperatura e pressão do gás. Estes estudos técnicos do vaso de pressão demonstraram que este deve ter as mesmas dimensões do vaso de pressão de central de referência. Portanto, sob o ponto de vista do custo, é possível que seja mais interessante uma central de maior porte pois o custo do vaso de pressão é uma parcela razoável do custo total.

### 3.2 - Seleção e Construção da Primeira Central Nuclear

#### A - No DEPARTAMENTO DE REATORES

As atividades do Departamento de Reatores relacionaram-se com a implantação no País da geração comercial da energia elétrica de origem nuclear.

Em junho de 1967, o Governo Brasileiro anunciou o seu propósito de dar início a um programa de energia nuclear que, posteriormente, foi equacionado em termos de uma primeira Central nucleoeletrica - Central Nuclear de ANGRA, a ser instalada na Região Sudeste e programada para começar a operar em meados da década de 1970.

O dimensionamento dessa primeira unidade nuclear visou a compatibilizar o tamanho mínimo econômico de reatores de potência à capacidade do sistema elétrico ao qual deverá ficar integrada.

Trata-se de um projeto pioneiro, visando basicamente a desenvolver experiência técnica de projeto, construção e operação de usinas nucleares, assim como propiciar a introdução, no parque industrial brasileiro, de uma tecnologia especializada nesse campo.

Essa primeira unidade foi o principal objetivo do convênio CNEN/ELETROBRÁS, celebrado em 20 de junho de 1968, que rege a cooperação entre as duas entidades no planejamento, construção e operação de centrais nucleares, para fins de produção de energia elétrica, que venha a ser construídas pelo Governo Federal.

Sob a égide do referido Convênio, a CNEN iniciou, em dezembro de 1969, o processo de dinamização do seu Departamento de Reatores, cujas atividades, em 1971, realizaram-se em estreita colaboração com técnicos da ELETROBRÁS, do Departamento de Engenharia Nuclear de FURNAS, subsidiária da ELETROBRÁS encarregada da construção e operação da Central Nuclear de Angra, bem como de engenheiros do IEA, IEN e IPR.

O Departamento de Reatores desenvolveu assim, principalmente, atividades e projetos ligados à Segurança de Centrais Nucleares (3.4), Tecnologia do Combustível Nuclear (5.6), Mobilização da Indústria Nacional (3.6), Tecnologia de Reatores de Potência (4.1) e Seleção de Locais Apropriados para Reatores de Potência na Região Sudeste (3.3).

Com relação às atividades sobre Segurança de Centrais Nucleares, o DR estruturou uma equipe de técnicos capaz de analisar a segurança de centrais nucleares, em particular, da Central Nuclear de Angra (3.4). A equipe é formada por engenheiros do DR e dos três Institutos da CNEN (IEA, IEN e IPR).

Outrossim, houve também a oportunidade de se contar com a colaboração da USAEC e da UKAEA.

Um grupo de técnicos integrantes da Equipe de Segurança acompanha, em Porto Rico, o processo de licenciamento da Central de Aguirre, de aproximadamente a mesma potência térmica (1780 MWt) e mesmo fabricante que a Central Nuclear de Angra. Este processo estando cerca de um ano mais adiantado que a nossa central pioneira, resultará em redução de tempo e em economia de homens-hora, no processo de licenciamento da Central Nuclear de Angra.

### 3.3 - Localização de Centrais Nucleares

#### A - No DEPARTAMENTO DE REATORES

a) Foram realizadas visitas periódicas de inspeção ao "Canteiro de Obras" da Central Nuclear de Angra, com a finalidade principal de se verificar o andamento das atividades relacionadas com as seguintes Recomendações feitas pela CNEN, quando da Aprovação do Local:

- Levantamento geofísico minucioso da baixada de Itaorna;
- Levantamento batimétrico, registro das marés, temperatura e salinidade das águas que banham Itaorna, direção e velocidade das correntes marinhas, estudos de mistura e dispersão;
- Levantamento micrometeorológico da região de Itaorna;
- Inclusão, no projeto da Central, de um fator sísmico adequado para assegurar continuidade de funcionamento e de outro para garantir seu desligamento;
- Prevenir, no projeto da Central, a não interferência do traçado da BR-101 com as operações normais da instalação e;
- Levantamento da radioecologia marinha nas redondezas do Local.

b) Reuniões com elementos do Departamento de Engenharia Nuclear de FURNAS, para exame e discussão de problemas relacionados com as Recomendações referidas no item anterior, tendo-se verificado um andamento satisfatório.

c) Visitas ao local da Central Nuclear de Aguirre, em Porto Rico, cujo projeto é semelhante ao da Central Nuclear de Angra.

d) Participação em reuniões de alto nível, em Porto Rico, para debater problemas relativos ao meio-ambiente, geologia, meteorologia, sismologia e hidrologia do local da Central Nuclear de Aguirre.

e) Estudo da viabilidade do estabelecimento de Escritório Técnico de Apoio da CNEN, próximo ao Canteiro de Obras da Central Nuclear de Angra.

f) Representação da CNEN na Comissão Especial sobre Poluição Ambiental da Câmara de Deputados.

g) Participação no Grupo de Trabalho Intergovernamental sobre Poluição dos Mares, reunido em Londres, de 14 a 18/6/71.

DR -

1.53.01

## SELEÇÃO DE LOCAIS APROPRIADOS PARA REATORES DE POTÊNCIA NA REGIÃO SUDESTE

Organização do projeto plurianual acima, que tem por finalidade selecionar um certo número de locais dotados de condições favoráveis à instalação de centrais nucleares. Esse projeto encontra-se em fase incipiente, face a pequena disponibilidade de pessoal qualificado, tendo sido realizada uma análise preliminar da região.

### 3.4 - Segurança e Licenciamento de Centrais Nucleares

#### 3.4.1 - Análise de Segurança da Central Nuclear de Angra

#### A - NO DEPARTAMENTO DE REATORES

As atividades sobre SEGURANÇA DE CENTRAIS NUCLEARES têm por finalidade criar uma estrutura capaz de analisar centrais nucleares sob o ponto de vista de sua segurança nuclear.

Os documentos básicos para permitir essa análise são os RELATÓRIOS DE ANÁLISE DE SEGURANÇA, PRELIMINAR (RPAS) E FINAL (RFAS), da Central Nuclear, os quais, devido ao fim a que se destinam e às exigências regulatórias, são complexos e extensos.

O DR estruturou, mediante requisição de cerca de 20 engenheiros do IEA, IEN e IPR, uma EQUIPE DE SEGURANÇA DE CENTRAIS NUCLEARES (ANEXO 3.1), cujo objetivo mais próximo é o de avaliar, com eficiência e em tempo hábil, o RPAS da Central Nuclear de Angra, a ser encaminhado oportunamente, por FURNAS, para aprovação pela CNEN.

A principal atividade no ano foi a referente ao treinamento da equipe e consistiu na análise de diversos RPAS de centrais nucleares do tipo PWR, no intercâmbio com especialistas estrangeiros e em estágio no exterior.

O estágio no exterior realizou-se em Porto Rico, acompanhando junto a "Puerto Rico Water Resources Authority - PRWRA", a revisão do RPAS da Central Nuclear de AGUIRRE - CNA, de projeto semelhante ao de ANGRA, cuja revisão vem sendo procedida pela USAEC.

O avanço de mais de 1 ano da Central de Aguirre em relação à de Angra, caracterizado pelo fato da PRWRA ter submetido o respectivo RPAS à USAEC em 1/12/70, está proporcionando à CNEN a obtenção de preciosas informações, dados e soluções de problemas, que deverão resultar em economia de tempo e homens-hora.

Entre os resultados positivos dessa missão em Porto Rico, pode-se citar a participação em:

- debates sobre pontos duvidosos do RPAS de Aguirre, com técnicos da USAEC e da Westinghouse;
- elaboração do programa de treinamento de pessoal para operação e manutenção da CNA;
- estudo comparativo do projeto de algumas centrais tipo PWR;
- elaboração de sugestões com relação ao sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo;
- acompanhamento da elaboração do programa final de Garantia de Qualidade;
- reuniões de alto nível sobre questões relativas ao Sistema Nuclear de Suprimento de Vapor;
- aplicação de computadores na gerência de combustível fora do núcleo

Os contactos com experimentados especialistas estrangeiros em Análise de Segurança, deixaram patente que a sistemática estabelecida pelo Departamento

de Reatores para a avaliação de Segurança de Centrais Nucleares, em particular a de Angra, atende perfeitamente às atribuições e responsabilidades da CNEN nesse setor.

3.4.2 - Normas de Licenciamento de Reatores Nucleares

A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR -

4.08.02

SEGURANÇA DE REATORES E INSTALAÇÕES ASSOCIADAS

Em cumprimento ao programa de prioridade estabelecido pela Divisão de Segurança e Radioproteção do IPR em 1969, foi concluída e apresentada à CNEN, em janeiro, a proposta de "Normas de Licenciamento de Reatores Nucleares", para constituírem o volume nº 3 da Coleção Segurança e Radioproteção, (CNEN-SR-3), iniciada, em 1970, com a primeira edição das "Normas Básicas de Segurança para Proteção Contra as Radiações" - Coleção Segurança e Radioproteção da CNEN - (CNEN-SR-1).

As "Normas de Licenciamento de Reatores Nucleares" foram examinadas pelo Vice-Diretor de Regulamentação da USAEC, tendo recebido, parecer favorável.

As linhas mais importantes dessas Normas fixam requisitos e condições para:

- caracterizar a competência técnica e financeira do requerente;
- aplicação do processo administrativo;
- outras condições a incorporar nas licenças;
- provimento de informações gerais e técnicas pelo requerente, suficientes para demonstrar a segurança do reator e o cumprimento de disposições legais, de regulamentos da CNEN, relatórios de segurança e condições das licenças.

O licenciamento compreende duas fases: para iniciar a construção é necessária uma Permissão de Construção (PC), cujo requerimento é instruído com informações gerais e técnicas disponíveis na ocasião, principalmente com o Relatório Preliminar de Análises de Segurança (RPAS). Nas permissões de construção são fixados



os termos e condições de construção. Para iniciar a operação, é necessária uma Licença de Operação (LO), que será emitida mediante complementação do pedido original, mostrando que a construção foi concluída de acordo com os termos e condições da permissão, e que a operação se fará de acordo com o pedido e com a regulamentação da CNEN. A complementação do pedido é instruída principalmente com o Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS) e com informações adicionais que a CNEN exigir.

Em cada fase, a CNEN deve emitir um Relatório de Revisão de Segurança, Preliminar e Final, respectivamente.

### 3.4.3 - Tecnologia de Segurança

#### A - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

A Divisão de Reatores do IEN está colocando operativos, no computador IBM 360/40, os códigos LEOPARD e THREDS, ambos para os seus trabalhos e que também são de interesse da CNEN e FURNAS, para análise de segurança da Central Nuclear de Angra.

### 3.5 - Participação da Indústria Nacional

#### A - No DEPARTAMENTO DE REATORES DA CNEN

DR-

1.54.01

## MOBILIZAÇÃO DA INDÚSTRIA NACIONAL

Tendo em vista a importância da participação da indústria num programa de construção de centrais nucleares, o Departamento de Reatores vem desenvolvendo o Projeto "Mobilização da Indústria Nacional" iniciado em abril de 1970, cuja execução está prevista no convênio CNEN-ELETROBRÁS como tarefa de ambas as organizações. O projeto conta com a participação da CNEN e seus Institutos, da ELETROBRÁS e de sua subsidiária FURNAS.

Durante o ano de 1971, o projeto se desenvolveu em dois períodos distintos. O primeiro período foi caracterizado pela organização do Grupo Internacional, constituído pelo pessoal da CNEN, ELETROBRÁS e por especialistas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).(\*)

(\*) Chefiado pelo Dr. J. Lane, que já chefiou uma missão, em 1968, de importância para a implantação da Central de Angra.

Este grupo levou dois meses estudando e discutindo com os representantes da indústria as exigências para a construção de vários componentes dos reatores refrigerados a água leve. Durante esse período o grupo inteirou-se de todas as instalações da CNEN, bem como visitou vinte e três (23) indústrias sediadas em São Paulo, Guanabara e Estado do Rio de Janeiro. Nessas visitas, o grupo se deteve na análise da capacidade de construção de equipamentos, isto é, quantidade, tipo e dimensões das máquinas operatrizes na possibilidade de expansão para atender a um amplo programa nuclear e, principalmente, na capacidade de controlar a qualidade de seus produtos.

Este grupo, que trabalhou durante os meses de abril e maio, elaborou um relatório sobre as indústrias visitadas, bem como utilizou dados existentes sobre outras indústrias que não tiveram tempo de visitar. O trabalho contém, além da análise da capacidade técnica e de produção das indústrias visitadas, uma série de informações sobre a capacidade de produção de matéria prima básica, tais como aços comuns e especiais, e metais não ferrosos. Outro ponto importante do relatório consiste na análise do impacto que se produzira na indústria nacional quando da solicitação, pelo programa de centrais nucleares, da construção dos componentes das usinas, alguns de grandes dimensões e com rigorosas especificações de precisão e controle de qualidade. Foram realizados estudos comparativos entre a mão de obra especializada do Brasil e dos Estados Unidos e a conseqüente necessidade de preparação de pessoal para atender a um programa até 1990. Importantes conclusões e recomendações constam do relatório (Anexo 32).

Esse documento constitui o "Relatório Preliminar" no Projeto, uma vez que se utilizou para análise uma amostragem relativamente pequena de indústrias (23 entre mais de 100).

O relatório foi publicado pela AIEA como "TA Report nº 659", de 4 de agosto do corrente, sob o título "Participation of Brazilian Industry in the Nuclear Power Programme".

O segundo período do ano caracterizou-se por uma reformulação total do programa de Mobilização Industrial em decorrência do aumento de engenheiros no projeto, bem como da necessidade de dar maior profundidade aos trabalhos já realizados no Relatório Preliminar.

O projeto foi dividido nas seguintes etapas:

- 1a. Etapa
  - Visitas às indústrias mecânicas, elétricas, eletrônicas e outras que possam participar da construção de equipamentos e componentes de usinas nucleares;
  - Questionário - envio às indústrias de questionários destinados ao levantamento dos principais elementos que caracterizam sua capacidade de técnico-industrial e econômica;
  - Fichário - organização de um fichário contendo todos os dados necessários à análise da capacidade das indústrias nacionais.
- 2a. Etapa
  - Análise dos elementos cadastrados - consta do estudo detalhado dos principais componentes da usina a fim de selecionar as empresas capazes, técnica e economicamente, de contribuir para o programa nuclear.
- 3a. Etapa
  - Relatório conclusivo - é o relatório final contendo o desenvolvimento, a análise e as conclusões do trabalho.

Assim, para preparação do Relatório Preliminar e para dar prosseguimento ao Relatório Final, foram executadas, em 1971, as seguintes atividades:

- Visitas às Indústrias - foram visitadas as indústrias das áreas de São Paulo, Estado do Rio de Janeiro, Guanabara e Rio Grande do Sul, que resultaram na apresentação de relatórios sucintos sobre as principais características das empresas. A cada empresa visitada foi entregue um questionário contendo pedido de informações detalhadas sobre sua capacidade técnica e financeira. Com as visitas deste ano, já se concluiu cerca de 60% desta etapa do projeto.
- Fichário das Indústrias - foi iniciada a elaboração de um fichário detalhado das empresas a serem cadastradas.

ANEXO - 3.1

ANÁLISE DE SEGURANÇA DA CENTRAL DE ANGRA  
COMPOSIÇÃO DA EQUIPE MISTA DR/IEA/IEN/IPR

Distribuição das seções do RPAS pelos  
Componentes da Equipe de Análise de Segurança de Centrais  
Nucleares:

1. GRUPO DO MEIO-AMBIENTE E OPERAÇÕES  
(Sediado na DSL)

Seção 1 - Descrição Sumária

Todos Técnicos

Seção 2 - Local e Ambiente e

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata):

Marcos Grimberg (DR)

Clovis Walter Rodrigues (IPR)

Seção 11 - Resíduos Radioativos e Proteção Radiológica

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Marcos Grimberg (DR)

Clovis Walter Rodrigues (IPR)

Paulo Werth Urban (IPR)

Seção 12 - Condução de Operações e

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata)

João Batista da Rocha e Silva (IPR)

José Eduardo Leme Salvatore (IEA)

Seção 13 - Ensaaios e Operações Iniciais e

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata)

José Eduardo Leme Salvatore (IEA)

Paulo Werth Urban (IPR)

2. GRUPO DO COMBUSTÍVEL E TÉRMICA  
(Sediado na DCM)

Seção 1 - Descrição Sumária

Todos Técnicos

Seção 4 - Sistema de Refrigeração do Reator

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Borisas Cimblaris (IPR)

Walter Heubel Branco (IEN)

Wilson Mello da Silva Filho (IPR)

Seção 9 - Sistema Auxiliares e de Emergência

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

José Fairbanks Evangelista (DR)

Mauro Maurício Guimarães da Silva (DR)

Seção 10 - Sistema de Vapor e Conversão de Energia

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Borisas Cimblaris (IPR)

Wilson Mello da Silva Filho (IPR)

3. GRUPO DE PROJETO (Sediado na DEP)

Seção 1 - Descrição Sumária

Todos Técnicos

Seção 6 - Sistema de Engenharia de Segurança

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Xamuset Campello Bittencourt (DR)

Waldyr Pollis (DR)

José de Júlio Rosental (IEN)

Ruth Klawka (IEN)

Rubens Antonio Barcellos (IEN)

#### 4. GRUPO DE ENGENHARIA (Sediado na DER)

##### 4.1 Subgrupo de Tecnologia

Seção - Descrição Sumária

Todos Técnicos

Seção 3 - Reator

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Leonardo Márcio Vilela Ribeiro (IPR)

Paulo Olívio Ribas (IPR)

Seção 5 - Sistema de Contenção

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Carlos Werth Urban (IPR)

Ione Bellini (IEN)

Xamuset Campello Bittencourt (DR)

##### 4.2 Subgrupo de Instrumentação e Controle

Seção 1 - Descrição Sumária

Todos Técnicos

Seção 7 - Instrumentação e Controle

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata)

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Julio Jansen Laborne (DR)

Luiz A. Queiroz e Oliveira (IPR)

José Eduardo Leme Salvatore (IEA)

Allessandra Kepinsk (IEN)

Seção 8 - Sistemas Elétricos

Seção 14 - Análise de Segurança (na área correlata) e

Seção 15 - Especificações Técnicas (na área correlata)

Luiz Maurício Wanderley de Souza (IPR)

Luiz A. Queiroz e Oliveira (IPR)

Paulo Olívio Ribas (IPR)

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO RELATÓRIO DA AIEA

"PARTICIPAÇÃO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA EM UM PROGRAMA  
NUCLEAR"

As instalações fabris e sua capacidade são atualmente adequadas, sobretudo para a produção de itens menores de uma usina nuclear, destinados a operar sob condições mais ou menos convencionais. Para tais componentes, entretanto, deve ser salientado que, em muitos casos, são necessários padrões de qualidade consideravelmente mais altos do que os normalmente usados no Brasil na produção dos itens convencionais.

A capacidade da indústria nacional de produzir um número cada vez maior de componentes de centrais nucleares pode ser desenvolvida no futuro. Isto requererá um esforço de desenvolvimento de engenharia e gerência de projeto.

No caso de alguns componentes maiores do sistema de suprimento de vapor nuclear, como o vaso de pressão de aço inoxidável, as bombas principais de recirculação, e os geradores de vapor, a importação poderá vir a ser necessária durante vários anos, até que o "know-how" de engenharia, os materiais de construção, e a maquinaria de fabricação requerida estejam disponíveis no Brasil.

O mercado prospectivo para componentes de usinas nucleares, que possam ser fabricados no Brasil, justifica um esforço sério para mobilizar a indústria para este fim.

O desenvolvimento de uma indústria nuclear no Brasil, qualquer que seja a dimensão necessária, requererá um planejamento cuidadoso e uma cooperação estreita entre o Governo brasileiro e as indústrias relativas. Todos os aspectos de tal programa devem ser esclarecidos antes da tomada de qualquer decisão.

Em particular, os procedimentos para o estabelecimento de contratos de desenvolvimento devem ser firmemente estabelecidos, baseando-se fortemente na experiência de outros países.

Deve ser feita uma avaliação dos campos específicos de atividades a serem incluídos no programa de mobilização industrial. Estas atividades não devem necessariamente ser limitada ao campo nuclear, porque investigações de componentes convencionais correlatos estimularão grandemente o programa nuclear.

Devem ser formados grupos qualificados para estabelecer e acompanhar contratos de desenvolvimento, tanto do ponto de vista financeiro quanto técnico. Os Institutos da CNEN (IEN, IPR e IEA) devem desempenhar um papel importante neste programa, entre tanto, as práticas atuais de administração e de engenharia devem ser aperfeiçoadas para atingir os melhores resultados possíveis.

Exemplos de contratos de desenvolvimento que devem ser considerados são:

- 1) Cálculo e projeto do trocador de calor para serviços nucleares, incluindo fabricação e teste de uma seção de trocador.
- 2) Solda de placas de aço inoxidável com espessura acima de 50 mm, seguida de tratamento térmico e testes destrutivos.

Cada contrato deve incluir um levantamento bibliográfico completo, o preparo de relatórios de progresso e um relatório final.



4.1	<ul style="list-style-type: none"><li>- REATORES A ÁGUA (LEVE E PESADA)<ul style="list-style-type: none"><li>4.1.1 - Pesquisa Fundamental</li><li>4.1.2 - Pesquisa Tecnológica</li><li>4.1.3 - Pesquisa de Desenvolvimento</li><li>4.1.4 - Centrais Comerciais</li></ul></li></ul>
4.2	<ul style="list-style-type: none"><li>- REATORES A ALTA TEMPERATURA<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1 - Pesquisa Tecnológica<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.2.1 - Estudos térmicos visando a reatores a gás</li><li>4.2.2.2 - Estudos neutrônicos visan<u>do</u> a reatores a gás</li></ul></li><li>4.2.2 - Pesquisa de Desenvolvimento</li><li>4.2.3 - Centrais Comerciais</li></ul></li></ul>
4.3	<ul style="list-style-type: none"><li>- REATORES RÁPIDOS<ul style="list-style-type: none"><li>4.3.1 - Estabelecimento de um Programa de Reatores Rápidos</li><li>4.3.2 - Pesquisa Tecnológica<ul style="list-style-type: none"><li>4.3.2.1 - Montagem crítica "COBRA"</li><li>4.3.2.2 - Circuitos térmicos a sódio</li></ul></li></ul></li></ul>



## TECNOLOGIA DE REATORES

A - Na COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

A partir de 1970, a Presidência da CNEN determinou que houvesse uma divisão de tarefas entre os três Institutos, cada um deles se especializando em um tipo particular de reator de potência. Assim, coube:

Ao IPR - Reactores a água (leve e pesada) (LWR e HWR)

Ao IEA - Reactores a alta temperatura (HTGR)

Ao IEN - Reactores rápidos (FBR)

As pesquisas realizadas visam a dotar a CNEN de "know-how" básico em cada uma das tecnologias acima, de modo a poder, judiciosamente, escolher os reatores mais adequados para o programa a curto (LWR e HWR), médio (HTGR) e longo (FBR) prazos. Essa divisão, porém, não exclui a participação de todos os Institutos na área da tecnologia a água, dada a sua importância para o programa a curto prazo, já que foi esta a tecnologia admitida para a primeira central nuclear brasileira.

### 4.1 - Reactores a água (Leve e Pesada)

A - Na COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

O programa de reatores a água é prioritário para a CNEN, considerando serem estes reatores plenamente desenvolvidos do ponto de vista comercial, tendo sido os únicos admitidos para a concorrência da primeira central nuclear brasileira.

A CNEN está desenvolvendo este programa em quatro níveis:

- pesquisa fundamental
- pesquisa tecnológica
- pesquisa de desenvolvimento
- centrais comerciais

As respectivas realizações no decorrer de 1971 são relatadas a seguir, cumprindo observar, de início, que as pesquisas tecnológicas e de desenvolvimento estão

essencialmente a cargo do IPR, e as tarefas vinculadas às centrais comerciais, a cargo do Departamento de Reatores da CNEN. À pesquisa fundamental nesta área se dedicam sobretudo o IEA e o IEN.

#### 4.1.1 - Pesquisa Fundamental

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA -

2.06.13

#### MÉTODOS POLINOMIAL, DE MULTIGRUPO E DE ESFÉRICAS HARMÔNICAS NA SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE BOLTZMAN

##### a) Métodos Polinomiais e de Esféricas Harmônicas

O "problema de Milne", com dependência energética e angular, foi resolvido, em Teoria de Transporte, tendo sido utilizado o Método PEA (P.S. Toledo - Contribuição ao Método Polinomial de Solução Aproximada da Equação Polienergética de Boltzman - Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo) na solução da Equação de Boltzman.

As condições de contorno usadas foram as de Mark e o núcleo de espalhamento foi escolhido isotrópico.

Neste trabalho efetuou-se um estudo para métrico, onde se pode observar a influência de fronteira, absorção e transporte nos fluxos energéticos e espacial. Além disso, tal estudo mostra qual a ordem máxima dos Polinômicos de Laguerre (parte energética) que se deve adotar para se ter resultados, com aproximação aceitável. Um resultado interessante, não encontrado na literatura, foi obtido quando se tomou a aproximação  $P_3$ . Neste caso, encontraram-se os auto-valores separados em dois grupos, em vez de um só grupo como acontece na aproximação  $P_1$ , o que se pode constatar, facilmente, em vários trabalhos publicados.

Os cálculos numéricos foram feitos no computador IBM-1620/Mod. II do IEA; e, devido a sua pequena capacidade de memória e lentidão no processamento, só se pode considerar aproximações  $P_1$  e  $P_3$  dos Polinômicos de Legendre (parte angular) e isto, usando-se espalhamento isotrópico.

Com a possibilidade de utilização de um IBM-370/155 previsto para ser instalado no IEA em 1972, estudos sobre o assunto, porém em aproximações angulares de ordem mais alta, e espalhamento anisotrópico, estão sendo feitos. Alguns cálculos preliminares, ainda possíveis de serem realizados no IBM-1620, já estão em andamento.

- b) Programa para Cálculo de Constantes, Fluxos e "Colapsos" de Seções de Choque de Número Maior de Grupos para Número Menor de Grupos.

Estes cálculos estão sendo feitos pelo Programa "Old Barnward". É um programa escrito em linguagem Kingstran, da qual não existe compilador no IEA e que está sendo adaptado ao FORTRAN para o Computador IBM-1620/Mod. II do IEA.

É composto de duas partes principais. A primeira calcula o fluxo de nêutrons num meio moderador ou multiplicador, com 23 grupos de energia (11 epitérmicos e 12 térmicos), bem como diversas constantes rápidas e térmicas, tais como: Idade de Fermi, área de migração, velocidade média e mais provável dos nêutrons, e parâmetros de absorção. Na segunda parte do programa, o fluxo é utilizado como fator de peso para o cálculo das seções de choque de um número maior de grupos para um número menor.

Realizaram-se vários testes e diversos resultados já foram obtidos corretamente. Alguns testes, dependendo da região de energia, não deram os resultados esperados. Muitas tentativas de correção foram feitas sem sucesso e, finalmente, chegou-se à conclusão de que há certa incompatibilidade entre a linguagem original e o FORTRAN, do IBM-1620/Mod. II do IEA.

IEA -

2.06.14

## CÁLCULO, PROJETO E EXECUÇÃO DE MONTAGEM SUBCRÍTICA

- a) Subcrítica a água pesada

Foram feitos cálculos de montagens subcríticas de  $\text{UO}_2$  e  $\text{D}_2\text{O}$  aplicando a teoria de dois grupos. Estão em andamento os estudos e cálculos com teoria de três e quatro grupos, para efeito de comparação dos  $k_{\text{eff}}$  e dos fluxos obtidos.

Estes cálculos servirão para a possível construção de uma montagem subcrítica para fins de treinamento. O óxido de urânio será usado em forma de pastilhas que poderão ser fornecidas pelo próprio IEA.

b) Subcrítica a água leve

Os cálculos neutrônicos foram feitos empregando a teoria de dois e quatro grupos.

IEA -  
2.06.06

ESTUDOS TÉRMICOS COMPARADO DE REATORES NUCLEARES

Concluindo o estudo das técnicas para o cálculo térmico de reatores nucleares, o que corresponde à 1a. fase desta pesquisa. Como resultados foram completados os seguintes trabalhos:

- 1 - Estudo dos Problemas de Transferência de Calor em Dutos de Seção Retangular;
- 2 - Estudo Hidrotérmico do Núcleo do Reator de Piscina IEA-R1 com vistas ao aumento de potência.

No primeiro destes trabalhos (1), dois problemas de transferência de calor são analisados, simultaneamente: a condução de calor nas paredes que formam o duto e a transferência de calor por convecção entre as paredes que formam o duto e um fluido escoando no interior do mesmo.

Foi empregado um método numérico para a solução da equação de energia. O regime de escoamento considerado foi o turbulento, com circulação forçada. As distribuições de velocidade e difusividade foram obtidas aplicando relações empíricas. As equações de diferenças finitas foram deduzidas pelo Método de Balanço Térmico e ao sistema de equações resultantes aplicou-se o Método iterativo de Gauss-Seidel para obtenção, em um computador IBM 360/44, dos resultados numéricos.

Foram estudados, inicialmente, dois casos: escoamento de ar em um duto de seção retangular com relação de forma 5:1 e escoamento de água em um duto de seção retangular com relação de forma 10,8:1. Com esses dados, pôde-se fazer uma comparação dos resultados calcula

dos com os obtidos experimentalmente; dada a boa concordância verificada pôde-se concluir a exatidão do procedimento empregado.

Finalmente, efetuou-se um estudo da influência da condutibilidade térmica do material das paredes, na distribuição de temperaturas e, principalmente, na relação entre a temperatura máxima da parede e a temperatura média da mesma.

No trabalho (2), é apresentado um estudo do térmico e hidráulico do núcleo do reator IEA-R1, visando a avaliar as margens de segurança durante a operação em regime permanente e convecção forçada, para as potências: 2 MW, 5 MW e 10 MW.

Imposta as condições de funcionamento (potência de operação, temperatura de entrada da água no núcleo e velocidade de escoamento no canal), é calculada a margem de segurança existente entre a temperatura da parede e a temperatura limite do fluido refrigerante, no canal mais quente, aplicando-se fatores de incerteza.

Estes fatores de incerteza foram introduzidos no cálculo hidrotérmico do núcleo do reator, através da aplicação de dois métodos: estatístico e convencional.

#### B - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN -

3.08.03

#### ESTUDOS TEÓRICOS EM REATORES

Realizou-se um estudo da possibilidade de utilização de um "blanket" de urânio natural em um reator tipo piscina. Para tanto, foi estudada a Física de Reatores correspondentes aos LWBR, bem como adaptou-se o código CARMEN (do IEN) na versão WANDIC 1-A.

Do Argonne Computer Center, adquiriram-se os códigos LEOPARD e THREADS, sendo que o primeiro já foi depurado e se acha operativo.

#### 4.1.2 - Pesquisa Tecnológica

#### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

O programa tecnológico da CNEN em reatores a água está sendo conduzido pelo IPR, sendo voltado,

principalmente, para a implantação dos laboratórios especializados nas áreas de Neutrônica e Térmica, fundamentais ao projeto e construção de reatores de potência.

É relevante destacar que a indústria nacional vem participando, ativamente, na concretização destes laboratórios e respectivas instalações e montagens nucleares. As especificações de projeto, extremamente rigorosas, constituíram um desafio tecnológico às firmas selecionadas para a sua realização. Estas firmas, entretanto, que exercem suas atividades, normalmente, no campo clássico da indústria eletro-mecânica, corresponderam à expectativa, integrando-se perfeitamente no projeto.

O desenvolvimento desses projetos, com a integração da indústria, além de transferir ao pessoal da CNEN um excelente "know-how" no campo industrial, constitui uma experiência que, se multiplicada, conduzirá à participação ponderável da empresa industrial nos projetos e instalações nucleares, entre os quais se incluem os reatores de potência.

IPR-  
4.04.05

#### INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DO LABORATÓRIO DE NEUTRÔNICA

O Laboratório de Neutrônica, criado para preparar, executar e interpretar experiências com fontes emissoras de nêutrons, terá a seu cargo a exploração da montagem subcrítica CAPITU e da montagem crítica a água leve, a primeira já em fase de conclusão e a segunda em fase de anteprojeto.

A primeira tarefa do Laboratório é, então, treinar uma equipe de engenheiros e físicos capaz de desempenhar aquelas funções com o grau de especialização compatível com os objetivos da CAPITU, a primeira instalação a entrar em operação.

Assim, as tarefas do laboratório dividem-se em:

- i) desenvolvimento de técnicas básicas
- ii) desenvolvimento de técnicas de medidas de parâmetros de reticulado
- iii) projeto da montagem subcrítica CAPITU.



## i) Desenvolvimento de técnicas básicas

Ao mesmo tempo em que se treina pessoal, procura-se dotar o Laboratório de Neutrônica de uma infra-estrutura de pesquisas. Tendo-se em vista que a maioria dos trabalhos previstos para a exploração da subcrítica "CAPITU" irá requerer a medida de atividades beta e gama, procurou-se preparar o pessoal e o equipamento para realizar estas medidas, com a precisão compatível com os objetivos de cada experiência.

- No caso da contagem beta, o Laboratório dispõe de um sistema de contagem de baixo "background", que permitiu, pela otimização dos tempos de contagem, realizar medidas de baixo nível, com precisão melhor que 1%. Assim é que se conseguiu medir idade de nêutrons e realizar o mapeamento de fluxo na subcrítica URANIE, dispondo de uma fonte de nêutrons de apenas  $4,8 \times 10^6 \text{ ns}^{-1}$ .

- Para contagens gama, preparou-se uma blindagem de chumbo cúbica, de 0,60 m de lado, revestida com cobre para reduzir o efeito de retroespalhamento e eliminar a radiação-X do chumbo, excitada pela radiação gama da amostra. Essa blindagem permite realizar a comparação de amostras com precisão melhor que 1%, usando-se a técnica de correção das contagens sob o fotópico, pela medida das áreas total e corrigida do efeito Compton. Um cintilador NaI (T1), de 3" x 3", foi calibrado em termos de eficiência "versus" energia, para várias distâncias usando-se fontes calibradas fornecidas pela AIEA.

- As medidas absolutas de atividade pelo método de coincidências realizaram-se para os emissores  $\beta - \gamma$  ( $\text{Au}^{198}$ ) e  $\gamma - \gamma$  ( $\text{Co}^{60}$ ). No caso do  $\text{Au}^{198}$ , as amostras em coincidência foram comparadas a um padrão de  $\text{Sn}^{133}$  (AIEA). Superadas algumas dificuldades iniciais, com a adoção de pulsos bipolares para reduzir e estabilizar o tempo de resolução, chegou-se à aproximação de 2%.

Para o  $\text{Co}^{60}$ , a principal dificuldade reside na resolução das energias de 1,17 MeV e 1,33 MeV. Usando cintiladores de NaI de 3" x 3", a resolução não é suficiente para permitir a discriminação dessas energias, sendo então necessário efetuar correções nas contagens de cada canal. Levado em conta o efeito de correlação angular, pela disposição adequada dos detetores, obteve-se uma aproximação de 2% entre as amostras medidas em coincidência, e um padrão da AIEA.

## ii) Medidas de parâmetros de reticulado

O Laboratório vem operando a subcrítica URANIE a água leve e urânio metálico, para treinamento. Neste conjunto, foram realizadas quatro medidas do fator de multiplicação efetivo, pelo método de carregamentos sucessivos, encontrando-se o valor  $k_{ef} = 0,86$ .

O resultado acima permite controlar os resultados das medidas de laplaciano.

Efetuarão-se, ainda, na URANIE, o mapeamento de fluxo térmico com detectores BF<sub>3</sub> miniatura e lâmina de In, com vistas ao cálculo do laplaciano. Os dados experimentais estão sendo interpretados pelos métodos de ajuste de curva e dos momentos.

Como trabalhos preliminar para a medida de reatividade da subcrítica URANIE pelo método da fonte pulsada, foram iniciadas medidas de parâmetros de moderador (H<sub>2</sub>O). Este trabalho preliminar possibilitará arranjar o equipamento de detecção do pulso de nêutrons, que compreende um tubo BF<sub>3</sub>, analisador e "multi-scaler". Os volumes de moderador deverão ser cilindros equiláteros, para se obter, por comparação com os resultados das equipes do IEA (volumes cúbicos) e do IEN (volumes esféricos) (cf. item 11.4), informações sobre efeito de forma na constante de decaimento do pulso.

## iii) Projeto da Montagem Subcrítica "CAPITU"

As atividades relativas à subcrítica a água pesada "CAPITU" decorrerão segundo duas linhas paralelas: estudos da futura operação e montagem das instalações.

Dentre os estudos, destacam-se os indicados a seguir:

- a comparação dos cálculos de criticalidade pelos métodos heterogêneo e homogêneo códigos HECTOR e CARMEN;
- código para o estudo de distribuição axial do fluxo Teoria do Transporte, aproximação P<sub>3</sub>;
- código de cálculo do laplaciano, pelo método dos momentos;
- ajuste de exponenciais (Método de Prony), para obtenção do laplaciano, por meio de nêutrons pulsados.

A fase de preparação para a montagem constituiu-se em revisões minuciosas do projeto construtivo e do suprimento de equipamentos, instrumentos e materiais. Ainda no primeiro trimestre, tomaram-se as providências necessárias ao início das obras de montagem.

Os detalhes da execução foram programados em "Critical Path Method" (CPM) e num cronograma de execução.

Em meados do ano, iniciaram-se as obras, tendo sido atacadas em conjunto, as instalações elétricas e montagens mecânicas indicadas a seguir:

Instalações elétricas: - montagem e alimentação dos painéis e das bombas;

- ligação dos equipamentos e instrumentos.

Montagens mecânicas: - embasamento dos equipamentos

- ponteamto da parte da tubulação de aço inoxidável

- montagem da infra-estrutura do tanque experimental.

A instrumentação de controle, de responsabilidade do IPR, acha-se em fase final de montagem. Consta de canais de medida de fluxo, medidor de período, canais de proteção radiológica, circuito indicativo de nível máximo de  $D_2O$  no tanque, circuito de detenção de fugas de  $D_2O$ , e sistema de intertravamento e sinalização. Na sua construção utilizaram-se técnicas modernas, tendo sido instalado, para tal fim, um laboratório de circuitos impressos.

No fim do ano, foi recebido e colocado em operação o gerador de nêutrons que será utilizado como fonte de nêutrons (cf. item 11.4). Foi, ainda, especificado e encomendado o sistema de elevação do gerador, para adaptá-lo à subcrítica.

As cargas de combustível, provenientes dos EUA (aluguel) e da França (empréstimo), foram também recebidas. Estão sendo estudadas soluções para o enfaixamento das mesmas. Os primeiros ensaios de combustível fabricado no IEA para a futura carga de combustível nacional estão sendo feitos (cf. item 4.1.3.1 - Laboratórios de Ensaio de Elementos Combustíveis).

Ainda no final do ano, recebeu-se o tanque experimental e estrutura suporte.

No desenvolvimento da montagem, foram ultrapassados o CPM e o cronograma, pelas seguintes razões:

- não cumprimento dos prazos de entrega, por parte de algumas firmas fornecedoras;
- inexistência, na praça de Belo Horizonte, de fornecedores qualificados em aço inoxidável;
- inexperiência em montagem especializadas como a da subcrítica.

Devido a estas dificuldades, as obras foram interrompidas em fins do ano, até que fossem recebidos os equipamentos restantes, e encontrados técnicos qualificados para execução dos serviços. Prevê-se para março de 1972 o reinício dos trabalhos de montagem.

IPR -  
4.04.03

#### PROJETO E CONSTRUÇÃO DA MONTAGEM CRÍTICA

Destina-se a montagem crítica a água leve a simular o reticulado do núcleo da Central Nuclear de Angra, devendo servir de apoio experimental à análise do acompanhamento físico deste reator. Constitui-se em uma tarefa plurianual, devido ao vulto do empreendimento.

Os trabalhos de anteprojeto foram iniciados no decorrer do ano, tendo-se essencialmente concentrado no preparo de um conjunto de códigos de computador, básicos para o cálculo físico de reatores a água leve.

A fim de se acoplar um código de cálculo de espectro de nêutrons em moderação (domínios rápido e epitérmico) a um código de cálculo de espectro de nêutrons térmicos, como é usual, escolheu-se:

- um código em teoria multigrupo, tipo MUFT-4, para cálculo de espectro de moderação e de constantes de (um ou três) macrogrupos rápidos; e
- um código sintético tipo COELACANTHE para cálculo do espectro de nêutrons térmicos e das constantes do macrogrupo térmico.

Efetuu-se uma análise detalhada dos dois formalismos e do acoplamento dos códigos.

O código misto resultante fornecerá constantes de dois ou quatro macrogrupos de energia para utilização posterior em cálculos de criticalidade e de distribuição de fluxo (difusão zero, mono ou bidimensional). Dois códigos já em operação, RIFIFI-II (cedido pelo Commissariat à l'Energie Atomique, França) e CARMEN (desenvolvido no IEN, e modificado no IPR) permitem o cálculo em teoria a dois grupos, a uma dimensão.

Foi também elaborado um código de cálculo de probabilidades de colisão (teoria integral do transporte) seguindo o formalismo do programa francês ALCOLL; acoplado ao mesmo opera CORTINA, código que calcula distribuição espacial de nêutrons mono-energéticos em uma célula cilíndrica. Ambos são necessários para determinação dos fatores de desvantagem (térmicos) e de vantagem (rápidos).

Foi estudado e desenvolvido o programa de cálculo de espectro de nêutrons térmicos, PROTER, baseado no formalismo de termalização do modelo secundário de Cadilhac.

À Biblioteca de Programas de Computador (CPL), da Agência Européia para Energia Nuclear (ENEA) solicitaram-se alguns programas, cuja descrição sumária é dada a seguir:

- LEOPARD: Calcula o espectro de nêutrons em reatores moderados e refrigerados a água leve, em teoria multigrupo, utilizando MUFT (54 grupos) e SOFOCATE (172 grupos). Calcula, ainda, o fator de multiplicação e, opcionalmente, a queima ("burn-up") puntual.
- AIM-6: Resolve as equações de difusão a uma dimensão pelo método das diferenças finitas nas três geometrias. Admite até 18 grupos de energia e calcula o fluxo em até 101 pontos.
- FOG: É análogo ao AIM-6. Trata o problema energético em apenas 1 a 4 grupos. Aceita 239 pontos para cálculo da distribuição do fluxo e até 40 regiões.

- ZUT e TUZ: Fazem o cálculo das integrais de ressonância a partir de parâmetros de ressonância. ZUT trata as ressonâncias resolvidas, TUZ, as não-resolvidas.

O Centro de Códigos de Argonne (ACC), sugeriu, em substituição a FOG e AIM-6, remeter os programas:

- THREDES: Programa capaz de fazer um cálculo completo de reator em uma só execução. Incorpora os códigos:
- BAM - (cálculo de seções de choque médias no domínio térmico e de fatores de desvantagem; fornece dados para utilização em FORN, FOG ou KINDLE), FOG e KINDLE (resolução analítica das equações de "burnup" e da equação de reatividade). THREDES permite a utilização destes códigos separadamente.
- CAESAR: Resolução das equações de difusão a uma dimensão, em teoria multigrupo, pelo método das diferenças finitas. Permite uma ampla escolha de condições de contorno, várias opções para o cálculo da criticalidade, várias saídas e cálculos auxiliares. Utiliza os códigos AIM, FOG, FAIM (resolve as equações de difusão multigrupo a uma dimensão, baseada em AIM-6), PERT (cálculo de perturbação) e ARES-2 (cálculo de integrais de ressonância efetivas e de seções de choque multigrupo, tratando as regiões em  $1/v$ , resolvida e não resolvida).

Foram recebidos os seguintes códigos cedidos à CNEN pela AEG-TELEFUNKEN (Frankfurt):

- QUEL-PDQ.41: Resolve o sistema de equações de difusão não-homogêneas a duas dimensões pelo método das diferenças finitas (em geometria XY ou RZ) para até quatro grupos de energia. Calcula a distribuição espacial de fluxos. Baseia-se no programa PDQ-2/500.
- PDQ-N: Programa semelhante ao anterior. A diferença essencial é que resolve equações de difusão homogêneas.

Foi solicitada à SIEMENS (Erlangen) a cessão dos quatro códigos seguintes:

- MUFT-4 - Cálculo do espectro de moderação.
- THERMOGROUP-6: Determina o espectro de nêutrons térmicos em teoria multigrupo, para meio homogêneo. Admite seções de choque para 84 isótopos.

- THERMOPYL: Como o anterior, mas tratando células heterogêneas (geometria cilíndrica ou placa), com 141 pontos de energia e até 10 regiões.
- EQUIPOISE: Resolve a equação de difusão em duas dimensões para placas e cilindros, considerando dois grupos de nêutrons.

Em fins do ano, discussões relativas às diretrizes a serem seguidas em 1972, que levaram à elaboração de um Fluxograma de Atividades, dividido em fases (Fig. 4.1) no qual a fase-1, qual seja, precisar os objetivos da montagem crítica e definir os critérios que levam a uma escolha do conceito, foi amplamente detalhada (Fig. 4.2).

IPR -  
4.04.04

## INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DO LABORATÓRIO DE HIDROTÉRMICA

O Laboratório de Hidrotérmica visa, inicialmente, à formação de uma equipe voltada para problemas térmicos e hidráulicos que ocorrem nos reatores a água. Esta equipe se encarregou, no corrente ano, do projeto, execução e operação do equipamento de que necessita para as medidas de parâmetros de interesse no estudo de transferência de calor de água, em uma ou duas fases.

O Laboratório é constituído essencialmente por dois dispositivos experimentais: Circuitos Térmicos nºs 1 e 2, o primeiro em fase de montagem e o segundo, de anteprojeto. Outros dispositivos destinados a experiências de suporte, de cunho fundamental, são planejados e construídos à medida das necessidades. Dentre estes, construíram-se, neste período, os Circuitos Térmicos nºs 3 e 4.

### - Circuito Térmico nº 1

Devido à sua grande flexibilidade de projeto, o Circuito Térmico nº 1 assegurará longa série de experiências em fase líquida para, em seguida, permitir que se passe a estudos de transferência de calor com ebulição, em condições mais severas. Destina-se, principalmente, a estudos fundamentais e desenvolvimentos de instrumentação.

Este circuito é caracterizado por suas condições extremas superiores de operação, que são: pressão de 15 kg/cm<sup>2</sup>, potência em c.c. de 350 kW e vazão volumétrica de 5 l/s.

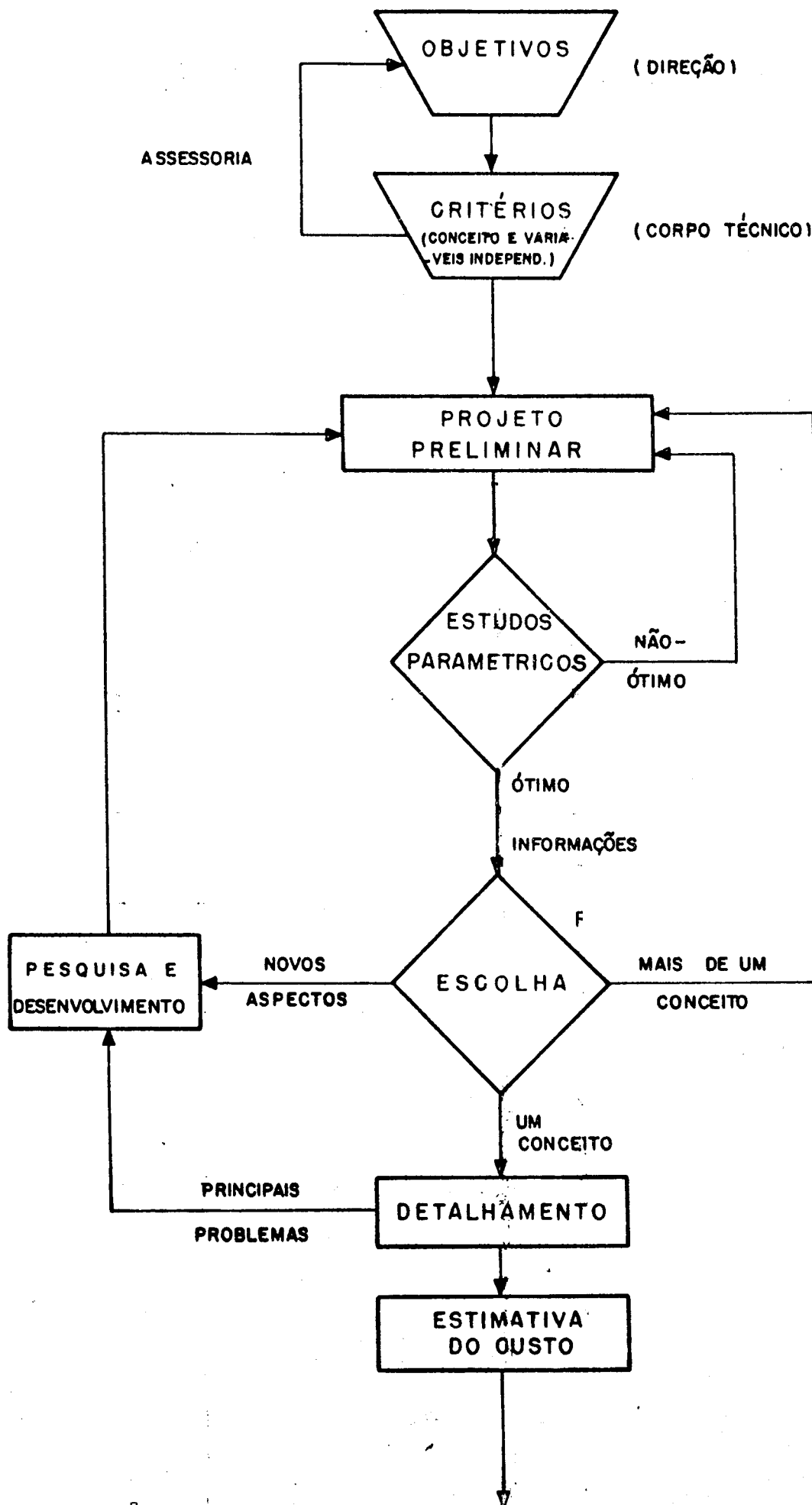


FIG.4.1- FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES - 1972  
MONTAGEM CRÍTICA A ÁGUA LEVE



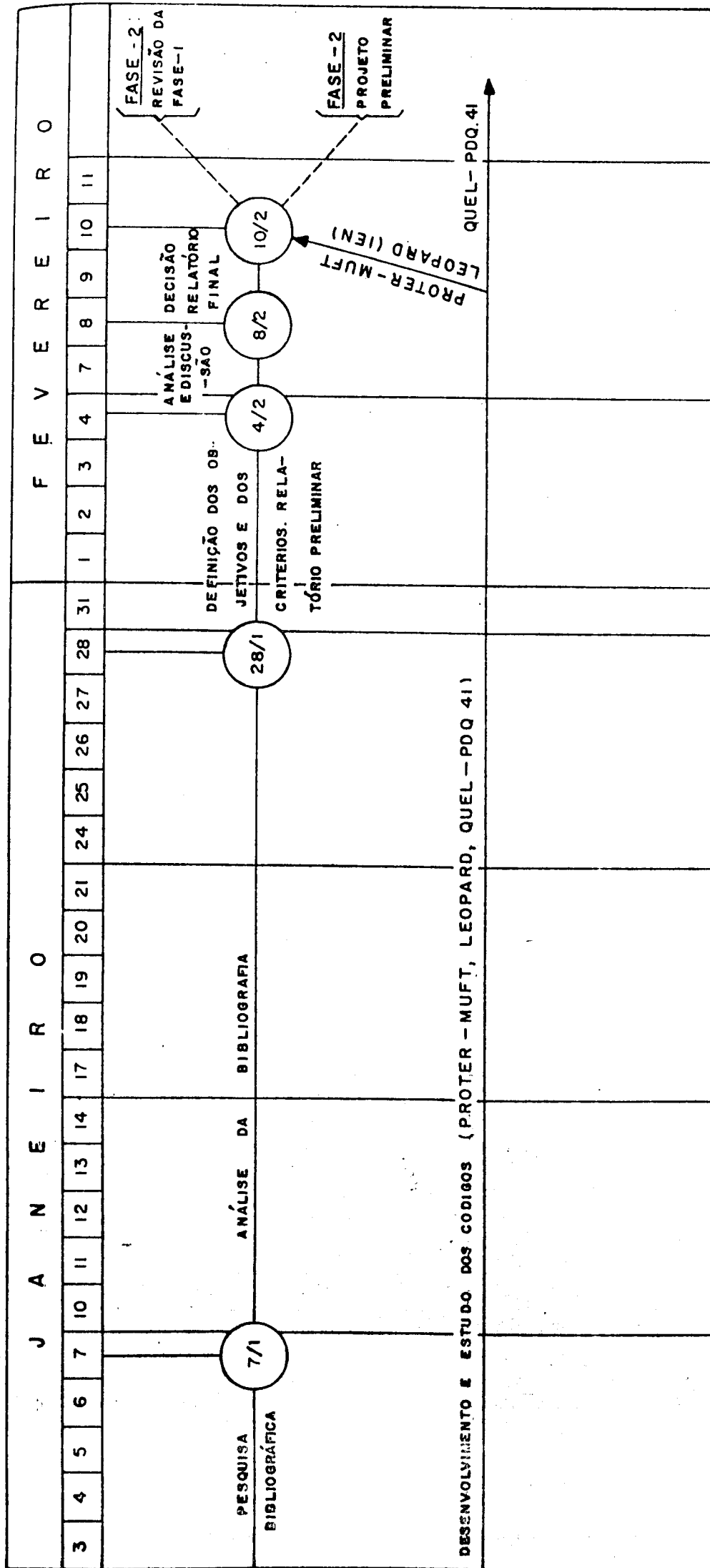


FIG.4.2- PROJETO DA MONTAGEM CRÍTICA A ÁGUA LEVE FASE I

Durante o período, os componentes, fabricados pela indústria nacional, foram montados no "hall" do laboratório. As tubulações de aço inoxidável foram soldadas segundo técnicas avançadas e sob especificações rígidas. Os testes das soldas foram feitos pelo próprio IPR: (cf. item 4.1.3.1).

Montaram-se, ainda, os sistemas de: ar comprimido, desmineralização de água, resfriamento por torre de refrigeração, sub-estação especial (750 kVA), retificação e regulação (550 kW), distribuição em corrente alternada e contínua, oficinas de manutenção mecânica e elétrica.

- Circuito Térmico (Auxiliar) nº 3

Foi montado um circuito hidráulico, com vazão máxima de 4 l/s, com sistemas de injeção, extração e detecção de traçador radioativo. Neste circuito foi utilizada a seção de teste em plexiglass, cuja forma simula um elemento combustível de reticulado retangular.

A utilização do radioisótopo Mn-56, como traçador, permitiu determinar os valores de coeficientes de mistura entre subcanais simétricos, e também a influência de parâmetros tais como entreferro entre varetas, comprimento de intercomunicação e vazões.

- Circuito Térmico (Auxiliar) nº 4

Foi montado o circuito a água e ar com pressões máximas até 5 atm, e com vazões máximas de água de 3 l/s e de ar 10 l/s.

Foram realizadas medidas de evolução de pressões em canais cilíndricos para valores fixos de pressão, vazão e título, comparando os resultados obtidos com modelos existentes.

Desenvolveram-se uma sonda elétrica de detecção de fase, bem como mecanismo de deslocamento. Sua utilização no sistema água-ar permite o estudo das configurações de escoamento sob várias combinações das vazões.

IPR -  
4.04.02

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO TÉRMICO Nº 2

Este circuito, há muito tempo programado, constitui uma sequência lógica do CT-1. Suas características principais seriam a pressão de operação de 120 atm e potência da ordem de 1 MW.

O trabalho acha-se praticamente paralisado, ainda em fase de estudos preliminares, por falta de pessoal.

### 4.1.3 Pesquisa de Desenvolvimento

A CNEN está preparando a infra-estrutura necessária para dar apoio à futura indústria nacional de componentes de reatores (bombas, tubulações, estruturas, trocadores de calor - entre outros). O principal instrumento para tal é o Laboratório de Testes de Componentes de Reatores (LTCR) do IPR.

### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR -  
4.04.13

## CONSTRUÇÃO DO PRÉDIO DO LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES

IPR -  
4.04.07

## LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES

O Laboratório de Testes de Componentes de Reatores é um projeto iniciado em 1970 que visa a atender, futuramente, a indústria nacional e as companhias operadoras de centrais nucleares na solução de problemas tecnológicos de controle de fabricação, de métodos, desempenho de componentes, manutenção, previsão de falhas e especificações de materiais e processos de execução. Este laboratório contará, na sua etapa inicial, com três setores: ensaios mecânicos, ensaios metalúrgicos (metalurgia física) e ensaios não-destrutivos.

Os ensaios mecânicos envolverão técnicas de ensaios de tensões em modelos de gesso ( extensiometria) e fotoelasticimetria.

Os ensaios metalúrgicos compreende não metalurgia física, metalografia, ensaios mecânicos, ensaios físicos, transformações mecânicas, compatibilidade e cerâmica.

Entre as várias técnicas de ensaios não destrutivos que serão desenvolvidas no setor associado, destacam-se: gamagrafia, ultra-som, raios-x, Magnaflux, líquidos penetrantes, correntes de Foucault, medidas geométricas de precisão, ensaios de pressão e fugas.

As diversas atividades do laboratório terão como suporte serviços auxiliares básicos, tais como: seção de soldas especiais sob atmosfera inerte, oficina mecânica, biblioteca de códigos, padrões, especificações, laboratórios fotográficos, terminal de computador, etc.

#### - Projeto Arquitetônico

O projeto de arquitetura foi desenvolvido a partir da análise de arranjos da estrutura espacial, obtidos por um computador. Consideraram-se os espaços segundo seu grau de utilização por grupos de especialização diferentes, a afluência de pessoas, a privacidade, a flexibilidade e a perspectiva de crescimento futuro.

Com a implantação do LTCR foi definida também a possibilidade de novas expansões, e a conexão a campo de ação importantes: o Laboratório de Metalurgia Extrativa e o Laboratório de Física dos sólidos. Detalhes do projeto são apresentados nas figuras 4.3, 4.4, 4.5, e 4.6.

#### - Estrutura

A estrutura foi estabelecida para satisfazer às necessidades de crescimento dos laboratórios (ou acréscimo de novos laboratórios) e de flexibilidade das instalações e das divisórias internas.

#### - Desenvolvimento do Projeto

Realizaram-se as fases discriminadas no cronograma (Fig. 4.7). As obras de execução da estrutura da 1ª etapa serão iniciadas em princípios de janeiro de 1972, com um prazo de 120 dias.

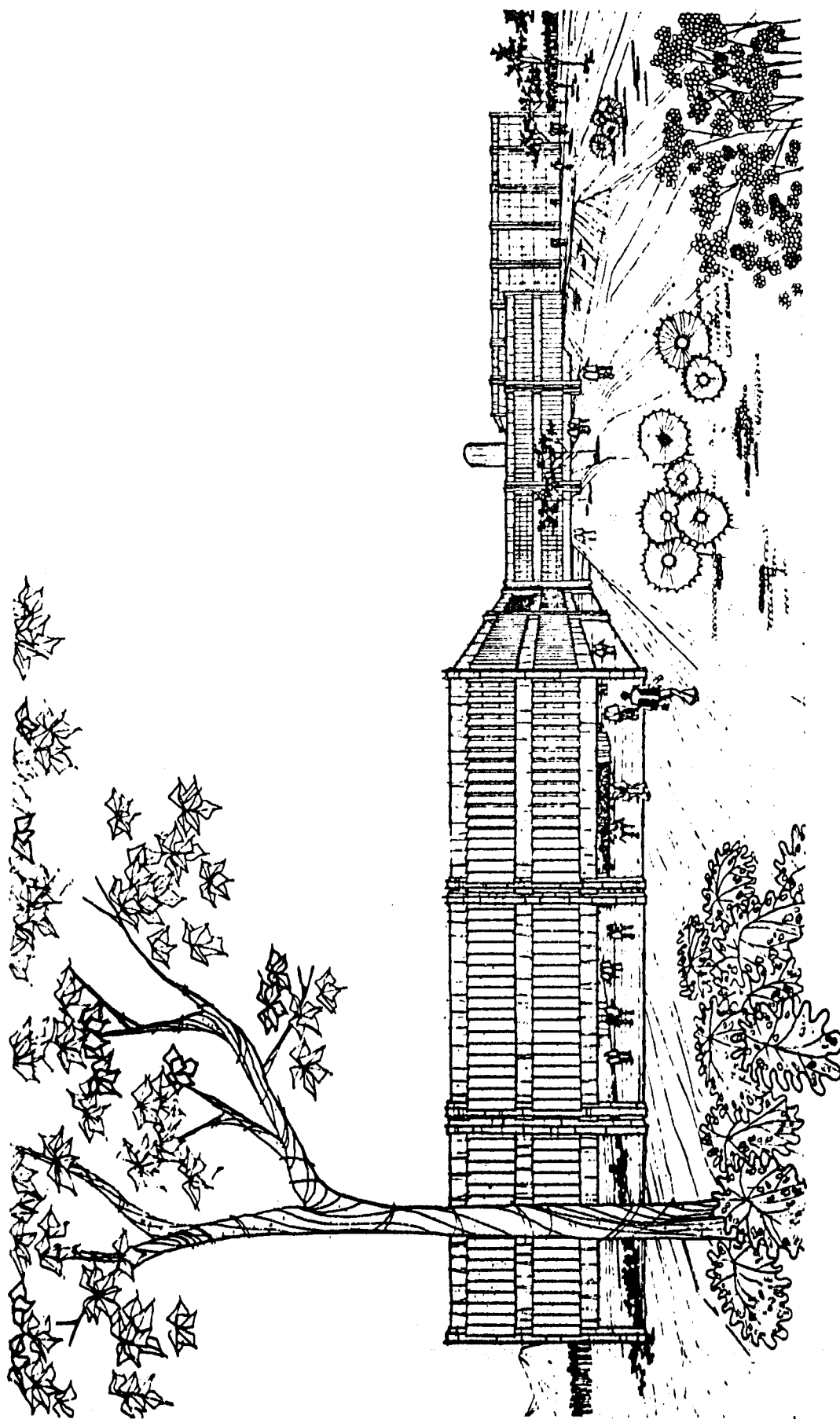


FIG. 4.3- LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES (IPR): PERSPECTIVA

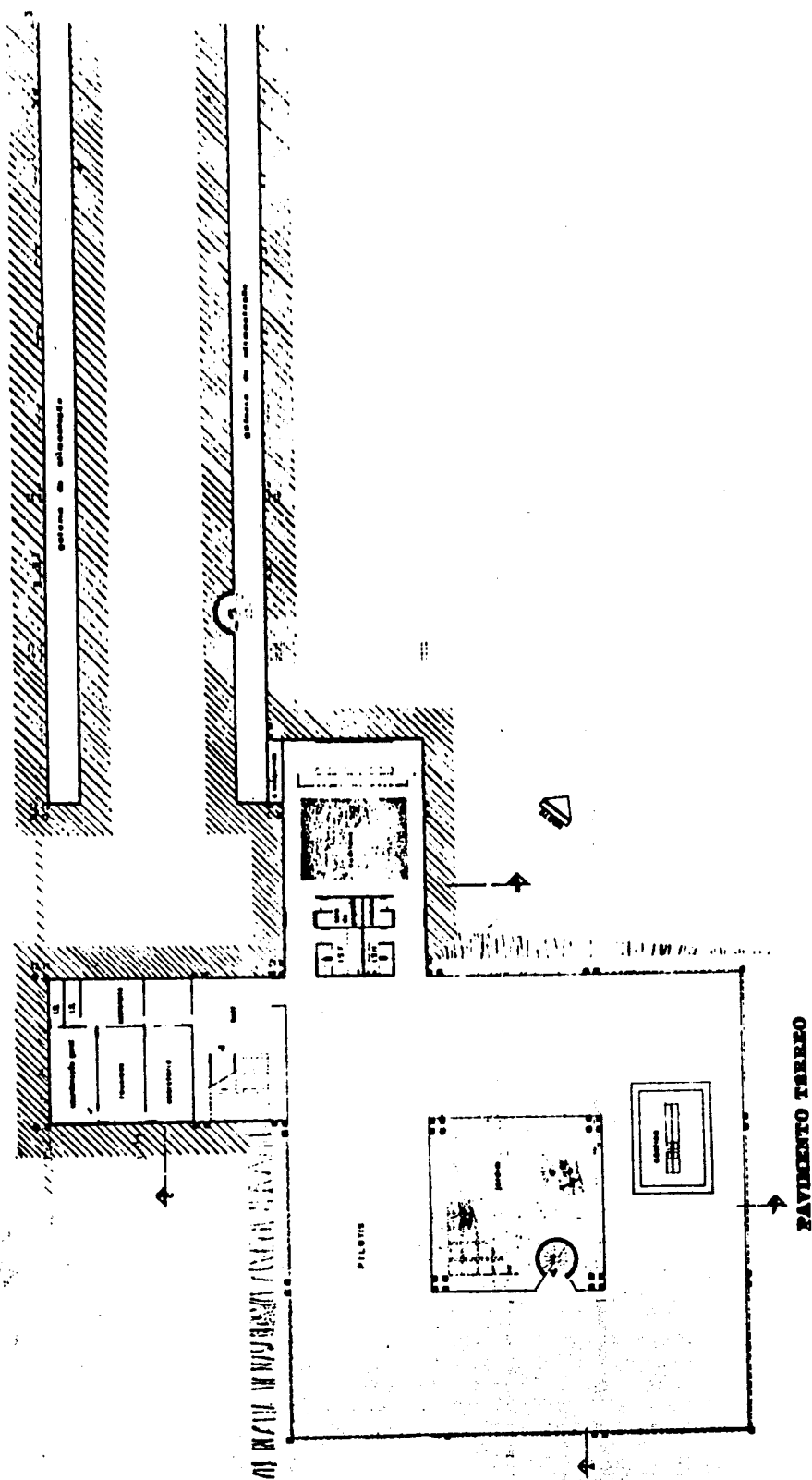


FIG. 1.1 - LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES (IPR): PLANTA DO PAVIMENTO TERREO

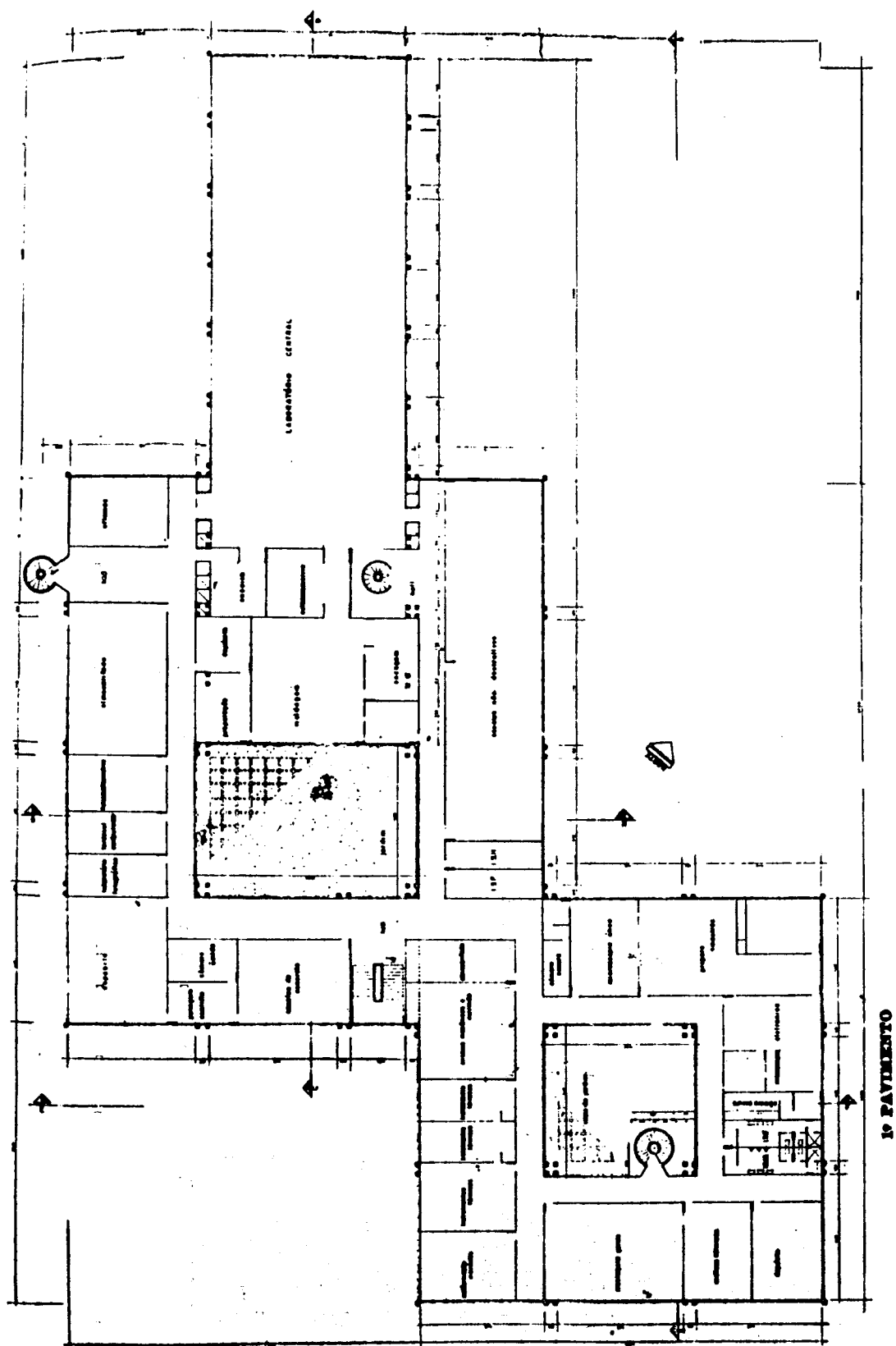


FIG. 4.5- LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES (IPR) PLANTA DO PRIMEIRO PAVIMENTO

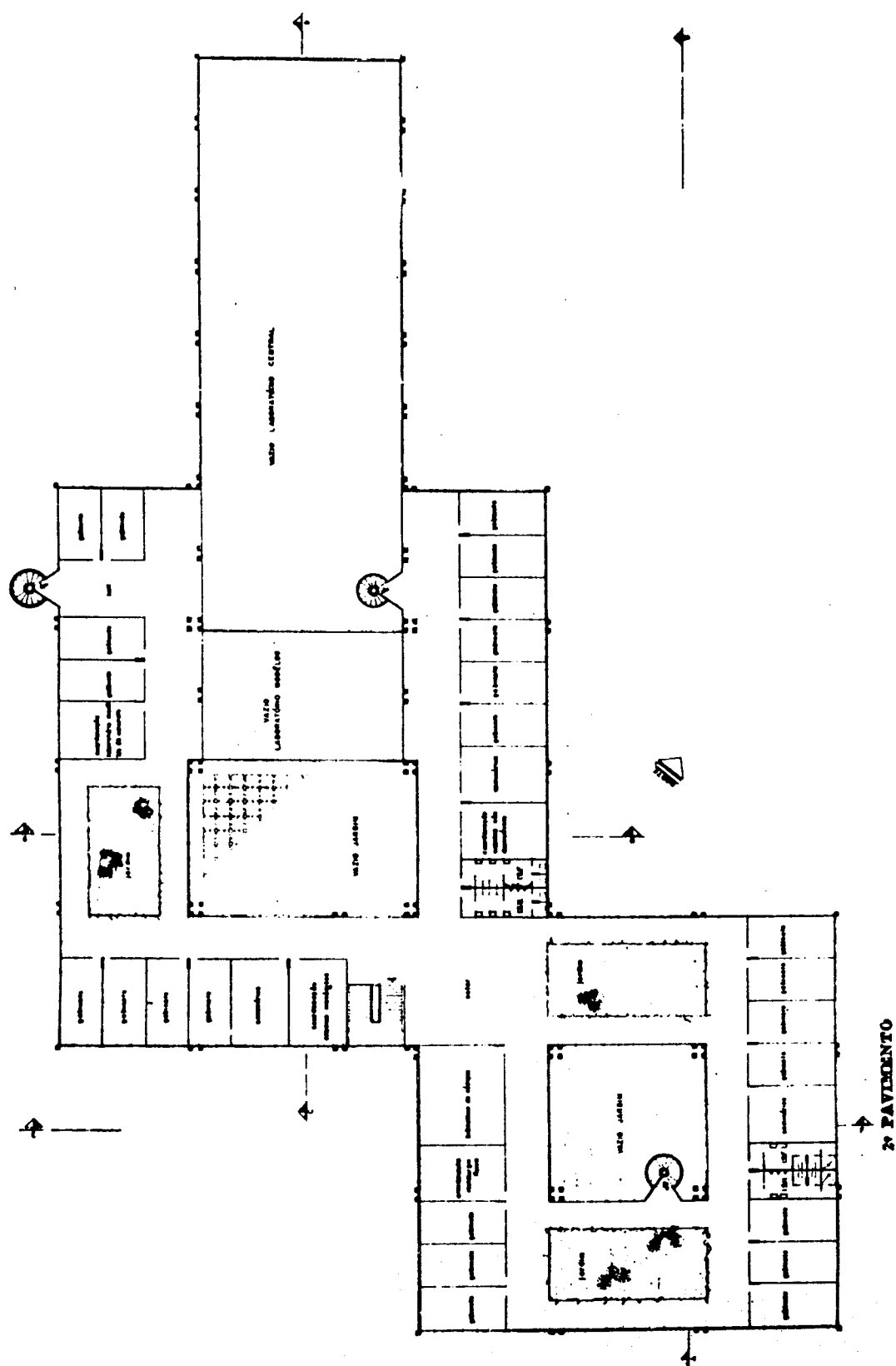


FIG. 4.6 - LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES (IPR) PLANTA DO SEGUNDO PAVIMENTO



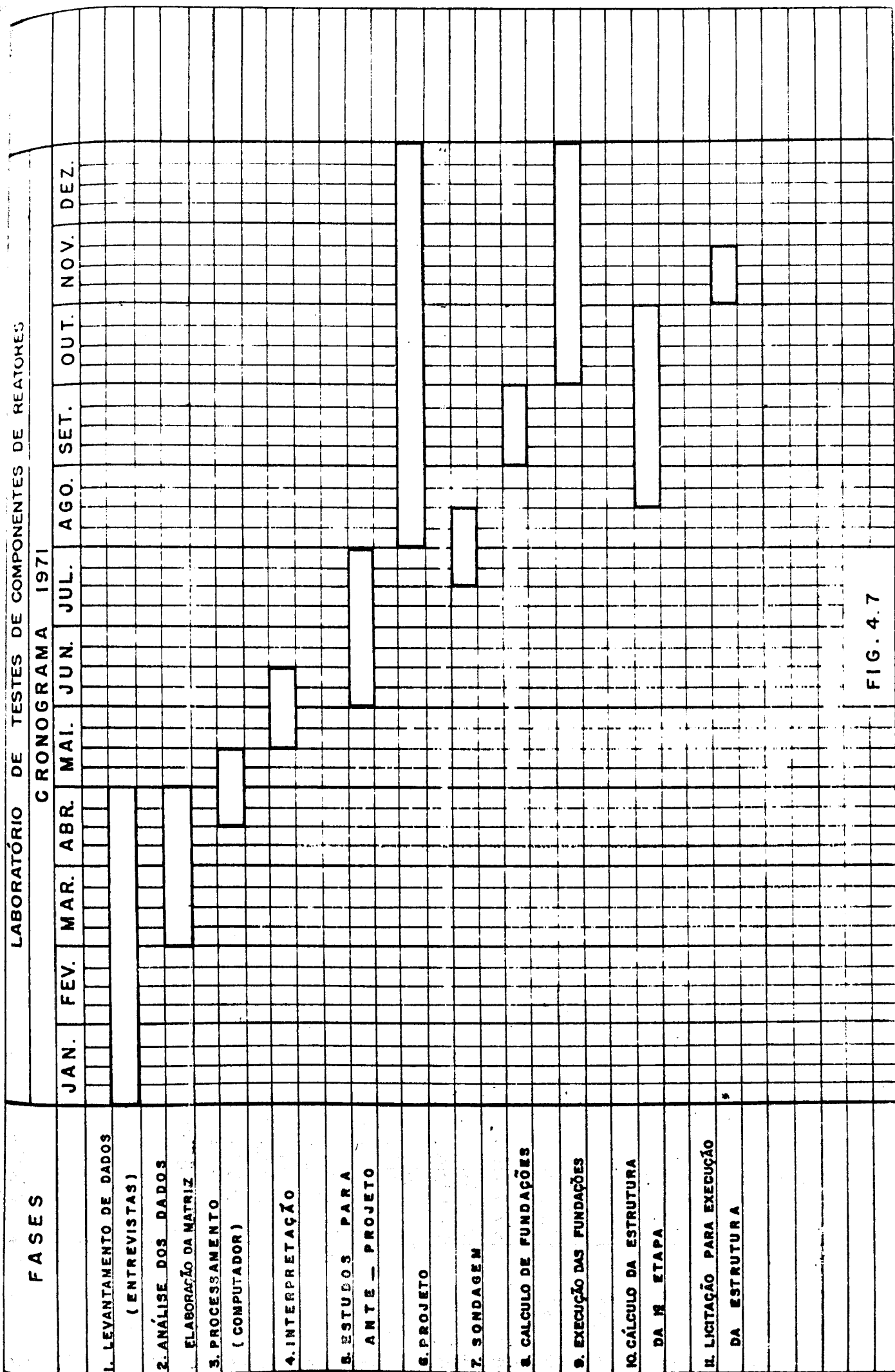


FIG. 4.7

- Trabalhos realizados

Apesar de não se dispor ainda de instalações adequadas e definitivas, parte do equipamento de ensaios não-destrutivos e de metalurgia do Laboratório foi colocada em operação e utilizada para diversos ensaios.

O Laboratório de Ensaios de Elementos Combustíveis (a cargo da Divisão de Ciências dos Materiais) realiza ensaios termofísicos, ensaios mecânicos e de propriedades físico-químicas. O laboratório fornecerá apoio a outros setores, no campo da metalografia e outros ensaios.

Foi instalado o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), JEOL JSM-U3, que já se encontra em pleno funcionamento. Este aparelho permite o exame de superfícies, mesmo irregulares, até um aumento de 140.000 vezes, apresentando grande profundidade de foco, alta resolução, versatilidade, simplicidade de preparação de amostras, etc.

Entre os trabalhos já realizados, encontram-se o estudo de superfície de BeO, superfícies de aço corroídas em ensaios de corrosão, microestruturas de cobre, alumínio e aços inoxidáveis recozidos.

Um estudo sistemático de argilas realizado com o microscópio, em fase final de elaboração, mostra a grande amplitude de possibilidades do instrumento. (Fig. 4.8). Foi feita a caracterização morfológica de argilas como bentonita, atapulgita de Wyoming (USA) e caulim d'Arvoa (França), acompanhando-se os estudos por difração de raios-X. As amostras são preparadas por sedimentação e, por não serem condutoras, são metalizadas com uma camada de carbono e ouro. Foi possível identificar os principais argilominerais. Comparação com os métodos geralmente utilizados, de microscopia eletrônica de transmissão, mostrou a grande vantagem da varredura, neste particular.

Efetuaram-se estudos radiográficos, metalográficos, e testes de passivação nas tubulações de aço inoxidável AISI-316 soldados, do Circuito Térmico nº1 (Cf. item 4.1.2 - IPR - 4.04.04). Para os ensaios potencio-táticos, utilizou-se um potenciostato "Wenking", eletrodo de referência de calomelano contra eletrodo de platina e solução de 15% de ácido sulfúrico. Foram medidos os potenciais de equilíbrio de amostras da região soldada, verificando-se a possibilidade de formação de pilhas. Seguiram-se ensaios

de polarização, provocando-se a variação dos potenciais das amostras e medindo-se a variação das correntes anódicas.

Executaram-se os ensaios de sinterização de  $\text{UO}_2$ , a partir de material fornecido pelo IEA (\*). O estudo teve como finalidade uma primeira abordagem do problema, a fim de controlar-se os parâmetros que influem nas propriedades finais das pastilhas, medir-se as propriedades de maior interesse ou significado, e, enfim, preparar a seleção de equipamentos em escala de laboratório para futuras aplicações. Realizaram-se ensaios de difração de raios-X, exame de microestruturas em microscopia eletrônica de varredura, reatividade em reação ao oxigênio, e composição química. Após compactação de empastilhamento a  $5000\text{kg/cm}^2$ , efetuou-se a sinterização a  $1400^\circ\text{C}$ , durante cinco horas em atmosfera de argônio. Nas condições de sinterização, as densidades obtidas foram da ordem de 8,8 como era de se esperar, dada a baixa temperatura utilizada e ausência de atmosfera de hidrogênio. Os resultados preliminares orientarão os novos trabalhos a serem desenvolvidos. Estes trabalhos foram orientados por perito da AIEA.

O Laboratório de Ensaio vem, assim, prestando pequenos serviços, à medida em que vai sendo implantado. O entrosamento com a indústria vem sendo feito normalmente, buscando-se agora uma integração mais sistemática, visando à realização de ensaios e pesquisas tecnológicas.

Novos instrumentos estão sendo montados, tais como o microscópio Microvideomat, dilatômetro, fornos, etc. Foram adquiridos equipamentos complementares de análise para o microscópio eletrônico de varredura, possibilitando análise puntual de elementos por raios-X. A aquisição de novos aparelhos torna completa a linha de instrumentos de análise térmico disponíveis no laboratório.

O Laboratório de Ensaio não Destrutivos prestou assistência às indústrias locais e a outros setores do IPR, executando radiografias, gamagrafias e testes de ultra-som. Foram realizadas, em 1971, cerca de 800 radiografias e gamagrafias, destacando-se, em particular, aquelas dos componentes estruturais e soldas da montagem subcrítica CAPITU e do Circuito Térmico nº 1 (Cf. 4.1.2 IPR- 4.04.04 e 4.04.05).

---

(\*) Refere-se aos ensaios de pastilhas de  $\text{UO}_2$  destinadas ao combustível da montagem subcrítica CAPITU (Cf. 4.1.2, IPR-4.04.05).

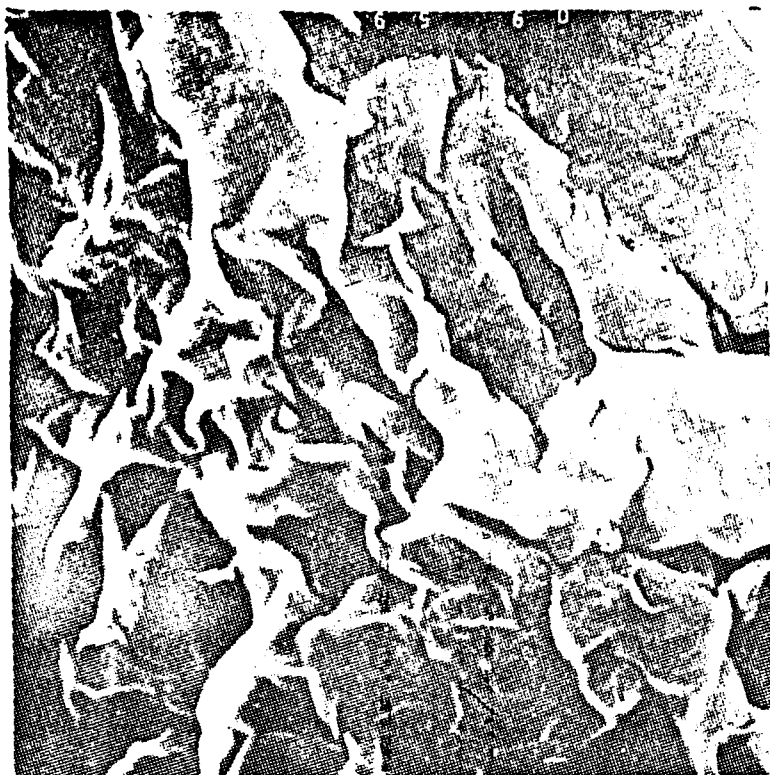


FIG.4.8 - LABORATÓRIO DE TESTES DE COMPONENTES DE REATORES  
MICROSCOPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA CARACTERIZAÇÃO -  
MORFOLOGICA DE ARGILAS

O laboratório acha-se atualmente, em fase de expansão, devendo entrar em funcionamento em 1972 outros equipamentos de testes, tais como Magnaflux, líquidos penetrantes e correntes de Foucault.

O Laboratório de Ensaios Mecânicos tem como finalidade o estudo de vasos de Pressão em concreto protendido ( ) em maquetes de gesso e de outras estruturas e componentes mecânicos por fotoelasticimetria. Durante o período, foram recebidos o centralizador de medidas e a prensa para gesso, estando em fase final de fabricação o misturador de gesso. Foram, ainda, encomendados o bloco de ciclagem - aparelho destinado à estabilização das deformações dos modelos de gesso - extensômetros de resistência para o centralizador de medidas, relógios comparadores para medida relativa das deformações, e o equipamento de fotoelasticimetria.

#### 4.1.4 Centrais Comerciais

A CNEN entrou, efetivamente, na área de centrais nucleares comerciais com a construção da Central de Angra, decidida em 1968. As atividades da CNEN ligadas especificamente à seleção, compra e licenciamento desta central estão relatadas no Capítulo 3. Aqui se relatam as atividades de estudos e pesquisas visando à formação da equipe da CNEN que fiscalizará o projeto e execução do ponto de vista de segurança nuclear das instalações.

#### A - No DEPARTAMENTO DE REATORES DA CNEN

DR -

1.52.01

#### TECNOLOGIA DE SEGURANÇA DAS USINAS DE POTÊNCIA

A execução desse projeto foi desenvolvida mais intensamente, quando da constituição de um grupo encarregado de estudar problemas técnicos específicos de centrais nucleares a água leve (PWR). O grupo é constituído de oito engenheiros, sendo cinco do IPR, dois do IEN e um da CNEN (sede).

---

(\*) Utilizados atualmente em reatores a alta temperatura (item 4.2) e cujo emprego em reatores a água é objeto de pesquisas na Suécia, França e Estados Unidos. O IPR possui um programa nesta área há vários anos.

Procurou-se dirigir os estudos tecnológicos no sentido de avaliação da segurança de centrais, dando ênfase a centrais tipo PWR e, especialmente, aos itens:

Reator - estudo do comportamento estático e dinâmico do núcleo do reator com relação ao excesso de reatividade, margem de desligamento, transientes durante operação, coeficientes de reatividade, distribuição de potência, distribuição de temperatura e entalpia, relações de DNB, perdas de cargas.

Sistema de Contenção - estudo de pressões diferenciais, penetrações, proteção contra mísseis, estruturas internas e suas resistências com relação a cargas estáticas e dinâmicas, taxas de fuga, sistema de ventilação.

Instrumentação e controle - estudo da instrumentação eletrônica para as medidas dos parâmetros de controle da operação da central, tanto no núcleo como nos circuitos primário e secundário e, ainda na contenção.

Sistema elétricos - estudo do equipamento elétrico, suprimento de energia por via interna ou externa, suprimento de energia em casos de emergência, sub-estação.

Análise de Segurança - estudo dos tópicos acima em casos de diversos tipos de acidentes postulados.

Especificações Técnicas - especificação das faixas de funcionamento de equipamentos e sistemas inerentes aos tópicos acima.

Programa de Garantia de Qualidade - foram iniciados os estudos para o estabelecimento de normas para a execução de programas necessários a fim de se ter a confiança de que materiais, componentes ou sistemas desempenharão satisfatoriamente suas funções quando a central entrar em operação.

Para se atingir os padrões de qualidade exigidos na indústria nuclear, o DR começou a desenvolver o Programa de Garantia de Qualidade. Este projeto se subdivide em dois itens principais e indicados a seguir:

- diretrizes a serem obedecidas pela Empresa exploradora da central a fim de que ela possa estabelecer o seu PGQ, tornando-se a primeira responsável pela sua execução. O PGQ deverá conter a organização geral para sua execução; meios de controle dos projetos; meios de controle dos documentos de suprimentos de materiais, equipamentos e serviços; meios de controle de processos especiais, inspeções, ensaios e calibrações; forma de manuseio, armazenamento, transporte e preservação de equipamentos; detecção de falhas em materiais e componentes e estabelecimento de ações corretivas; auditoria.
- levantamento de todas as estruturas, sistemas e componentes sujeitos ao PGQ, visando, inicialmente, às centrais com reatores a água leve.

## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Foi realizado um estudo sistemático sobre os vasos e sistemas de contenção empregados nos reatores comerciais atuais.

### 4.2 Reatores a Alta Temperatura

Os reatores a alta temperatura (HTGR) se constituem numa evolução tecnológica dos reatores a gás-gráfito-urânio natural e a gás-avançados (AGR), empregados na primeira fase dos programas de centrais nucleares, e desenvolvidos pela Inglaterra e pela França. A competição econômica com os reatores a água leve (LWR) forçou esta evolução, à procura de rendimentos térmicos mais elevados (mediante elevação da temperatura), vida mais longa do combustível (através do emprego de combustível cerâmico de microesferas no lugar do combustível metálico) e dimensões mais compactas (recorrendo ao emprego do vaso de concreto protendido). Os líderes do desenvolvimento dos HTGR's são os Estados Unidos (Gulf-General Atomic), a Alemanha e a Inglaterra. O reator está ainda em fase de desenvolvimento, só existindo em operação pequenas unidades experimentais. Protótipos de cerca de 300 MWe estão em construção. Entretanto, a Gulf-General Atomic (EUA) já está oferecendo no mercado, reatores de porte comercial, tendo sido vendidos em 1971 as primeiras Centrais Comerciais: 2 unidades de 770 MW e 2 de 1100 MWe. Certas vantagens deste conceito o tornam atraente, podendo-se prever para a década de 70 a conquista de uma parcela do mercado mundial, em competição com os reatores

a água leve e água pesada. No caso brasileiro, este reator deve ser considerado para programas a médio prazo. A grande vantagem deste conceito para as nossas condições é o emprego do vaso de concreto protendido (Cf. 4.1.3, IPR-4.04.13 e 4.04.17; Laboratório de Ensaaios Mecânicos) em lugar do vaso de aço, o que possibilita, em princípio, a sua execução no País, com grande economia de divisas. Como vantagem secundária, está o emprego do tório, que pode ser de origem nacional; entretanto, é pequena a contribuição do tório para o custo final da energia gerada, não sendo grande a consequente economia de divisas. As principais desvantagens do reator são: a) o emprego de urânio altamente enriquecido (mais de 90%), que, sendo material empregado em armas nucleares, é considerado altamente estratégico; b) o fato do HTGR não ser um reator produtor de plutônio, combustível dos futuros reatores rápidos (cf. Introdução do item 4.3).

Ao Instituto de Energia Atômica de São Paulo foi atribuída a tarefa de assimilar as técnicas básicas relativas a este tipo de reator, a fim de manter a CNEN informada a todo instante sobre a evolução da respectiva tecnologia no exterior e aconselhar sobre a adequação deste reator ao programa brasileiro.

Cabe salientar a organização, pela CNEN, de um curso sobre reatores HTGR, promovido junto ao seu único fabricante, a Gulf-General Atomic, que o organizou especialmente para o Brasil. Participaram do Curso 16 engenheiros, sendo 7 do IPR, 6 do IEA e 3 da CNEN (sede). Durante um mês, em regime de tempo integral, a equipe da CNEN, sediada em San Diego (Cal., USA), assimilou a tecnologia associada a este tipo avançado de reator, com excelentes resultados.

#### 4.2.1 Pesquisa Tecnológica

##### 4.2.1.1 Estudos térmicos visando a reatores a gás

###### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

As pesquisas em curso estão orientadas no sentido de se dominar, principalmente, as técnicas de medida relativas a experiências no campo de transferência de calor e mecânica dos fluidos aplicados a reatores nucleares, sobretudo a gás.

Assim, basicamente, foram desenvolvidas pesquisas visando à determinação de:



- difusividade térmica, calor específico e condutibilidade térmica, utilizando a técnica de pulsos de raios LASER;
- perfis de velocidade, em escoamento de fluidos em dutos ou em torno de cilindros e esferas, utilizando uma técnica interferométrica, com o emprego, também, de raios LASER;
- fração de vazio e perda de carga em escoamentos bifásicos ar-água, utilizando a técnica de absorção de radiação gama.

Além dessas pesquisas de caráter eminentemente experimental, foram realizados:

- estudos e projetos relativos à instalação do Laboratório de Térmica;
- estudos visando a um melhor conhecimento dos parâmetros que influem no cálculo térmico de reatores;
- Projeto do Laboratório de Térmica.

Realizado em colaboração com arquitetos do "Fundo de Construção da Universidade de São Paulo, engenheiros eletricitas e hidráulicos de firmas especializadas; e de dois especialistas estrangeiros, projeto global do Laboratório de Térmica, onde todos os dispositivos experimentais serão montados.

IEA -  
2.06.12

## PROJETO E INSTALAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DE ALIMENTAÇÃO

Foi concluído o projeto da instalação elétrica de luz e força (baixa potência) do Laboratório de Térmica.

Está em fase de estudos o anteprojeto da instalação elétrica de força (alta potência), que é destinada exclusivamente à alimentação dos dispositivos experimentais.

IEA -  
2.06.01

## PROJETO E INSTALAÇÃO DAS LINHAS DE AR COMPRIMIDO E VAPOR DO LABORATÓRIO DE TÉRMICA

Este projeto, inicialmente programado para 1971/72, foi estendido até 1974, uma vez que o edifício que abrigará o Laboratório de Térmica deverá estar concluído apenas em fins de 1973.

IEA -  
2.06.02

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO A GÁS

Com a colaboração de um especialista em Térmica de Reatores do "Institut für Reaktorbauelement" de Jülich (Alemanha Ocidental), foram especificadas as condições de operação (pressão, vazão, temperatura, etc.) de três circuitos a gás. Dois deles deverão operar com ar, a pressão atmosférica e serão usados para estudos de condições de escoamento em torno de esferas e cilindros. O terceiro deverá operar com hélio, sob pressão e com aquecimento, e funcionará conjuntamente com uma pequena instalação de purificação de hélio.

Os circuitos têm as seguintes condições de operação:

### - ALPL (Atmospheric Low-Pressure Drop)

Circuito a ar, pressão atmosférica, baixa perda de carga.

Vazão Máxima de Ar na Secção de Testes =  $15 \text{ m}^3/\text{s}$

Perda de Carga Máxima =  $800 \text{ mm H}_2\text{O}$

Secção de Teste - Área Transversal =  $500 \times 500 \text{ mm}^2$

### - AHPL (Atmospheric High Pressure Drop)

Circuito a ar, pressão atmosférica, alta perda de carga.

Vazão Máxima de Ar =  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Perda de Carga Máxima =  $50.000 \text{ N/cm}^2$

Secção de Teste - Diâmetro =  $300 \text{ mm}$

### - HL (Helium Loop)

Circuito a hélio, pressurizado.

Pressão Máxima =  $60 \text{ bar}$

Temperatura Máxima =  $800^\circ\text{C}$

Vazão Máxima na Secção de Teste =  $2 \text{ m}^3/\text{s}$

Secção de Teste - Diâmetro =  $250 \text{ mm}$

Os projetos definitivos destes circuitos serão realizados com a colaboração de firmas consultoras especializadas.

Com a ampliação deste projeto que, inicialmente, previa a construção de apenas um circuito a gás, o cronograma correspondente foi estendido até 1974.

IEA -  
2.06.03

## DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO ( $C_p$ ) E EMISSIVIDADE DE MATERIAIS A ALTAS TEMPERATURAS

A condutibilidade térmica, difusividade térmica e calor específico, são propriedades térmicas importantes dos materiais e em particular daqueles utilizados como combustíveis dos reatores nucleares, justificando-se o desenvolvimento de métodos de sua medida.

Nesta pesquisa, utiliza-se o método em que um pulso de luz de alta densidade e pequena duração, incide na superfície frontal de uma amostra de alguns milímetros de espessura e termicamente isolada. Essa superfície é recoberta por uma fina camada de grafita coloidal, cuja finalidade é garantir uma absorção uniforme em toda a superfície frontal da amostra. A variação da temperatura na face posterior da amostra é medida com um termopar e registrada por meio de um osciloscópio e câmara fotográfica. Obtém-se, assim, uma curva da temperatura em função do tempo a partir do qual obtém-se a difusividade térmica da amostra em estudo. O calor específico é obtido a partir da temperatura máxima atingida na amostra, e a condutibilidade térmica, a partir do produto da difusividade térmica, calor específico e densidade.

Como fonte de energia é utilizado um laser de rubi pulsado. Devido às suas características básicas, o laser ajusta-se bem ao que se exige da fonte de energia. O feixe do laser é bastante colimado e torna-se dispensável o uso de um sistema ótico para localizar o feixe sobre a amostra, desde que o diâmetro do cristal de rubi seja igual ou maior que o da amostra.

O feixe do laser é gerado por um cilindro de rubi dopado com cromo, de 1 cm de diâmetro e excitado por meio de duas "flash lamps" de xenônio em série. A duração do pulso do laser é de cerca de 1 milissegundo e a energia do pulso é de cerca de 40 joules. A amostra é colocada

Os projetos definitivos destes circuitos serão realizados com a colaboração de firmas consultoras especializadas.

Com a ampliação deste projeto que, inicialmente, previa a construção de apenas um circuito a gás, o cronograma correspondente foi estendido até 1974.

IEA -  
2.06.03

## DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO ( $C_p$ ) E EMISSIVIDADE DE MATERIAIS A ALTAS TEMPERATURAS

A condutibilidade térmica, difusividade térmica e calor específico, são propriedades térmicas importantes dos materiais e em particular daqueles utilizados como combustíveis dos reatores nucleares, justificando-se o desenvolvimento de métodos de sua medida.

Nesta pesquisa, utiliza-se o método em que um pulso de luz de alta densidade e pequena duração, incide na superfície frontal de uma amostra de alguns milímetros de espessura e termicamente isolada. Essa superfície é recoberta por uma fina camada de grafita coloidal, cuja finalidade é garantir uma absorção uniforme em toda a superfície frontal da amostra. A variação da temperatura na face posterior da amostra é medida com um termopar e registrada por meio de um osciloscópio e câmara fotográfica. Obtém-se, assim, uma curva da temperatura em função do tempo a partir do qual obtém-se a difusividade térmica da amostra em estudo. O calor específico é obtido a partir da temperatura máxima atingida na amostra, e a condutibilidade térmica, a partir do produto da difusividade térmica, calor específico e densidade.

Como fonte de energia é utilizado um laser de rubi pulsado. Devido às suas características básicas, o laser ajusta-se bem ao que se exige da fonte de energia. O feixe do laser é bastante colimado e torna-se dispensável o uso de um sistema ótico para localizar o feixe sobre a amostra, desde que o diâmetro do cristal de rubi seja igual ou maior que o da amostra.

O feixe do laser é gerado por um cilindro de rubi dopado com cromo, de 1 cm de diâmetro e excitado por meio de duas "flash lamps" de xenônio em série. A duração do pulso do laser é de cerca de 1 milissegundo e a energia do pulso é de cerca de 40 joules. A amostra é colocada

da em um suporte situado num plano perpendicular à direção de propagação do feixe do laser.

A variação da temperatura da face posterior da amostra em função do tempo é registrada pelo osciloscópio e fotografada com câmara Polaroid.

Em decorrência de uma série de problemas ligados à implantação do equipamento, a pesquisa foi bastante prejudicada, estando, atualmente, no estágio inicial que visa principalmente a sanar possíveis defeitos e treinamento do pessoal com essa nova técnica.

IEA -

2.06.04

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM INTERFERÔMETRO MACH-ZEHNDER

Esta pesquisa sofreu, inicialmente, um pequeno atraso devido a uma modificação introduzida no projeto, que consistiu na substituição do interferômetro, tipo Mach Zehnder clássico, por um dispositivo bem mais moderno que emprega, ao invés de uma fonte de luz comum, um feixe de raios LASER. Para isso já foi adquirido e recebido um LASER de gás de 15 mW modelo 124A.

Entretanto, surgiram sérias dificuldades para a compra do velocímetro-doppler, para que o Laser de gás permita a determinação da distribuição de velocidades em escoamentos de fluidos no interior de dutos ou em torno de corpos sólidos. Em consequência, a pesquisa foi temporariamente suspensa.

IEA -

2.06.05

## DETERMINAÇÃO DA CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DE SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASES

O conhecimento da condutibilidade térmica dos materiais é de grande importância nos processos que envolvem transferência de calor, o que justifica o desenvolvimento dos respectivos métodos de medida.

Esta pesquisa, inicialmente, propôs-se à determinação da condutibilidade térmica de elementos combustíveis tipo cermet de Al - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Os métodos clássicos da determinação da condutibilidade térmica de sólidos metálicos em regime estacionário utilizam amostras em forma de barras cilíndricas ou prismáticas. Como a espessura das placas de elementos combustíveis é da ordem de 3mm, procurou-se utilizar o método C177-63 da ASTM "Standard Method of Test for Thermal Conductivity of Materials by Means of the Guarded Hot Plate".

Este método determina a condutibilidade térmica pela relação entre o fluxo de calor, em regime estacionário, e o gradiente de temperatura na direção perpendicular a uma superfície isotérmica.

O dispositivo utilizado é formado por uma fonte de calor central, colocada entre duas placas metálicas constituindo a secção central de aquecimento. Em torno desta há uma secção de guarda com aquecimento. Tem-se, também, unidades de resfriamento e termopares para a medida da temperatura em vários pontos.

Para se ter uma idéia de eficiência do dispositivo, foram feitas medidas da condutibilidade térmica de placas de polietileno com espessura de 2,3mm e placas de vidro com espessura de 2,5 mm.

#### QUADRO I

MATERIAL	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	COND. TÉRMICA (W/cm°C)
Polietileno	33,6	0,00297
Polietileno	27,9	0,00294
Vidro	21,5	0,0052

Os resultados obtidos (Quadro I) diferem de 10 a 30% dos encontrados na literatura, mas tal diferença pode ser apenas aparente, pois não se teria certeza de que os materiais testados e os indicados na literatura, embora tenham a mesma designação, sejam física e quimicamente idênticos. Mesmo assim, tornou-se necessária a adoção de medidas, que visavam ao aprimoramento do dispositivo, tais como: melhor isolamento térmica do aparelho, controle da temperatura da água de resfriamento, diminuição da resistência

amos  
Este  
e ex  
e de  
roller  
nction  
obten  
ladora

## A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

MÉTODOS DE CÁLCULO NEUTRÔNICO PARA CAROÇO DE REATORES TIPO HTGR

Teo  
obti  
exos  
da

se  
po  
Re

- de

dos

- EXTERMINATOR: Calcula em teoria de difusão, de multi grupo, bidimensional:  $k_{eff}$ , balanço de nêutrons para cada grupo (o número de grupos depende da memória do computador) e cada composição; fluxo nos pontos da malha para cada grupo e cada composição; densidade de potência. A saída do EXTERMINATOR é parte da entrada de NECKARMOD.
- NECKARMOD : Calcula a distribuição de temperatura no gás, nas esferas e valores médios, baseada numa distribuição de potência bidimensional que pode ser obtida do EXTERMINADOR ou do EREBUS.
- EREBUS: Calcula em teoria de difusão de multigrupo, em duas dimensões: criticalidade; fluxos;  $k_{eff}$ , bucklings; distribuição de potência.

Vários cálculos completos foram feitos, cujos resultados foram analisados. Alguns dos valores estão indicados no Quadro II.

QUADRO II  
( CICLO DE URÂNIO )

RAZÃO DE RAIOS PARA DUAS ZONAS DO NÚCLEO ZONA 1 E ZONA 2	0.3/0.7	0.5/0.5	0.5/0.5	0.7/0.3
Entra N - Valor de "breed" "feed"	22/17	22/17	24/16	22/17
Calculado pelo Programa	22.5/17.4	21/16.25	23/15.4	19.4/15
Densidade de Potência MW/m <sup>3</sup>	7.2/5.9	6.8/5.7	6.6/5.8	6.6/5.4
Enriquecimento em Equilíbrio, %	4.1/5.3	4.4/5.6	4.0/5.9	4.7/6.0
Fator de Idade	1.77/1.9	1.8/2.0	1.6/2.0	1.9/2.5
Temperatura Máxima na Superfície do Combustível, °C	1260	1211	1134	1238
Temperatura Máxima no "pellet", °C	1306	1259	1180	1286



Por limitações técnicas, deve-se ter:

- Temperatura Máxima na Superfície do Combustível: 1050 °C
- Temperatura Máxima no "Pellet": 1300 °C

Como se pode ver pelo Quadro, as temperaturas (com asteriscos) mais convenientes são as obtidas usando uma razão de raios para zona 1 e zona 2 0.5/0.5 e usando  $N \rightarrow 24/16$ .

Embora esses valores já se aproximem mais dos permitidos por razões tecnológicas, ainda precisam ser melhorados.

#### 4.2.1.3 Montagem subcrítica visando a reatores a gás (SU-CROBOL)

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Um dos programas para computador intitulado "EREBUS" (4.2.1.2) abriu a possibilidade de se calcular montagens subcríticas HTGR, do tipo THTR. Ao arranjo subcrítico de referência se deu o nome SUCROBOL (Subcrítico de óxido em bolas de grafite).

Vários cálculos foram feitos, no Computador IBM-360/65, cujos resultados estão no Quadro III.

#### QUADRO III

##### A) U-nat. + 5Kg. U-enr. (20%)

Raio m	Altura m	Volume m <sup>3</sup>	$\frac{Nm}{Nu}$	$\frac{N25}{N28} \times 10^{-2}$	$K_{eff}$
0,7	1,0	1.5394	421,80	2,142	0,4923
1,0	2,0	6,2832	422,62	1,075	0,5935
1,2	2,4	10.8574	423,84	0,929	0,6306
1,5	3,0	21,2058	422,19	0,830	0,6834

B) U-nat. 10Kg U-enr. (20%)

Raio m	Altura m	Volume m <sup>3</sup>	$\frac{Nm}{Nu}$	$\frac{N25}{N28} \times 10^{-2}$	$K_{eff}$
0,7	1,0	1,5394	421,80	3,595	0,6351
1,0	2,0	6,2832	422,47	1,423	0,6924
1,2	2,4	10,8574	423,74	1,129	0,7033
1,5	3,0	21,2058	423,70	1,072	0,7295

Não se cogitou do uso de urânio natural, uma vez que, já para subcríticas de U-nat. 5Kg. de U-enr. a 20% os  $k_{eff}$  são baixos; a não ser, talvez, para subcríticas muito grandes, cuja construção deixa de ser interessante.

Subcríticas de U-natural homogeneizado com 5 Kgs de U-enriquecido a 20% ainda tem  $k_{eff}$  baixos. Pode-se ver que mesmo para uma subcrítica de  $R = 1,5m$  e  $H = 3,0m$  o  $k_{eff} = 0,6834$  não é suficientemente alto para experiências em Física de Reatores. Mesmo, adicionando-se 10kg de U-enriquecido a 20%, o  $k_{eff}$ , embora maior, ainda não é suficiente. Já com U-natural e 20kg de U-enriquecido adicionado, o  $k_{eff}$  razoavelmente alto para um subcrítico, é o obtido por um arranjo de aproximadamente  $R = 1,0m$  e  $H = 2,0m$  dimensões que não são exageradamente grandes. Além disso, o arranjo foi tornado homogêneo, pois o programa EREBUS não prevê arranjos heterogêneos. Mas, na realidade, a subcrítica que se pretende construir parece ser heterogênea, pois será feita com bolas de grafite, pastilhas de urânio (metálico ou em forma de óxido). Isto fará com que a subcrítica seja heterogênea, e se espera que para um reator heterogêneo o  $k_{eff}$  seja maior.

Os cálculos prosseguirão em 1972 e, então, uma decisão poderá ser tomada a respeito da possível construção de tal subcrítica. Isto tudo, naturalmente, dependendo de se obter urânio enriquecido a 20%.

Deseja-se notar que, possivelmente  $k_{eff}$  significativamente mais altos poderiam ser obtidos utilizando-se bolas de grafite (com ou sem urânio) de diâmetros diferentes. O caso limite de um arranjo realmente homogêneo (aproximado com bolas de diâmetros bem pequenos) está sendo cogitado. Mas, com esta configuração, perder-se-iam várias características neutrônicas, térmicas e de escoamento que se deseja precisar no arranjo subcrítico.

#### 4.2.2 Pesquisa de Desenvolvimento

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

A pesquisa de desenvolvimento na área dos HTGR's encontra-se concentrada no estudo do vaso de concreto protendido. Os trabalhos estão sendo realizados no IEA e no IPR (cf. 4.1.3).

#### 4.2.3 Centrais Comerciais

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

A viabilidade da participação da indústria nacional em uma central comercial do tipo HTGR está sendo estudada pelo IEA. Os trabalhos até agora realizados estão relatados no Capítulo 3.

#### 4.3 Reatores Rápidos

Os chamados reatores rápidos super-regeneradores são o tipo mais avançado de reator atualmente em desenvolvimento. Em contraposição aos reatores comerciais atuais, denominados térmicos a água e a alta temperatura, a que se fez referência nos itens anteriores, eles se distinguem pelas seguintes características:

- Os reatores têm por fim obter uma taxa de formação de novo material físsil superior à taxa de destruição do material físsil inicial; diz-se que os reatores funcionam como superregeneradores ("breeders"). Com isto, multiplica-se dezenas de vezes o índice de aproveitamento do urânio, diminuindo fortemente a incidência do custo do combustível sobre o custo da energia gerada e economizando as reservas de urânio;

- Tal objetivo é atingido, mantendo-se elevada a velocidade média dos nêutrons que participam da reação nuclear - donde o nome de "reatores" (a nêutrons) rápidos";
- A necessidade de evitar materiais supérfluos que moderem a velocidade dos nêutrons, leva a dimensões extremamente compactas, o que contribui para a redução do capital inicial da usina;
- Em consequência, a potência específica atinge valores cerca de 300 vezes superiores aos valores correntes atuais, exigindo o emprego de metais líquidos (sódio) ou gases a alta pressão, como fluido refrigerante, que leva a problemas tecnológicos sérios.

O combustível empregado nestes reatores é o plutônio, elemento artificial gerado pelos principais tipos de reatores comerciais atuais (excetuado o HTGR). Assim, o advento dos reatores rápidos se justifica em parte por se constituir em um mercado para o plutônio, contribuindo para abaixar o custo médio da energia gerada no conjunto dos reatores térmicos e rápidos. Em contrapartida, o emprego do plutônio, material altamente tóxico, exige cuidados especiais, onerosos, na sua industrialização. Contudo, prevê-se que o emprego maciço do plutônio nos reatores rápidos do futuro será necessário para diminuir as necessidades de usinas de enriquecimento para alimentar os reatores térmicos a urânio enriquecido, atualmente dominantes, e cuja expansão em grande escala se prevê para as próximas décadas.

Em consequência, todas as grandes potências nucleares concentram atualmente a maior parte dos seus esforços no desenvolvimento dos reatores rápidos, merecendo preferência o reator rápido refrigerado a sódio líquido. Estima-se em 300 milhões de dólares os gastos anuais conjuntos no programa de reatores rápidos, no mundo ocidental.

Os principais países desenvolvidos possuem reatores experimentais em funcionamento e programas em diferentes graus de desenvolvimento visando à construção de protótipos de cerca de 300 MWe. Os primeiros a ficarem prontos no Ocidente, estão na Inglaterra e na França. Os programas de energia nuclear dos diversos países prevêem a entrada maciça destes reatores a partir da década de 80.

Do exposto se conclui que a tecnologia de reatores rápidos ainda está em desenvolvimento, no plano internacional. Assim, um programa de grande porte, encarado como desenvolvimento global deste tipo de reator, está fora de cogitações para o País. Trata-se de dispêndio excessivo de recursos de toda a natureza, o Brasil não deve enfrentar essa corrida de fôlego. Por outro lado, ignorando a ocorrência deste ramo de tecnologia nuclear, estará o País se condenando a um estado de permanente desatualização. Desta forma, o centro de gravidade para concepção de projetos está justamente no ponto em que o País possa objetar razoável transferência de tecnologia, em processo acelerado, sem incorrer nos gastos desmesurados dos projetos globais de desenvolvimento; e, ainda nesse ponto, ambicionar algumas soluções nacionais.

#### 4.3.1 Estabelecimento de um programa de Reatores Rápidos

Os estudos sobre emprego de Plutônio no programa de reatores do Brasil, realizados na ASPED, levaram à conclusão, ainda preliminar, mas bastante convincente, de ser adequada a utilização do Plutônio (gerado nos reatores térmicos) nos reatores rápidos das décadas de 80 e 90, fornecendo uma justificativa inicial para o programa da CNEN nesta área. Os detalhes deste estudo se encontram no Capítulo 3.

Por outro lado, o IEN, responsável pela conclusão do programa no âmbito da CNEN, dedicou grande atenção à organização de um programa de trabalho plurianual.

Para estruturar um Projeto Reatores Rápidos foi necessário executar inicialmente considerável esforço de planejamento e programação. As consultorias dos centros de Battelle Northwest (USA), Harwell (UK) e do Commissariat à l'Énergie Atomique (França) foram de especial valia para o estabelecimento dessa programação, basicamente resumida no cronograma da Fig. 4.9.

#### 4.3.2 Pesquisa Tecnológica

A par da organização do programa plurianual e da realização de estudos teóricos, deu-se atenção desde já, à formação de equipes, com o intuito de treiná-las nas técnicas fundamentais peculiares aos reatores rápidos.

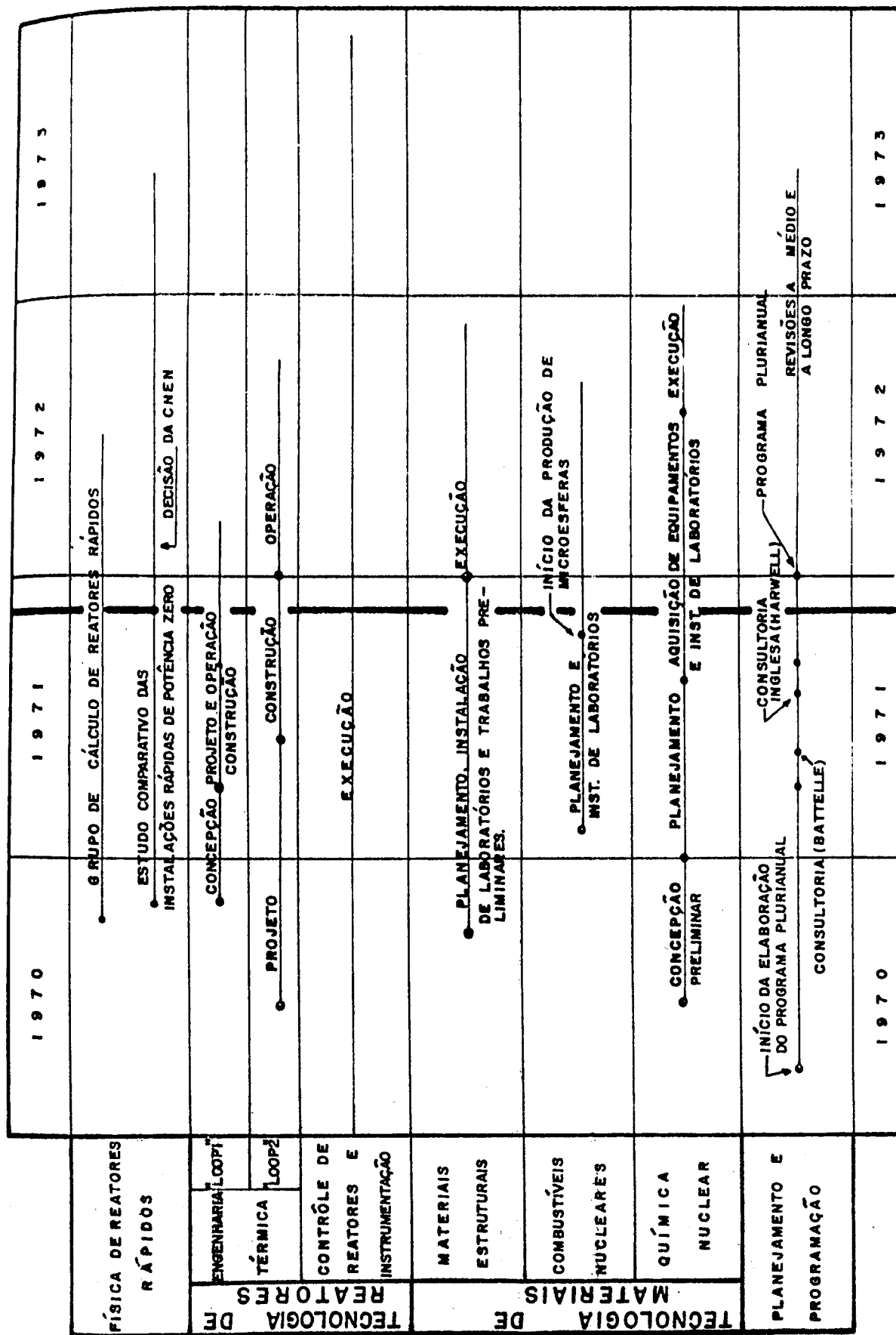


FIG. 4.9 - CONOGRAMA DO PROJETO DE REATORES RÁPIDOS DA CNEN

Desta forma, decidiu-se realizar dois projetos, um na área de física de reatores e outro na de transferência de calor; o primeiro se refere a uma montagem crítica para estudo da física dos reatores rápidos e outro se refere a circuitos térmicos para estudo de transferência de calor em sódio líquido, o arrefecedor empregado nos reatores rápidos.

#### 4.3.2.1 Montagem crítica "COBRA"

##### A - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Para estabelecimento de uma instalação experimental, a fim de se estudar a física correspondente aos reatores rápidos, foram examinados pelo menos três tipos de instalações: ZPR (Zero Power Reactor), também chamados "split-table machines"; reatores acoplados térmico-rápidos, de que são exemplos representativos o alemão STARK e o francês ERMINE; e os chamados reatores "fonte", como o espanhol CORAL, o italiano TAPIRO, o norte-americano GODIVA e o francês HARMONIE. O elemento comum a todas essas instalações é o fato de que apresentam um espectro, ou distribuição de nêutrons rápidos, e potência térmica próxima de zero. A configuração do espectro, o custo da instalação, os possíveis usos da mesma variam de acordo com o reator considerado. O IEN estudou essas alternativas e propôs à CNEN a solução mais conveniente.

Diante da análise das informações coletadas, decidiu-se o IEN pelo tipo de montagem semelhante ao ERMINE, tendo sido elaborado um anteprojeto de cooperação com a França para a realização da montagem. O projeto recebeu o nome de COBRA\*.

No momento, estuda-se o aumento da flexibilidade como reator de potência não zero, para atender aos serviços de irradiações do IEN.

#### 4.3.2.2 Circuitos Térmicos a Sódio

##### A - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN -  
3.08.04

#### ESTUDOS TÉRMICOS PARA REATORES RÁPIDOS

É necessário enfatizar a importância de adquirir "know-how" de manipulação com o Sódio líquido, material exótico quando usado como arrefecedor. Donde a

---

\* COBRA = Reator Acoplado Brasil Rápido

iniciativa do IEN de estabelecer um Laboratório de Tecnologia do Sódio, cujos instrumentos principais seriam circuitos a sódio, projetados e executados no País. Deu-se início aos trabalhos pelo projeto e construção de dois circuitos experimentais: um menor, a convecção natural e outro, maior, a convecção forçada.

#### Circuito Térmico a Sódio (Convecção Natural)

O circuito foi construído e se encontra em fase de testes de temperatura, de vazão e de pureza do sódio.

#### Circuito Térmico a Sódio (Convecção Forçada)

O Circuito de convecção forçada se encontra em fase de montagem. Trata-se de uma instalação que conterà uma carga de 400 kg de Sódio capaz de circular o fluido a uma temperatura de 550°C, desenvolvendo uma potência de 100kW. Dispõe de um trocador de calor por passagem forçada de ar em circuito aberto de sódio movido por bomba eletro-magnética.

O desenho esquemático apresentado na Fig. 4.10 mostra o circuito principal e o de análise do sódio, bem como a posição relativa dos diversos componentes. Os principais componentes são a bomba eletromagnética, os medidores de vazão, medidor de pressão, "cold-trap" seção de testes, tanque de dreno, tanque de expansão e trocador de calor.

O projeto de circuito foi condicionado à necessidade de simular, ao menos parcialmente, um canal de reator rápido. Para atender à vazão necessária foram estudadas as performances dos vários tipos de bombas eletromagnéticas disponíveis no mercado, levando-se em consideração a curva de pressão versus vazão, a temperatura do sódio no interior da bomba e tempo de entrega pelo fabricante.

A bomba escolhida é alimentada com corrente de 440 V a 60 hz e fornece as seguintes performances:

Temperatura	Vazão	Pressão
1.500°F	50 GPM	48 psi
1.200°F	50 GPM	55 psi
900°F	50 GPM	103 psi



As dimensões e aspecto da bomba po  
dem ser vistos na Fig. 4.11.

No ano de 1971, foi organizado o grupo de trabalho para desenvolvimento do projeto. O grupo se constituiu de pessoal do Instituto e de uma empresa brasileira do ramo mecânico, com assessoramento de uma empresa de "engineering" estrangeira (EUA) e de um especialista francês.

Foi atingida, plenamente, uma das finalidades do projeto, (formação de pessoal), já que diversos estudos de valor puderam ser realizados no decorrer do projeto: o cálculo do trocador de calor (Fig. 4.12); um estágio na Universidade da Califórnia de Los Angeles quando se teve a oportunidade de operar por 75 horas, um circuito a Sódio lá existente; o estudo da flexibilidade da tubulação do circuito; o estudo da influência das tensões no cálculo da estrutura, além dos estudos referentes a válvulas, "plugging meter", soldas e outros componentes, como também os estudos referentes ao controle e segurança.

Quanto ao andamento dos trabalhos, no início de 1972 a situação é a seguinte: a ponte rolante será instalada no início de 1972, adaptações nas instalações do laboratório foram feitas de modo a permitir a realização da montagem. Em 1972, o Circuito deverá estar instalado, dando, assim, um passo importante no conhecimento do "know-how" dos aspectos da refrigeração dos reatores rápidos.

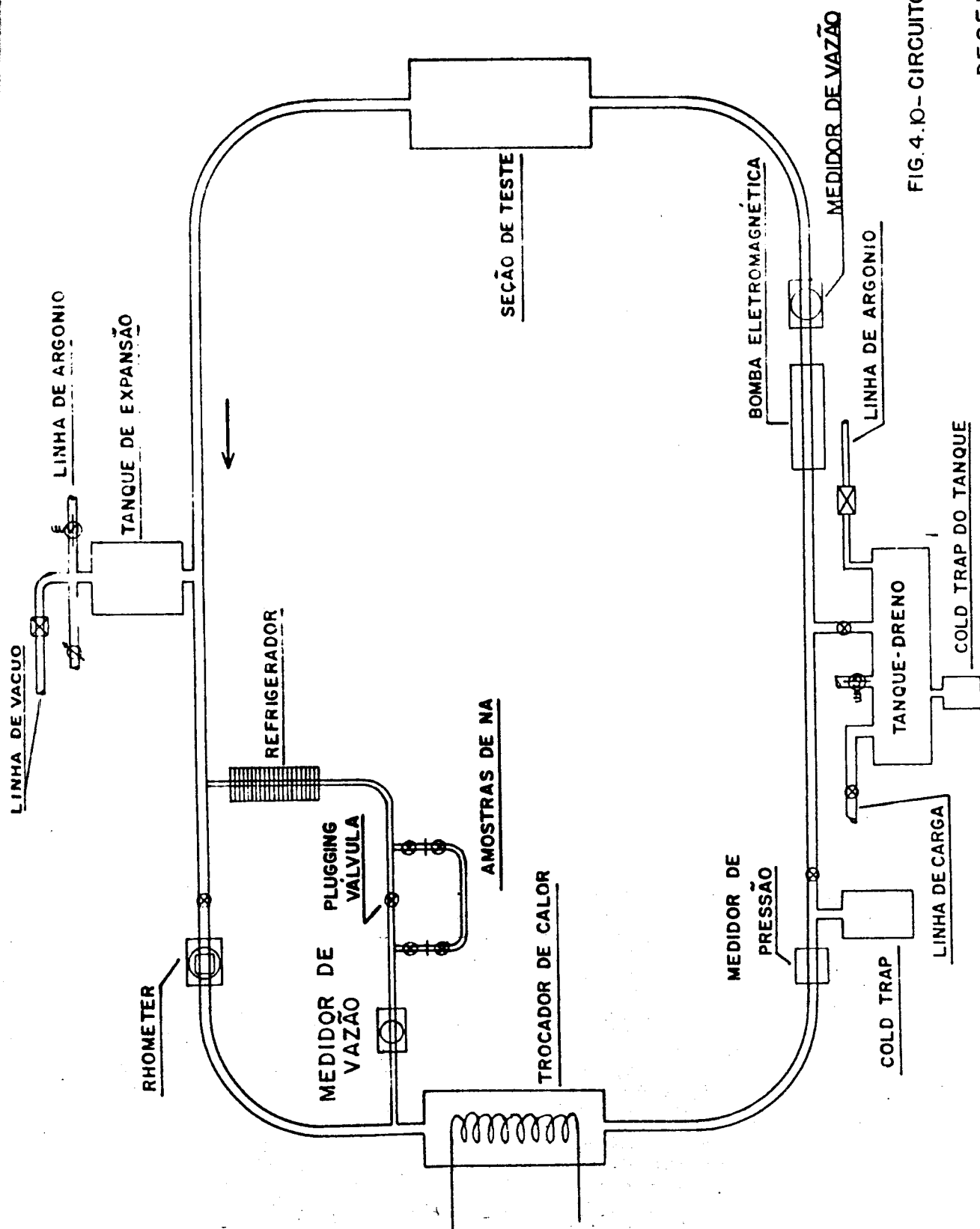


FIG. 4.10-CIRCUITO TÉRMICO A SÓDIO  
( IEN )

DESENHO ESQUEMATICO

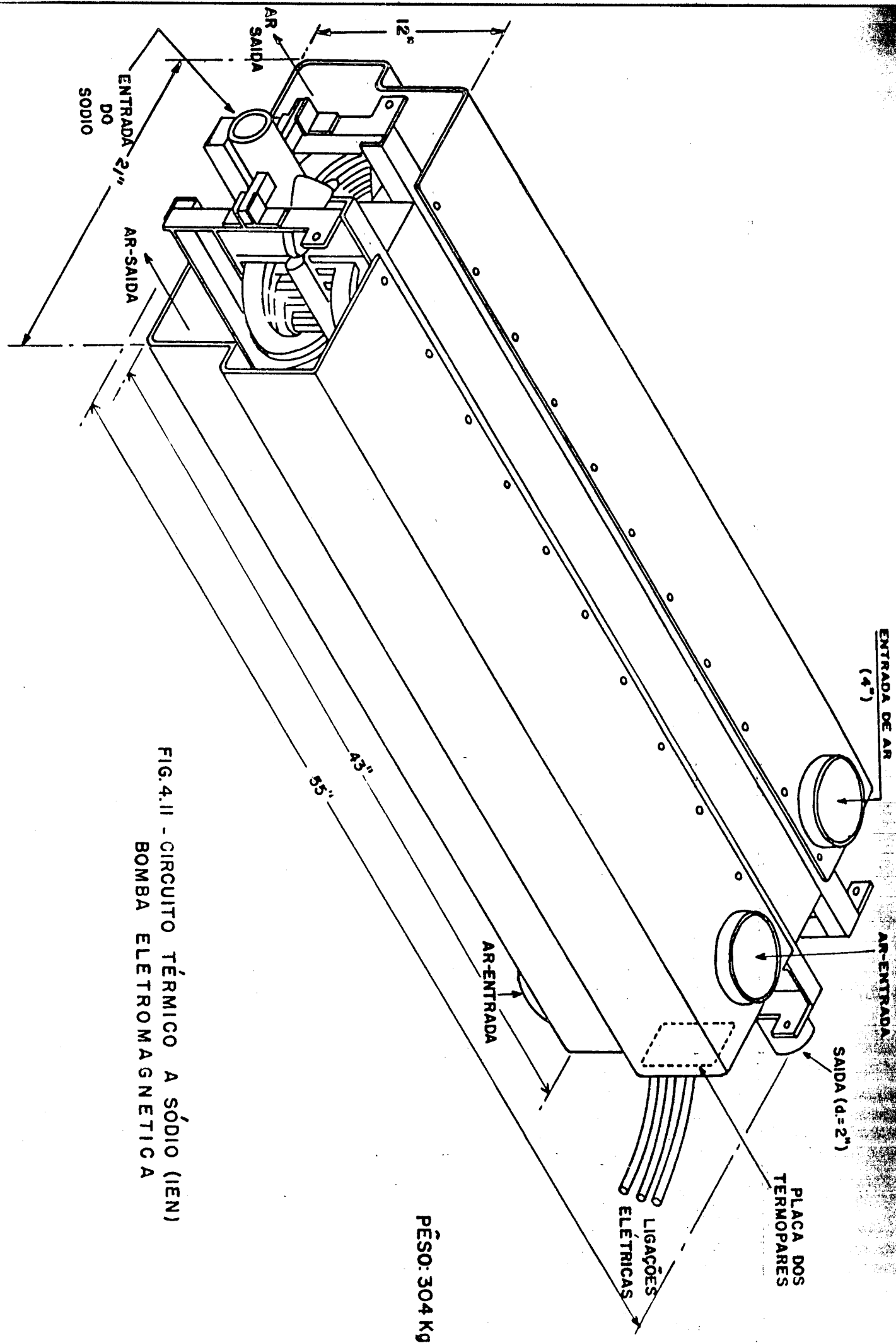


FIG.4.11 - CIRCUITO TÉRMICO A SÓDIO (IEN)  
BOMBA ELETROMAGNÉTICA

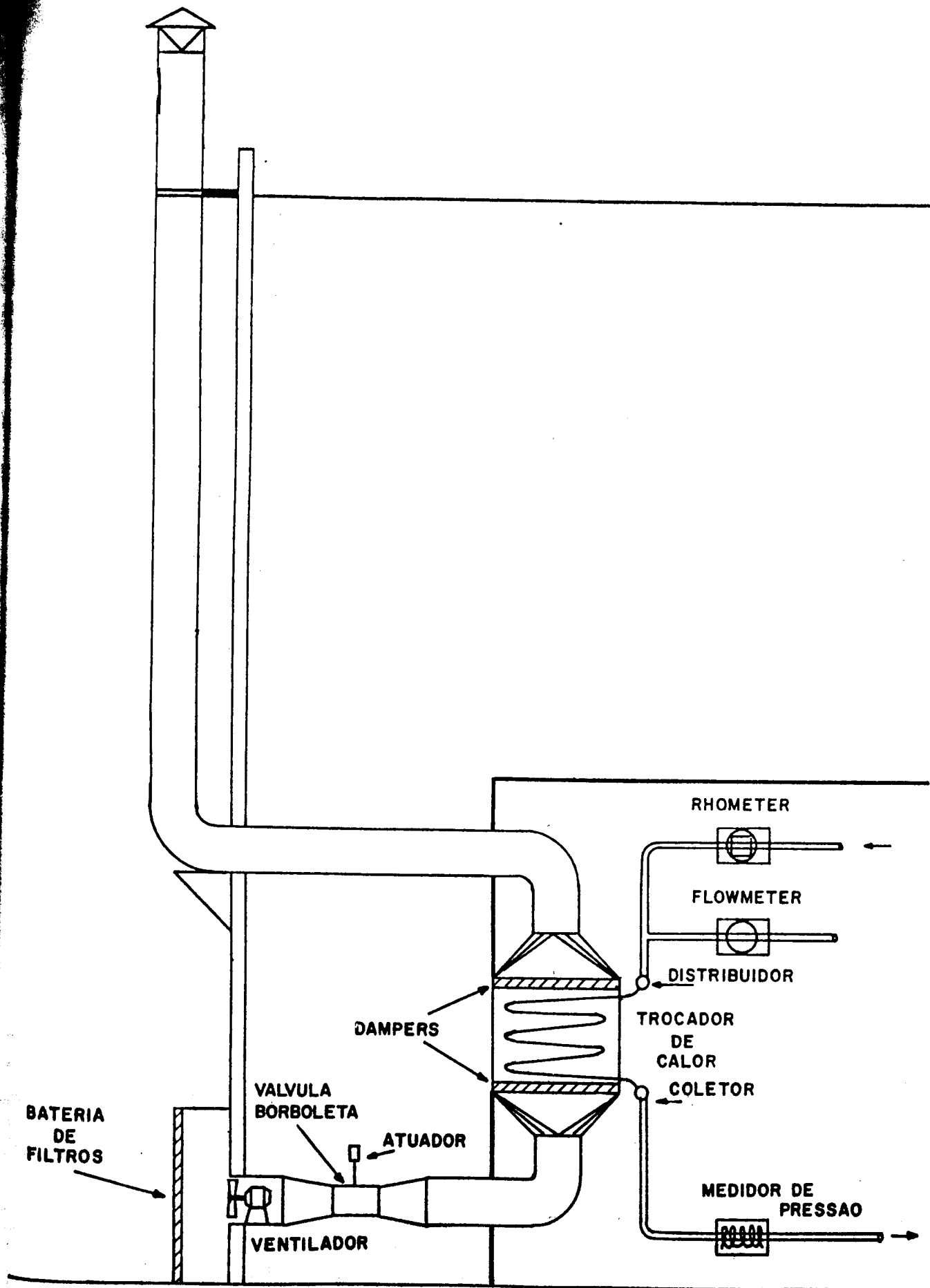


FIG. 4.12- CIRCUITO TÉRMICO A SÓDIO (IEN)  
TROCADOR DE CALOR (ESQUEMA)

5.1	<ul style="list-style-type: none"><li>- PROSPECÇÃO MINERAL<ul style="list-style-type: none"><li>5.1.1 - Introdução</li><li>5.1.2 - Distrito Nordeste</li><li>5.1.3 - Distrito Salvador</li><li>5.1.4 - Distrito Goiânia</li><li>5.1.5 - Distrito Belo Horizonte</li><li>5.1.6 - Distrito Ponta Grossa</li><li>5.1.7 - Distrito Mineiro de Poços de Caldas</li></ul></li></ul>
5.2	<ul style="list-style-type: none"><li>- ATIVIDADES DE APOIO</li></ul>
5.3	<ul style="list-style-type: none"><li>- ANÁLISES DE AMOSTRAS<ul style="list-style-type: none"><li>5.3.1 - Atividades de Apoio as Equipes de Campo</li><li>5.3.2 - Análises por Raios-X</li><li>5.3.3 - Análises Químicas</li></ul></li></ul>
5.4	<ul style="list-style-type: none"><li>- TRATAMENTO DE MINÉRIOS E PRODUÇÃO DE CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO DE PUREZA COMERCIAL</li></ul>
5.5	<ul style="list-style-type: none"><li>- PURIFICAÇÃO DE URÂNIO E TÓRIO<ul style="list-style-type: none"><li>5.5.1 - Preparação de Compostos de Urânio Nuclearmente Puros<ul style="list-style-type: none"><li>5.5.1.1 - Usina de purificação de urânio por extração com solventes.</li><li>5.5.1.2 - Precipitação contínua de diuranato de amônio.</li><li>5.5.1.3 - Produção de diuranato de amônio com características especiais para posterior transformação em <math>UF_4</math>.</li><li>5.5.1.4 - Transformação de Diuranato de Amônio em <math>UO_3</math> Granular.</li><li>5.5.1.5 - Conversão de <math>UO_3</math> a <math>UO_2</math> por redução com hidrogênio obtido pelo enriquecimento de <math>NH_3</math>.</li></ul></li></ul></li></ul>

continua

	<p>5.5.1.6 - Estudo comparativo entre rendimentos dos processos de purificação de urânio por troca iônica e por extração com solventes em colunas pulsadas na preparação de urânio nuclearmente puro.</p> <p>5.5.1.7 - Estudos de sorpção de urânio contido em soluções de nitrato de urânio por resina catiônica forte e sua eluição com sulfato de amônio.</p> <p>5.5.2 - Purificação de Tório</p> <p>5.5.2.1 - Preparação de compostos de tório nuclearmente puros. Purificação de nitrato de tório por extração com TBP Versol</p>
5.6	<p>- ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS: PRODUÇÃO DE <math>UO_2</math>, FABRICAÇÃO, METALURGIA FÍSICA E ENSAIOS</p> <p>5.6.1 - Sinterização de Urânio em Atmosfera Redutora</p> <p>5.6.2 - Emprego de Co-Lingotagem para Fabricação de Elementos Combustíveis Planos</p> <p>5.6.3 - Compactação a Quente como Processo de Produção Industrial em Tecnologia Nuclear.</p> <p>5.6.4 - Tecnologia de Fabricação de Pastilhas de Elevada Densidade de <math>UO_2</math> ou de <math>UO_2</math> - <math>ThO_2</math></p> <p>5.6.5 - Elemento Combustível</p> <p>5.6.6 - Produção de Urânio Metálico</p> <p>5.6.7 - Usina Piloto para Combustíveis Cerâmicos</p> <p>5.6.8 - Compatibilidade entre Componentes</p> <p>5.6.9 - Estudos Econômicos e de Viabilidade</p>
5.7	<p>- PRODUÇÃO DE TETRAFLUORETO DE URÂNIO (<math>UF_4</math>) E HEXAFLUORETO DE URÂNIO (<math>UF_6</math>)</p>
5.8	<p>- REPROCESSAMENTO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS IRRADIADOS</p>

## CICLO DO COMBUSTÍVEL

### 5.1 - Prospecção Mineral

#### A - O DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO MINERAL

##### 5.1.1 Introdução

O ano de 1971 constituiu-se no marco inicial da mudança mais profunda no que se refere à filosofia de prospecção e pesquisa dos minerais nucleares, ditada pelo Decreto Lei nº 764, de 15.8.69, que criou a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM).

Uma maior disponibilidade pecuniária foi obtida pela CNEN, através do Imposto Único sobre Lubrificantes e Combustíveis Líquidos e Gasosos (IULCLG), a fim de ser aplicada na busca e beneficiamento dos bens minerais imprescindíveis ao desenvolvimento nuclear. Isso permitiu ao Departamento de Exploração Mineral (DEM) a elaboração de programas mais ousados, em todas as atividades de seu campo de ação.

No que concerne à prospecção e à pesquisa de matéria prima nuclear, a Divisão de Geologia do DEM é a responsável pela política de planejamento, coordenação e fiscalização, ficando a tarefa de execução a cargo da CPRM ou de firmas por ela contratadas.

Para bem executar a sua tarefa, a Divisão de Geologia conta com seis Distritos de prospecção, assim distribuídos:

- Nordeste - CE
- Salvador - BA
- Goiânia - GO
- Belo Horizonte - MG
- Ponta Grossa - PR
- Poços de Caldas - MG

Esses Distritos, de acordo com a evolução dos trabalhos nas áreas sob suas jurisdições, ocuparam-se com etapas que abrangeram desde o reconhecimento rádio-geológico até a cubagem de jazida.

O quadro nº I quantifica o que foi realizado, em cada fase de prospecção e pesquisa, nos seis Distritos.

### 5.1.2 Distrito Nordeste

Sediado em Fortaleza, esse Distrito tem a seu cargo, à exceção da execução, todos os trabalhos que se realizam nos estados do norte/nordeste do país, desde Pernambuco até o Amazonas. As atividades se constituíram de:

#### A.1 - Pesquisa bibliográfica de literatura geológica regional

Foram selecionados vários locais para pesquisas preliminares, cujas características estão indicados de modo sintético, no Quadro II.

Com a finalidade de obter novas informações visando a identificação de seqüências lito-estratigráficas favoráveis, para concentrações de urânio, nas bacias sedimentares do Nordeste e Meio-Norte, foi examinada vasta documentação existente na RENOR da Petrobrás, em Belém do Pará.

Foram estudados os relatórios e os respectivos perfis compostos, examinados testemunhos de sondagem e amostras de calhas de sondagens feitas para petróleo, nas Bacias do Piauí/Maranhão e Barreirinhas.

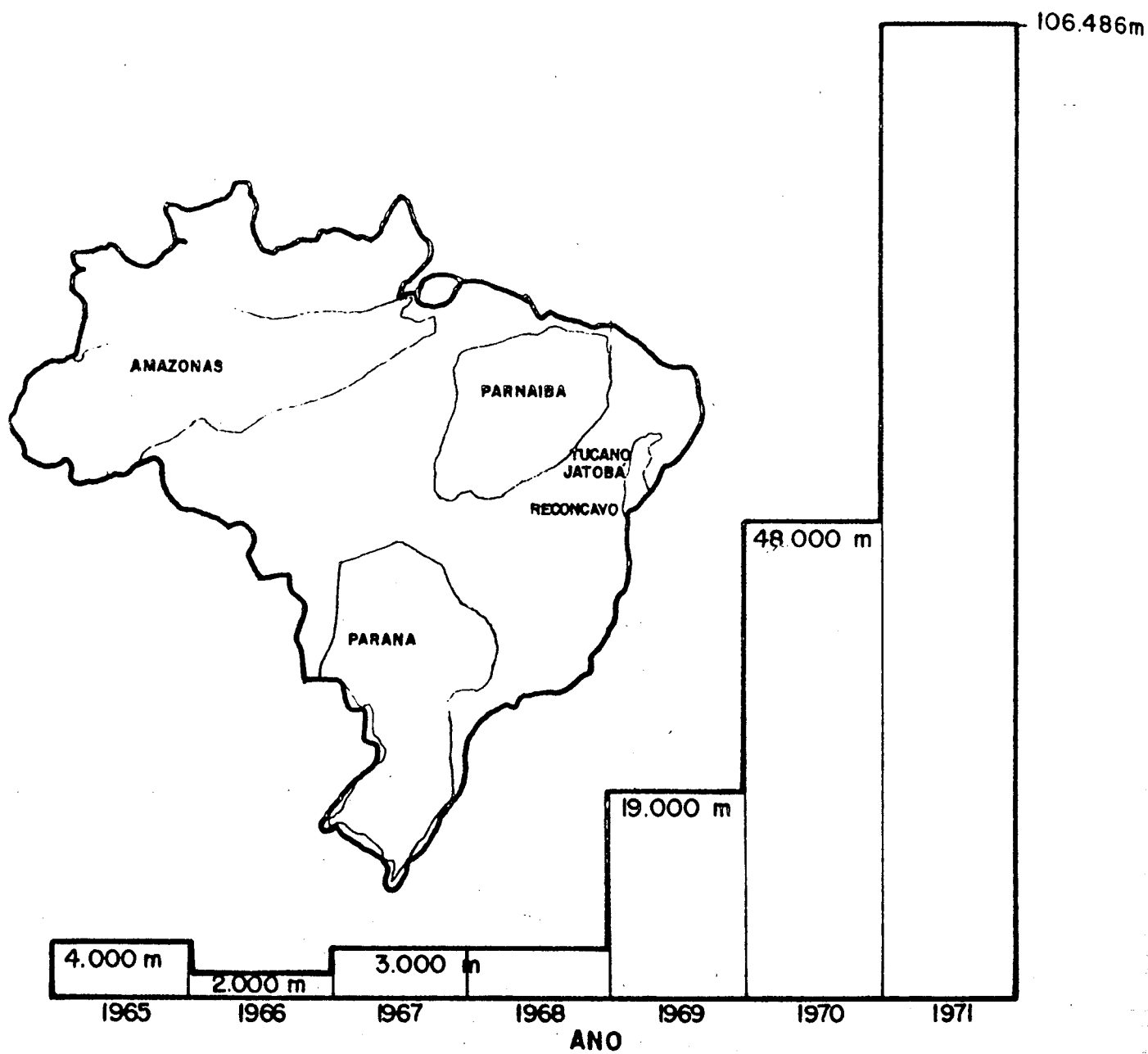
#### A.2 - Reconhecimento Radio-Geológico

Esses reconhecimentos apresentam as seguintes características:



eritos	Rec. Radiog.	Map. Geológ.	Prosp. Áerea.	Verific. Anom.	Prosp. Geog.	Map. Radiom.	Prosp. Geof.	Galeria	Sondagem	Topografia
izonte	96.498 16.242 168	-	-	-	-	15	-	-	1.657	-
ânia	89.190 1.600 24	-	30.000	-	-	-	-	-	-	-
deste	253.727 7.656 10	-	-	2	-	-	-	-	7.693	-
os de das	-	13,3	-	-	-	474,3	65	290	56.487	470
ta ssa	12.527 3.655 54	1.765 1/25000 -	42.873 - -	172 16 156	1.183 1.790 -	- - -	- - -	-	17.822 - -	54 - -
rador	150.160 6.108 53	-	-	-	-	-	-	-	22.627	-
CAL	602.102 32.261 309	1.778,3	72.873	174 16 156	1.183 1.790	489,3	65	290	106.486	524
idades	Km <sup>2</sup> Km Anomalia	Km <sup>2</sup> Escala	Km <sup>2</sup>	Verific. Positiva Negativa	amostra Km <sup>2</sup>	Ha	Ha	m-avanço	m	Ha

SONDAGENS REALIZADAS NAS  
BACIAS SEDIMENTARES DO BRASIL



QUADRO II

CALIDADE	MUNICÍPIO	RADIOATIVIDADE EM C. P. S.	ROCHA ENCAIXANTE	MINERAL DE URÂNIO E OU TÓRIO	ASSOCIAÇÃO MINERAL
Bom Jesus	Solonopolis-Ce	2.000	Gneiss		Lepidolita
enda Jatobá	Cascavel-Ce	1.500	Micaxisto		Pirita
pração Cond.	Berilândia-Ce	2.300	"	Autunita	
os de Cavalos	Quixadá-Ce	7.000	"	Samaraskita	
enda do Con-	"	250			
enda Troia	Pedra Branca-Ce	50			
pração Jua-					
o	Cristais-Ce	200			
te Araxá	Chorozinho	450	Quartzito		Limonita
	Aurora - Ce	60	Micaxisto		Cobre
S. Ursula	Ipú-Ce	50	Biotita-Gneiss		
Riacho dos					
llos	Aurora-Ce	50	Quartzito		Cobre
	Barro-Ce	50	Grauvaca		Malaquita
ho Batateira	Crato-Ce	150	Folheto Betuminoso		Cobre
a de Mãozinha	Missão Velha-Ce	150	"		Gipsita
S. Felipe	Brejo Santo -Ce	140			Cu, Ni, Zn, V, Pb
nda Varzea	S. Joao do Piauí	150	Filito		Quartzito, Galena
Brejo Seco	"	30 Microlab	Gabro		Níquel
s Mamões	Equador-RN	2.300	Gneiss	Autunita	Berilo/Tant./Col.
e-Xique	Carnaúba dos				
	Dantas-RN	2.500	"	Pechblenda	"
eirão	Parellhas-RN	1.500	"	Carnotita	"
os	Verdejante-Pe	50	Micaxisto		Galena
a Pretas	Cabo-Pe	200 Microlab	Traquito		-
alhos	"	150	"		-

- Projeto Natal

Início dos trabalhos de campo 5.7.71  
Fim dos trabalhos de campo 8.7.71  
Entrega do relatório à Chefia do Distrito 4.8.71  
Localização da área "Horat" de Natal  
60 km a SE Terezina, PI  
Área coberta: 500 Km<sup>2</sup>  
Quilômetros percorridos: 80 km  
Densidade de estradas: 0,16 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias encontradas: 3  
Finalidades: Estudo das formações ocorrentes na área, relativas à sua potencialidade como contenedoras de urânio, dando destaque especial ao contato entre as formações Potí e Piauí.  
Resultados obtido: Descoberta de três anomalias radioativas ligadas à rocha pramíticas e pelíticas ferruginosas e com matéria orgânica silicificada. O valor radiométrico máximo encontrado foi de 500 cps Microlab.

- Projeto Itapecuru

Início dos trabalhos de campo: 1.5.71  
Encerramento dos trabalhos de campo: 30.6.71  
Entrega do Relatório à Chefia do Distrito 7.10.71  
Localização da área: do meridiano 43° ao meridiano de 45° - longitude oeste; e do paralelo 4° latitude sul até o rio Parnaíba.  
Área coberta: 76.000 km<sup>2</sup>  
Quilômetros percorridos: 2.572 km  
Densidade de estradas: 0,034 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias descobertas - 2 (Anomalias de Timon e (Anomalia de Floriano).

- Projeto Balsas

Início dos trabalhos de campo: 1.5.71  
Fim dos trabalhos de campo: 30.6.71  
Entrega do Relatório à Chefia do Distrito 7.10.71  
Localização da área: de 60° a 8° latitude sul 45° a 47° longitude oeste.  
Área coberta: 50.500 km<sup>2</sup>  
Quilometragem percorrida: 1.491 km<sub>2</sub>  
Densidade de estradas: 0,029 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias descobertas: Nenhuma  
Finalidades do projeto: Procurou estudar as possibilidades das formações Paleozóicas e Mesozóicas, na tentativa de selecionar unidades estratigráficas para trabalhos posteriores de prospecção uranífera.

Resultados obtidos: Fraco

- Projeto Gurgueia

Fim dos trabalhos de campo: 27.9.71  
Entrega do relatório à Chefia do Distrito 10.12.71  
Localização da área: 10° S e Rio Parnaíba - 43° a 45° oeste  
Área coberta: 26.000 km<sup>2</sup>  
Quilometragem percorrida: 2.314 km  
Densidade de estradas: 0,03 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias encontradas: 3

- Projeto Santa Filomena

Início dos trabalhos de campo: 23.8.71  
Encerramento dos trabalhos de campo: 27.9.71  
Entrega do relatório à Chefia do Distrito 10.12.71  
Localização da área: 8° a 10° sul e 45° e 47° oeste  
Área coberta: 50.500 km<sup>2</sup>  
Quilometragem percorrida: 1.183 km  
Densidade de estrada: 0,023 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias encontradas: Nenhuma  
Finalidades: Procurou estudar as possibilidades das formações Peleozóicas e Mesozóicas, na tentativa de selecionar unidades estratigráficas para trabalhos posteriores de prospecção uranífera.

- Projeto Bacia do Araripe

Localização da área: 7° 5' e 7° 30' sul e 38° 30' 38° 39' e 39° 30' oeste  
Área coberta: 14.000 km<sup>2</sup>  
Quilometragem percorrida: 370 km  
Densidade de Estradas: 0,4 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias encontradas: 2  
Finalidades: efetuar um rápido reconhecimento da formação Tacaratu, visando o estudo detalhado dos caracteres litológicos, bem como seu comportamento radiométrico.  
Resultados obtidos: Foram descobertas duas anomalias.

- Projeto Bacia de Mirandiba

Localização da área: 38° 37' e 38° 45' oeste e 8° 26' e 8° 29' Sul  
Quilometragem percorrida: 20 km  
Densidade de estradas: 0,22 km/km<sup>2</sup>  
Anomalias encontradas: Nenhuma  
Finalidades: Procurou estudar as possibilidades das formações Paleozóicas-Mesozóicas, nas tentativas posteriores

posteriores de prospecção uranífera.

Resultados obtidos: Não foi detectada nenhuma anomalia sendo os valores radiométricos registrados muito baixos.

### A.3 - Sondagens Exploratórias

#### - Projeto União

Para o Projeto União foram previstos 5.770 metros de sondagens, sendo 4.940 metros sem amostragem contínua e 830 m com recuperação de testemunhas.

Esta metragem deveria ser lançada em área de  $190 \text{ km}^2$ , compreendida pelos meridianos de  $42^\circ 39' 16''$  e  $42^\circ 48' 11''$  de longitude Oeste e paralelos de  $4^\circ 27' 58''$  e  $4^\circ 35'$  de latitude sul.

Os furos foram dispostos em malha quadrática de 1.920 metros, correspondendo a seis linhas de base E-W e sete colunas N-S.

Do total previsto foram realizados 5.662 metros, sendo 4.940 metros com amostragem da calha (49 furos) e 772 metros com recuperação de testemunhos (6 furos). O total dos 55 feitos dá uma média de 1 furo por  $\text{km}^2$ .

Relativamente às perfilagens foram efetuados 5.457 metros de perfilagem gama, com 530 de perfilagem e 5.444 metros de perfilagens elétricas.

#### - Projeto Campo Maior

Para o Projeto Campo Maior, foram previstos 1.900 metros de sondagem exploratória, dos quais 1.400 metros com amostragem de calha e 500 metros com recuperação de testemunhos. Esta metragem seria lançada em área de cerca de  $100 \text{ km}^2$ , aproximadamente a 20 km a oeste de Campo Maior, e os furos dispostos em cruz N-S e E-W. Do total planejado, realizara-se apenas 691 metros, sendo 100 metros não testemunhados (1 furo) e 531 com recuperação de testemunhos (5 furos). Todos os furos foram executados pela CPRM. Com relação à perfilagem, efetuaram-se 521 metros de gamaperfilagem e 516 de perfilagem elétrica.

#### - Projeto São Miguel do Tapuio

Para o Projeto São Miguel do Tapuio foram previstos e realizados 1.400 metros de sondagens, sendo 1.000 metros sem recuperação de testemunhos e 400 com testemunhagem contínua. Estas últimas foram feitas pela CPRM e aquelas pela GEOSOL.

O quadro III resume o trabalho realizado relativamente a estes três pontos.

#### A.4 - Conclusões Finais:

##### - Bacia do Piauí-Maranhão

Poucos resultados animadores foram obtidos através dos vários trabalhos feitos na Bacia.

Na área do Projeto União, as sondagens revelaram a existência de dois níveis radioativos principais na Formação Poti, associados a siltitos, que ocorrem no topo da Formação, e arenitos róseos da parte superior.

Na área do Projeto São Miguel do Tapuio, talvez a melhor informação tenha sido obtida, revelando novos aspectos da mineralização uranífera conhecida no local. Em um dos furos realizados foi testado um nível radioativo de 0,10 a 0,15 m de espessura, associado a conglomerado piritoso. O teor químico determinado foi de 0,24% de  $U_3O_8$ .

##### - Bacia do Araripe

As perspectivas de presença de urânio nesta Bacia, especialmente na Formação Tacaratu, não são desprezíveis, pois duas anomalias foram encontradas em seus arenitos, aos quais intercalam-se lentes e camadas de siltitos.

##### - Bacia de Mirandiba

O reconhecimento geológico precário desta bacia e a não identificação de estruturas e litologias favoráveis, para acumulação de minerais uraníferos, não a recomendam para novos trabalhos.

##### - Reconhecimento de Informações de Índícios

O reconhecimento dos índícios não abriu perspectivas para urânio em nenhuma das áreas, pela forma isolada como ocorrem alguns minerais uraníferos e pelas ocorrências pouco significativas dos minerais a eles parageneticamente associados.

#### 5.1.3 Distrito Salvador

O Distrito Salvador, sediado na capital baiana, tem por finalidade programar, coordenar, supervisionar e fiscalizar a execução dos projetos de prospecção de urânio nos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas.

# QUADRO III

Projeto	Metragem Prevista	Metragem Perfurada	Início	Final	Metragem Perfurada			Nº de Furos		Área Testada Km <sup>2</sup>	Cia. de Sondagem	Cia. de Geofísica
					Gama	Elét.	Reperf.	Test.	Não Test.			
UNIAO	5.770	5.662	28.3.71	20.7.71	5.457	5.444	531	6	49	190	CPRM/GEOSOL	CPRM/CBG
C. MAIOR	1.900	631	19.6.71	02.8.71	521	516	76	5	1	100	CPRM	CBG
.M. Tapuio	1.400	1.400	02.8.71	20.8.71	1.360	1.267	49	7	25	7	CPRM/GEOSOL	CBG
TOTAL	9.070	7.653	-	-	7.338	7.227	656	18	75	297	-	-

Obs.: Em União, a perfilagem gama e elétrica foi feita, inicialmente, pela CPRM e, posteriormente, pela Companhia Brasileira de Geofísica (CBG).



As atividades foram iniciadas em abril de 1971 e consistiram do seguinte:

### B.1 - Reconhecimento Rádio-Geológico

#### - Projeto Espinhaço Setentrional

Início dos trabalhos de campo: 13.4.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 31.5.71

Entrega do Relatório diretamente ao DEM Executor - C.P.R.M. (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)

Localização da Área: Toda a cadeia do Espinhaço, estado da Bahia.

Área coberta: 150.000 km<sup>2</sup>

Quilômetros percorridos: 5.770 km

Densidade de estradas: 0,038 km/km<sup>2</sup>

Anomalias descobertas: 4

Finalidades do Projeto: Reconhecimento geológico- radiométrico do pré-Cambriano na região Central da Bahia, para seleção de áreas favoráveis à mineralização de urânio.

Resultados obtidos: Os metaconglomerados da formação Tombador e do Grupo Jacobina mostraram-se como os mais favoráveis para urânio, inclusive com anomalias radioativas.

#### - Projeto Araci (Detalhe)

Início dos trabalhos de campo: 1.7.71

Término dos trabalhos de campo: 30.9.71

Entrega do Relatório: diretamente ao DEM no Rio Executor: C.P.R.M. (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

Localização da área: Borda sudoeste da Bacia de Tucano.

Área coberta: 100 km<sup>2</sup>

Malha: 500 m

Quilometragem percorrida: 183 km

Anomalias descobertas: 34

Finalidades do Projeto: Levantamento Radiométrico e complementação do mapeamento geológico já existente, em escala: 1:25.000, das faixas de afloramento da formação Sergi, na borda sudoeste da bacia do Tucano.

Resultados obtidos: A existência de anomalias radioativas na parte média da formação Sergi confirmou a favorabilidade deste nível estatigráfico para urânio e possibilitou ampliar a área a ser investigada, com sondagens para o sul da zona de Rua Nova.

- Projeto Euclides da Cunha (detalhe)

Início dos trabalhos de campo: 1.10.71  
Término dos trabalhos de campo (previsto/janeiro/72).  
Executor: C.P.R.M. (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).  
Localização da área: Borda Noroeste da Bacia de Tucano.  
Área coberta: 65 km<sup>2</sup>  
Malha: 500 m  
Quilometragem percorrida: 175 km  
Anomalias descobertas: 17  
Finalidade do Projeto: Levantamento radiométrico de detalhe das faixas de afloramento da formação Sergi, na borda noroeste da Bacia de Tucano.  
Resultados obtidos: Os primeiros resultados confirmaram a existência de anomalias radioativas na parte média da formação Sergi, a norte de Rua Nova.

B.2 - Sondagens Exploratórias

- Projeto Jatobá

Início dos trabalhos de campo: outubro de 1970  
Término dos trabalhos de campo: outubro de 1971  
Entrega do Relatório: 27.12.71 (efetuado pelo Distrito Salvador)  
Executor: C.P.R.M. (Metminas e Geomineração).  
Metragem prevista: 22.850 m  
Metragem realizada: 22.780 m (sendo 19.425 m realizados em 1971).  
Localização da área: Bacia Sedimentar de Jatobá-Pe.  
Área testada: 100 km<sup>2</sup>  
Número de furos: 101  
Número de sondas: 14  
Finalidade do Projeto: Reconhecimento e delimitação em subsuperfície, de possíveis níveis mineralizados.  
Resultados obtidos: O reconhecimento da existência de, pelo menos, 3 níveis distintos com mineralização de Urânio, em diferentes áreas, possibilitou a programação de uma nova campanha de sondagem de 25.000 m, para o ano de 1972.

- Projeto Tucano

Início dos trabalhos de campo: outubro de 1970  
Término dos trabalhos de campo: outubro de 1971  
Entrega do relatório: 24.11.71 (remetido pelo Distrito Salvador).

Executor: C.P.R.M. e Metminas

Metragem prevista: 6.150

Metragem realizada: 6.295 m (sendo 5.290 m realizados em 1971).

Localização da Área: Zona de Rua Nova - Tucano - Ba.

Área testada: 70 km<sup>2</sup>

Número de furos: 43

Número de sondas: 6

Finalidade do Projeto: Reconhecimento e delimitação, em subsuperfície de possíveis níveis mineralizados no arenito Sergi.

Resultados obtidos: Foram selecionados 4 áreas favoráveis, do ponto de vista de radioatividade, para nova campanha com malha mais fechada.

- Projeto "May New"

Início dos trabalhos de campo: 28.9.71

Término dos trabalhos de campo: 23.12.71

Entrega do relatório: 7.01.71 (efetuado pelo Distrito Salvador).

Executor: C.P.R.M.

Metragem prevista: 5.000 m

Metragem realizada: 4.996 m

Localização da área: Zona de Rua Nova - Tucano - Ba.

Área testada: 15/km<sup>2</sup>

Número de furos: 26

Número de sondas: 1

Finalidade do Projeto: Nas áreas já selecionadas pelo projeto Tucano, verificar a continuidade ou não da mineralização e o valor econômico das lentes ou corpos mineralizados, em função da extensão, espessura e teor.

Resultados obtidos: Embora presente em todos os furos o nível mineralizado, não foi encontrada nenhuma concentração de valor econômico. A mineralização ocorre em nível argiloso, com matéria orgânica e pirita, que oferece condições físico-químicas para a precipitação do urânio contido em solução que percolaram todo o pacote poroso e permeável do Sergi. No entanto, a deposição não foi suficiente para dar uma concentração econômica, pois os teores em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> são baixos e restritos a uma camada de alguns centímetros de espessura.

5.1.4 Distrito Goiânia

O Distrito Goiânia foi criado, em abril de 1971, visando à prospecção de minerais uraníferos nos estados de Goiás e Mato Grosso, nos mesmos moldes dos outros

Distritos.

### C.1 - Investigações Preliminares

Após intensa pesquisa bibliográfica a respeito da geologia das áreas sob a jurisdição do referido distrito, foram realizadas viagens de investigações preliminares nas regiões consideradas com maiores perspectivas, relativas a ocorrência de possíveis mineralizações de Urânio ou condições geológicas para isso. O quadro IV mostra as áreas visitadas.

Com os conhecimentos provindos destas viagens, aliados àqueles oriundos da pesquisa bibliográfica, foram selecionadas duas áreas que deverão ser prospectadas por aerocintilometria, em 1972.

A primeira situa-se na borda oeste da Geossinclinal de Brasília, onde, além de uma litologia favorável, constatou-se a existência de uma área altamente radioativa cujas amostras seletivas daí retiradas apresentaram valores da ordem de 0,1 a 0,48% de  $U_3O_8$  e 2,0 a 13% de  $ThO_2$ .

A campanha aerocintilométrica cobrirá uma superfície com 12.320 km<sup>2</sup>.

A outra área eleita que pode ser alvo de uma campanha de aerocintilometria também por motivo de sua favorabilidade litológica e estrutural, é aquela que tem como centro geográfico a Serra da Mesa e será coberta por 24.640 km<sup>2</sup>.

Foram observadas anomalias radiométricas com altos valores na parte sul da Chaminé Alcalina de Catalão I e também nas rochas de grupo Araxá, que se constituem na rocha encaixante das referidas chaminés.

Os resultados das análises químicas das amostras provenientes dos corpos graníticos de Israelândia e Piranhas, mostraram que os mesmos são portadores de teores fundamentais anômalos de Urânio.

QUADRO IV

Viagens	Áreas Visitadas	Quilômetros percorridos
1	Região Sudoeste do Estado de Goiás Israelândia - Iporá - Santa Fé - Piranhas e Morro do Engenho	+ - 200
2	Região Sul do Estado de Goiás Campo Limpo - Ideialina - Arogoiânia	+ - 1.500
3	Região Centro do Estado de Goiás Auriverde - Nova América - Itapaci - Pilar de Goiás e Hidrolina	+ - 1.300
4	Região Centro-Leste do Estado de Goiás Alto Paraíso - Nova Roma e Arraiais	+ - 4.000
5	Região Centro-Oeste do Estado de Goiás Trombas - Mata Azul e Araguaçu	+ - 3.200
6	Região Centro-Leste do Estado de Goiás Cavalcante e Pico do Moleque	+ - 1.250
7	Região Centro Leste do Estado de Goiás Porto Real e Cavalcante	+ - 1.450
8	Região Centro do Estado de Goiás Niquelândia e Serra da Mesa	+ - 1.500
9	Região Sudeste do Estado de Goiás Chaminés Alcalinas de Catalão I e Catalão II	+ - 1.120
10	Região Sudoeste do Estado de Goiás Iporá e Piranhas	
11	Região Norte do Estado de Goiás (Serra dos Pirineus) Goianesia, Barro Alto e Uruaçu	+ - 1.320

## 2 - Prospeção Aerocintilométrica

### - Projeto Alto Garças:

Início dos trabalhos de campo: 8.8.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 19.10.71

Executor: C.P.R.M. - PROSPEC

Localização da área: Sudoeste do Estado de Goiás e su  
deste do Estado de Mato Grosso - Região de Araguainha -  
- Alto Garças - Mineiros e Montividiú.

Área coberta: 30.000 km<sup>2</sup>

Quilômetros voados: 32.500

Finalidades: Reconhecimento aerocintilométrico de um  
trecho da borda norte da Bacia do Paraná. Este projeto  
já havia sido proposto pela Equipe de Campo de Ponta  
Grossa, sob a jurisdição da qual encontrava-se toda a  
Bacia do Paraná.

Resultados obtidos: Os perfis de aerocintilometria ainda  
estão sendo interpretados pela PROSPEC S/A, firma exe  
cutora do serviço, como subcontratada pela C.P.R.M.

## D.1 - Reconhecimento Radiogeológico

### - Projeto Quadrilátero Ferrífero

Após o levantamento bibliográfico da área e cópias dos  
mapas geológicos na escala de 1:25.000, iniciou-se o tra  
balho sistemático de reconhecimento radiogeológico, hoje  
concluído, com 100 anomalias detectadas numa densidade  
de estradas em torno de 0,5%. Pode-se afirmar que a  
área oferece boas e significativas possibilidades para urânio.

### - Projeto Bacias Terciárias do Nordeste de Minas Gerais.

Esse projeto, que abrange uma área de 41.048 km<sup>2</sup>, foi  
executado pela CPRM.

O objetivo principal deste Projeto era o de verificar a  
existência ou não de sedimentos terciários na área, e  
quais as possibilidades dos mesmos para urânio.

Verificou-se a inexistência dos citados sedimentos, ha  
vendo sido encontradas superfícies de erosão - chapadas -  
- com solo residual, que não apresentam as característi  
cas de sedimentos transportados.

Não foram localizadas anomalias de interesse.

Este Distrito foi instalado, em março de 1971, visando à prospecção e pesquisa de minérios uraníferos, especificamente nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

A evolução dos trabalhos encontra-se resumida nos quadros V, VI e VII.

QUADRO V

PROJETO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÓRGÃO EXECUTOR	INÍCIO DATA	TÉRMINO DATA	ANOMALIAS DETECTADAS	RESULTADOS OBTIDOS
Quadrilátero Ferroífero	10.000	CNEN B.H.	01.05.71	30.11.71	100	Ótimos - além do grande nº de an- omalias, boas con- dições geológicas
Bacias Terciárias	41.048	CPRM	01.05.71	03.07.71	—	Negativos - ausên- cia de sedimen- tos Terciários e de anomalias.
Espinhaço Meridional	45.450	CPRM	01.11.71	em Execução	68 até 30.12.71	Não conclusivos - Grande nº de an- omalias em gneiss e pegmatitos, al- gumas em metas- sedimentos.
Total	96.498				168	

QUADRO VI

Projeto	Área	Órgão Executor	Data Início	Término	Previsão de Sondagem (m)	Resultados Obtidos
Anomalia 35	1	CNEN	1.12.71	30.01.72	1.500	Boas possibi- lidades para Urânio
Anomalia 41	1	CNEN	1.11.71	30.12.71	-	Pequenos cor- pos radioati- vos. Pouco volume.

QUADRO VII

Projeto	Previstos (m)	Perfurados (m)	Início	Furos Conduídos nº	Efetutados %	Executo- ra	Resulta- dos
Alto Paranaíba	3.000	1.395	16.9.71	11	55,26	CPRM	Negativo até o mo- mento.



#### D.1 - Reconhecimento Radiogeológico

##### - Projeto Quadrilátero Ferrífero

Após o levantamento bibliográfico da área e cópias dos mapas geológicos na escala de 1:25.000, iniciou-se o trabalho sistemático de reconhecimento radiogeológico, hoje concluído, com 100 anomalias detectadas numa densidade de estradas em torno de 0,5%. Pode-se afirmar que a área oferece boas e significativas possibilidades para urânio.

##### - Projeto Bacias Terciárias do Nordeste de Minas Gerais

Esse projeto, que abrange uma área de 41.048 km<sup>2</sup>, foi executado pela CPRM.

O objetivo principal deste projeto era o de verificar a existência ou não de sedimentos terciários na área, e quais as possibilidades dos mesmos para urânio.

Verificou-se a inexistência dos citados sedimentos, havendo sido encontradas superfícies de erosão-chapadas - com solo residual, que não apresentam as características de sedimentos transportados.

Não foram localizadas anomalias de interesse.

- Projeto Espinhaço Meridional

Esse projeto visa aquilatar as favorabilidades dos meta-sedimentos da Série Espinhaço, principalmente os meta conglomerados.

Deverá cobrir uma área de 65.000 km<sup>2</sup>, tendo sido já cobertos 45.450 km<sup>2</sup>.

As anomalias até agora encontradas distribuem-se pelos meta-sedimentos das Séries do Espinhaço e de Minas, e pelos gneisses e pegmatitos regionais. O número delas já atinge a 8.

D.2 - Sondagem

- Projeto Alto Paranaíba

Este projeto foi planejado sob o ponto de vista teórico das possibilidades da Formação Areado conter, em sub - superfície, o urânio que teria sido mobilizado a partir dos sedimentos vulcânicos superiores.

Devido ao alto grau de intemperismo da superfície, da impossibilidade de medidas radiométricas representativas dessa zona intemperativa, e da falta de maior conhecimento das condições geológicas da Bacia do Alto Paranaíba, as sondagens programadas visaram estudar estas condições em sub-superfície.

O grande intemperismo da superfície atinge a profundidades inesperadas - até mais de 150 m em alguns furos.

Nenhuma anomalia foi até então registrada e, em resumo, podemos concluir:

- Falta de condições redutoras da Formação Areado;
- Grande profundidade do intemperismo, com o nível freático estando, praticamente, no contato da série Bambuí;

São fatores por si só negativos, para a prospecção de urânio, pelo menos nas partes Sul e Central da área em estudo.

Resta, ainda, a conclusão dos furos da região norte (Pa-tos de Minas) permitirá para avaliação o/as possibilidades da área em questão, como prospectável para Urânio.

5.1.6 Distrito Ponta Grossa

Durante o ano de 1971, o Distrito Ponta Grossa teve sua área de atividades restrita aos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os

trabalhos de prospecção para urânio tiveram continuidade na borda leste da Bacia sedimentar do Paraná na faixa de sedimentos paleozóicos e regiões de rochas pré-devonianas que afloram naqueles estados sulistas.

Os trabalhos de prospecção para urânio, durante o ano de 1971, foram bem diversificados, tendo sido realizadas pesquisas de superfície e aérea. Vários indícios radioativos foram assinalados através dos trabalhos realizados, ampliando o número de indícios conhecidos.

Os trabalhos programados para o ano de 1972, deverão testar, em subsuperfície, os indícios detectados em superfície.

Foram desenvolvidos as seguintes atividades (Fig. 5.1).

#### E.1 - Reconhecimento Radiogeológico

##### - Projeto Nordeste de Santa Catarina

Início dos trabalhos de campo:	11.10.71
Encerramento dos trabalhos de campo:	20.11.71
Entrega do Relatório:	30.11.71

Executor: CNEN

Área coberta: 4.902 km<sup>2</sup>

Quilômetros percorridos: 1.124

Densidade de estradas: 0,23 km/km<sup>2</sup>

Anomalias descobertas: 29

Finalidades do Projeto: procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica, a fim de possibilitar a abertura de novas frentes de trabalho.

Resultados obtidos: Bons, no que se refere aos valores radiométricos, como também à lito-estratigrafia e à tectônica regional.

##### - Projeto Pré-Devoniano do Paraná

Região Cerro Azul - Tunes

Início dos trabalhos de campo:	13.4.71
Encerramento dos trabalhos de campo:	13.4.71
Entrega do Relatório:	14.4.71

Executor: CNEN

Área coberta: 6 km<sup>2</sup>

Quilômetros percorridos: 300

Densidade de estradas: 50 km/km<sup>2</sup>

# CNEN DEM

DISTRITO DE PONTA GROSSA

PROGRAMA 1971

PROJETOS EXECUTADOS

## I) CONTRATADOS PELA C.P.R.M

### AEROCINTILOMETRIA

- ① PROJETO FRANCA
- ② PROJETO PONTA GROSSA-CRICIUMA

### SONDAGEM

- ③ PROJETO RIO DO PEIXE I E II  
PROJETO IBAITI
- ④ PROJETO ORTIGUEIRA

### MAPEAMENTO

- ⑤ PROJETO CURIÚVA

### GEOQUÍMICA

- ⑥ PROJETO CASTRO-PIRAÍ

## II) EXECUTADOS PELA CNEN

### RECON.DE ANOMALIAS AÉREAS

- ⑦ PROJETO RESERVA

### PERFILAGEM GAMA

- ⑧ PROJETO CRICIUMA

### RECONHEC. RADIOGEOLÓGICO

- ⑨ PROJETO PRE-DEVONIANO

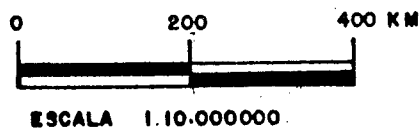
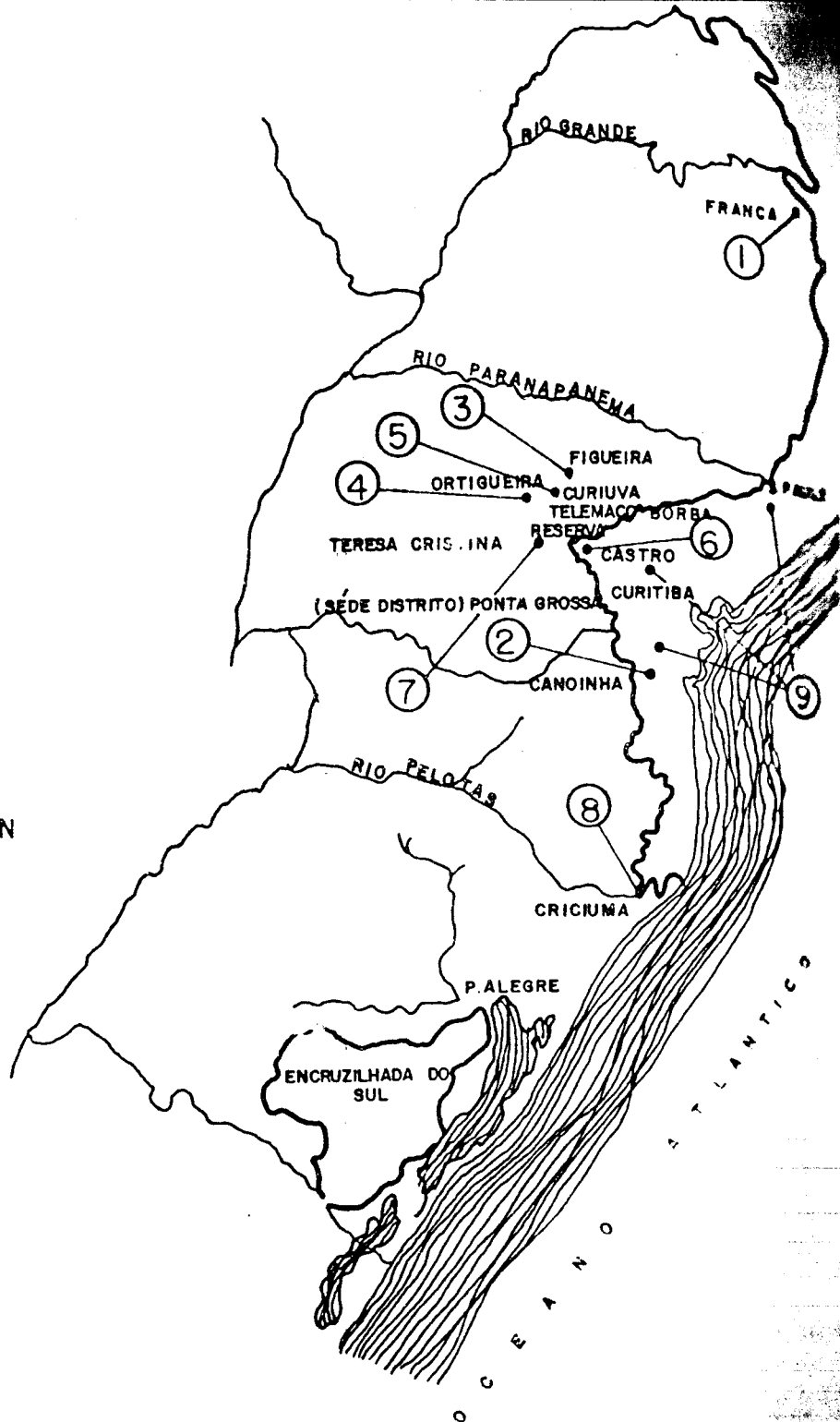


FIG.5.1- CNEN/DEM DISTRITO DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA 1971 PROJETOS EXECUTADOS

Anomalias descobertas: 2

Finalidades do Projeto: procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica, a fim de possibilitar a abertura de novas frentes de trabalho.

Resultados obtidos: bons, no que se refere aos valores radiométricos, como também à lito-estratigrafia e à tectônica regional.

- Projeto Pré-Devoniano de São Paulo

Início dos trabalhos de campo: 15.9.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 16.9.71

Entrega do Relatório: 17.9.71

Executor: CNEN

Finalidades do Projeto: Procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica, a fim de possibilitar a abertura de novas frentes de trabalho.

Resultados obtidos: Bons, no que se refere aos valores radiométricos, como também à lito-estratigrafia e à tectonia regional.

Foi encontrada uma zona bastante anômala no granito-intrusivo localizada a 23 km ao sul da cidade de Ribeira, na antiga estrada São Paulo/Curitiba.

- Projeto Estrada do Cerne

Início dos trabalhos de campo: 17.6.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 17.6.71

Entrega do Relatório: 18.6.71

Executor: CNEN

Anomalias descobertas: 5

Finalidades do Projeto: Procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica regional.

Resultados obtidos: Bons, no que se refere aos valores radiométricos, como também à lito-estratigrafia e à tectônica regional.

- Projeto Criciúma - Urussanga

Início dos trabalhos de campo: 24.7.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 24.7.71

Executor: CNEN

Anomalias descobertas: 3, todas em granito alterado.

Finalidades do Projeto: Procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica.

Resultados obtidos: Bons, no que se refere aos valores radiométricos, como também à lito-estratigrafia e à tectônica regional.

- Projeto Tereza Cristina

Início dos trabalhos de campo: 20.4.71

Encerramento dos trabalhos de campo: 8.10.71

Executor: CNEN

Área coberta: 7.600 km<sup>2</sup>

Quilômetros percorridos: 1.200

Densidade de estradas: 0,016 km/km<sup>2</sup>

Anomalias descobertas: 12

Finalidades do Projeto: Procurar anomalias radioativas e estabelecer sua vinculação à litologia, estratigrafia e tectônica, a fim de possibilitar a abertura de novas frentes de trabalho.

Resultados obtidos: Foram encontradas 12 anomalias.

E.2 - Prospecção Geoquímica

- Projeto Castro - Piraí do Sul (PR)

Foram coletadas: 1.183 amostras de aluviões de rios, numa superfície aproximada de 1.789 km<sup>2</sup>. Das 1.183 amostras encaminhadas para o Laboratório de Geoquímica do DEM, somente 929 resultados foram remetidos para este Distrito. Embora não se tenham todos os resultados da análise, pôde-se constatar vários valores geoquimicamente anômalos, com teores de até 7,5 ppm, ligados a rochas do Grupo Castro, de idade pré-devoniana.

E.3 - Prospecção Aerocintilométrica

- Projeto Franca

A constatação de teores elevados em U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, ligados à mineralização de autunita, nos sedimentos da Formação Botucatu, que afloram nas proximidades da região de Ribeirão Preto - SP, foram fatores que determinaram uma programação de 6.661 quilômetros lineares de voo. Em meados de 1971, os trabalhos aerocintilométricos chegaram ao seu término e os resultados obtidos foram remetidos ao DEM, onde se encontram em fase de recompilação.

- Projeto Ponta Grossa - Criciúma

No início do mês de setembro de 1971, começou-se a campanha de aerocintilometria e magnetometria, contra

contratada com a Companhia Brasileira de Geofísica, tendo como finalidade o estudo de cerca de 42.000 km<sup>2</sup> de uma faixa de terreno constituída por sedimentos paleozóicos da série Tubarão e Passa Dois, e rochas da série Itajaí, de idade pré-devoniana.

A faixa prospectada acha-se limitada entre os paralelos 25° e 29° sul, com um total de linhas de voo correspondentes a 42.000 quilômetros lineares, utilizando-se uma malha quilométrica. Os vãos programados estão tendo prosseguimento e os resultados dos mesmos deverão ser conhecidos no início do próximo ano. Até o momento foram voados cerca de 30.000 km.

#### E.4 - Reconhecimento de Anomalias Aéreas

Em 1971, foi concluída a campanha de verificação de anomalias aéreas, executadas pela Equipe de Geofísica da CNEN.

##### - Região de Tereza Cristina

Anomalias detectadas:	140
Anomalias reconhecidas:	133
Anomalias abandonadas:	7
Anomalias positivas:	6
Anomalias negativas:	127

##### - Região de Figueira

Anomalias detectadas:	92
( * ) Anomalias reconhecidas:	13
Anomalias positivas:	2
Anomalias negativas:	11

(5) Em 1970 foram reconhecidas 79 anomalias.

Num total de 269 anomalias detectadas apenas 16 são realmente positivas, dando uma percentagem pouco maior que 5%.

#### E.5 - Mapeamento Geológico de Detalhe

##### - Projeto Curiúva

Este Projeto, executado pela CPRM, teve como objetivo o mapeamento de detalhes, na escala 1/25.000, de uma superfície de 1.675 km<sup>2</sup>, constituída por sedimentos da série Tubarão e Passa Dois. O Projeto

Projeto chegou ao seu final, em agosto de 1971, sem que tivesse atingido os objetivos esperados. A experiência mostrou que, para esse tipo de trabalho, o melhor seria a utilização dos mapas geológicos da PETROBRÁS, na escala de 1/50.000, com previsões melhores que aquelas do Projeto executado pela CPRM.

#### E.6 - Sondagens

Durante o ano de 1971, foram executados - 18.245 metros de sondagens "Rotary" e Rotativa a dia mante, de acordo com os projetos abaixo relacionados:

- Projeto do Rio do Peixe Nº 1

Início dos trabalhos de campo:	2.01.71
Encerramento dos trabalhos de campo:	16.07.71
Executor:	CNEN/RODIO/GEOSOL
Sondagem prevista:	7.200 m
Sondagem executada:	7.252 m
Área testada:	300 km <sup>2</sup>
Número de furos:	80
Número de sondas:	10

Finalidade do Projeto: Sondagens com malhas sistemáticas para delimitação de possíveis áreas favoráveis no arenito da formação Rio Bonito, associado ao carvão.

Resultados obtidos: Delimitadas 2 áreas anômalas, com sedimentos possivelmente depositados em canais fluviais.

- Projeto Rio do Peixe Nº 2

Início dos trabalhos de campo:	26.7.71
Encerramento dos trabalhos de campo:	30.12.71
Executor:	CPRM
Sondagem prevista:	4.070 m
Sondagem executada:	4.085 m
Área testada:	15. km <sup>2</sup>
Número de furos:	39
Números de sondas:	10

Finalidade do Projeto: Fechamento da malha, devido aos bons resultados obtidos no decorrer do Projeto.

Resultados obtidos: Foram constatadas concentrações de minerais uraníferos em zonas carbonadas da formação Rio Bonito, sem constituir dimensões de jazida.

- Projeto Ortigueira

Início dos trabalhos de Campo:	22.7.71
Encerramento dos trabalhos de Campo:	28.10.71



Executor: CPRM

Sondagem prevista: 2.000 m

Sondagem executada: 2.034 m

Área testada: 650 km<sup>2</sup>

Número de furos: 17

Número de sondas: 1

Finalidade do Projeto: Sondagem exploratória ao longo das estradas onde ocorrem sedimentos paleozóicos, previamente selecionados como férteis para Urânio.

Resultado do Projeto: Comprovação da fertilidade da Formação Rio Bonito, que apresentou níveis radioativos em alguns furos.

- Projeto Ibaiti

Início dos trabalhos de Campo: 3.11.71

Encerramento dos trabalhos de Campo: -

Executor: CPRM

Sondagem prevista: 2.000 m

Sondagem executada: 1.984,50 m

Finalidade do Projeto: Explorar as zonas circunvizinhas à área prospectada pelos projetos Rio do Peixe I e II.

Resultados do Projeto: Resultados pouco animadores com relação a radioatividade.

- Encruzilhada do Sul

Início dos trabalhos de Campo: 2.01.71

Encerramento dos trabalhos de Campo: 4.06.71

Executor: CPRM

Sondagem prevista: 3.000 m

Sondagem executada: 2.889 m

Área testada: 2.5 km<sup>2</sup>

Número de furos: 46

Número de sondas: 4

Finalidade do Projeto: Testar formações sedimentares - carboníferas que apresentaram, em superfície, boas anomalias radioativas e geoquímicas de Urânio.

Resultados obtidos: Detecção de níveis com valores radioativos e teores químicos expressivos, sendo a espessura, no entanto, pequena e sem continuidade lateral.

### E.7 - Considerações Gerais

Na região de Encruzilhada do Sul, as sondagens realizadas demonstraram serem mínimas as possibilidades de existência de jazidas uraníferas na área prospectada; todavia os trabalhos de prospecção aerocintilométrica, que serão desenvolvidas no decorrer do ano de 1972 no Rio Grande do Sul, e, também, nos Estados do

Paraná e São Paulo, poderão revelar novas áreas de interesse para a prospecção no terreno.

Na Região de Criciúma, a campanha de perfuração, realizada durante o ano de 1971, foi pouco satisfatória.

Nas Regiões estudadas através da sondagem "Rotary" e "Rotativa" a diamante, a noroeste de Ponta Grossa, teve-se a confirmação sobre a potencialidade uranífera da formação Rio Bonito.

Os resultados obtidos através do Projeto Rio do Peixe nº 2 vieram confirmar a hipótese sobre a maior concentração da mineralização uranífera em zonas arenosas próximas dos níveis carbonosos de textura grossa e altamente permeáveis, controladoras da deposição uranífera. Uma nova tática de prospecção deverá ser utilizada em 1972, com o emprego de 5.000 metros de sondagem, na tentativa de serem obtidas as conclusões definitivas sobre a existência ou não de jazidas de urânio nessa área.

Nas regiões de Harmonia e Curiúva, as perspectivas de serem encontradas concentrações uraníferas de interesse econômico, na formação Rio Bonito, são bastante promissoras, tendo em vista que, em Curiúva, encontrou-se um pacote de sedimentos conglomeráticos e arenosos, mineralizado com 12 metros de espessura e teor médio de 160 ppm em  $U_3O_8$ , enquanto que, em Harmonia, foi verificado o maior teor em  $U_3O_8$  de toda a Bacia do Paraná, atingindo o valor de 1,24% de  $U_3O_8$ , além da constatação de pechblenda e traços de Mo, Cu, Ni, Cd, Zn e V, como também o fato de ter sido verificado um tipo de controle estrutural da mineralização uranífera, além do estratigráfico.

Os 10.000 metros de sondagens previstos para as áreas de Curiúva e Harmonia, deverão trazer novos elementos para o comportamento da mineralização em superfície.

O reconhecimento de anomalias, na Região de Tereza Cristina, revelou a presença de novas anomalias na zona de contato entre a formação Serrinha e Morro Pelado, com teores em  $U_3O_8$  atingindo valores de até 1.400 ppm.

Em 1972, deverão ser intensificados os trabalhos de prospecção nessa área com a realização de uma campanha de 10.000 metros de sondagem Rotary, a través da qual será possível tirar-se informações geológicas e geofísicas, necessárias a uma avaliação sobre a favorabilidade desta zona de contato.

A nordeste de Sta. Catarina, em várias regiões onde afloram rochas da série Itajaí, foram constatadas várias anomalias radioativas em rochas, cuja semelhança é marcante com aquelas do grupo Castro (PR) e Série Camaquã (RS). As perspectivas para esta área são bastante promissoras e com o decorrer dos trabalhos de prospecção, que deverão ser desenvolvidos durante o ano de 1972, novos dados serão obtidos.

Nas regiões de rochas pré-devonianas do grupo Castro, foram assinaladas algumas zonas geoquimicamente anômalas, que deverão merecer trabalhos de detalhes.

Nas regiões pré-devonianas do vale do Ribeira, os resultados obtidos através de reconhecimentos preliminares foram satisfatórios, e os trabalhos de aerocintilometria, programados para a área, deverão trazer novas informações sobre a potencialidade da região prospectada.

#### 5.1.7 Distrito Mineiro de Poços de Caldas

DEM

1.31.02

#### EQUIPE DE POÇOS DE CALDAS

No Planalto de Poços de Caldas, como na maioria das áreas de interesse da CNEN, os resultados mais significativos no campo da pesquisa de urânio têm evoluído, quase sempre, em função do volume das sondagens executadas.

De fato, o brusco incentivo das campanhas de prospecção em várias frentes, a partir de junho de 1970, teve, como consequência imediata, um considerável avanço no dimensionamento das reservas em  $U_3O_8$ , anteriormente conhecidas na primeira jazida do Campo do Agostinho, passando de pouco mais de 550 toneladas, para cerca de 2.000 toneladas no próprio Agostinho e Indício "A" do Setor C/09.

Foi, portanto, baseado neste raciocínio que o Distrito Mineiro do DEM, na região, concentrou esforços em certas áreas de maior importância, onde, no período do abril/dezembro de 1971, foram executados, além dos trabalhos normais de superfície, 56.487 metros de sondagens testemunhadas ou não (fig. 5.2).

Cerca da metade das sondagens foi consumida no detalhamento de áreas já conhecidas, permitindo não só a completa avaliação das reservas de urânio e molibdênio do Campo do Agostinho, como também uma primeira estimativa de outros indícios.

Deve-se salientar, ainda, que outras áreas, tais como o Indício "E" do Setor C/05, Campo de Taquari e Campo de Três Barras, puderam ser rapidamente eliminadas, em virtude de resultados, em subsuperfície, pouco significativos e mesmo nulos, sob o ponto de vista da mineralização uranífera de interesse.

O quadro VIII mostra os progressos obtidos, durante o ano de 1971, nos vários níveis de pesquisa, e, ainda, as previsões das campanhas de sondagens para o próximo período de 1972.

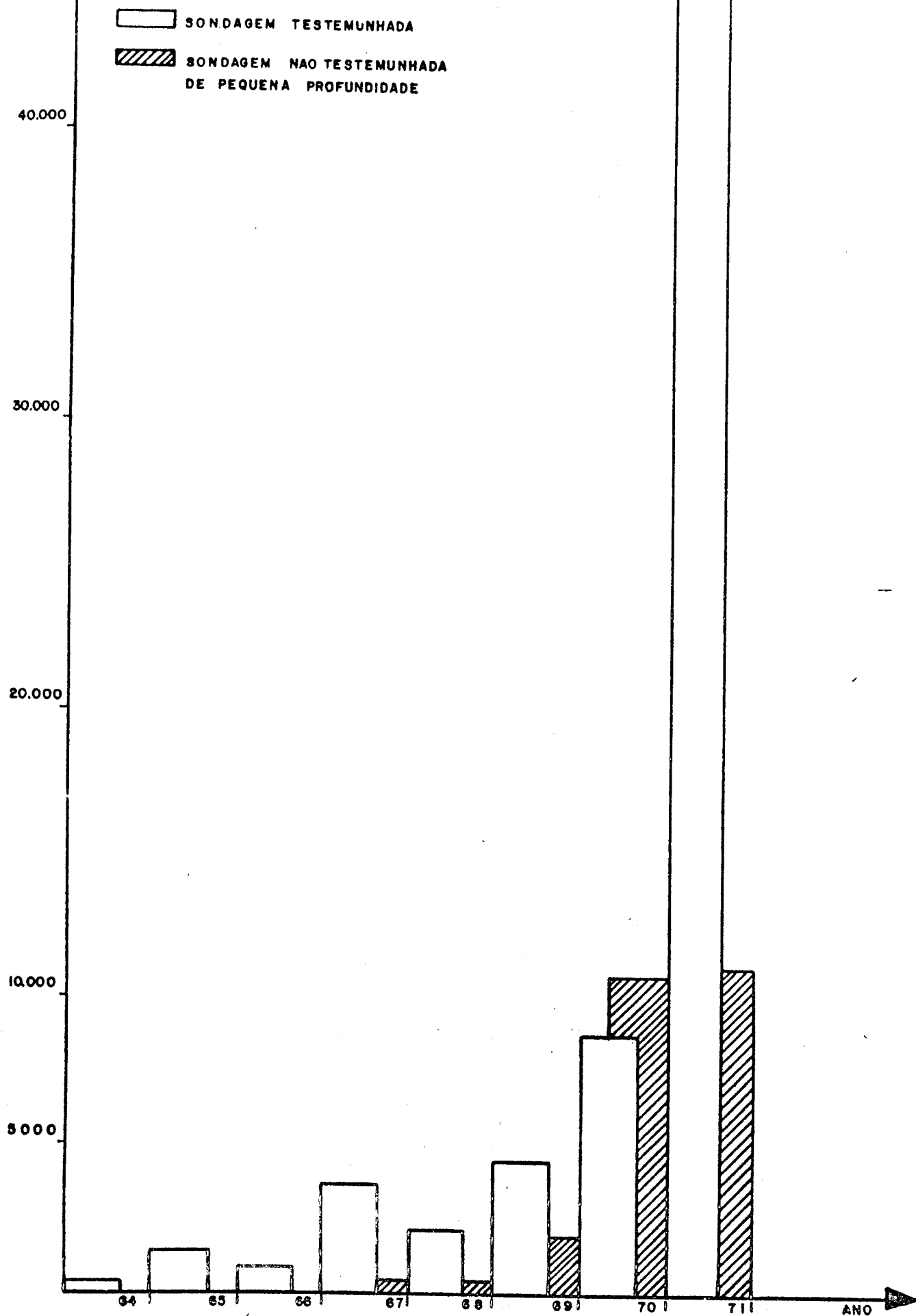
No domínio das atividades de mineração, ficaram concluídas, em setembro, as obras de desenvolvimento mineiro na galeria G-II (flanco de encosta), iniciando-se, a seguir, os trabalhos de desmonte experimental em um painel mineralizado da galeria do poço G-I.

Ambas as galerias produziram, até o momento, um total de 2.410 toneladas de minério, a um teor médio da ordem de 0,20%  $U_3O_8$ , tonelagem essa que aumentará sensivelmente com o avanço dos desmontes ora em execução, segundo um projeto da firma Arthur G-McKee & Company.

#### F.1 - ÁREA EM AVALIAÇÃO

De acordo com os critérios de prioridades referidos anteriormente, e tendo-se em conta o objetivo de uma provável aglutinação de futuras frentes de lavra num complexo mineiro único, o Distrito Mineiro de Poços de Caldas concentrou seus trabalhos de avaliação em 9 áreas, de primeira urgência, na parte central do Planalto. Entre essas áreas se destacam o campo do Agostinho e o Indício "A" do Setor C/09, já com importantes reservas de urânio defi

50.000 METROS



definitivamente asseguradas (fig. 5.3).

A rápida evolução das campanhas de sondagens, executadas em 1971, permitiram, portanto, avançar, de maneira otimista, as estimativas do potencial uranífero na região, mas levaram, por outro lado, ao abandono das pesquisas em outros Indícios, onde a mineralização radioativa ou é do tipo "caldasito pobre" (Campo de Três Barras), ou então está ligada apenas a fenômenos de impregnação em zonas argilosas pouco espessas, conforme é o caso dos Indícios "O" e "D" do Setor G/08, e Indício "E" do Setor C/05.

O Quadro VIII mostra de maneira resumida esta situação e estabelece ainda previsões de sondagens - para 1972, num total aproximado de 75.000 metros, dos quais 15.000 metros correspondem a furos de "Wagon Drill", de pequena profundidade.

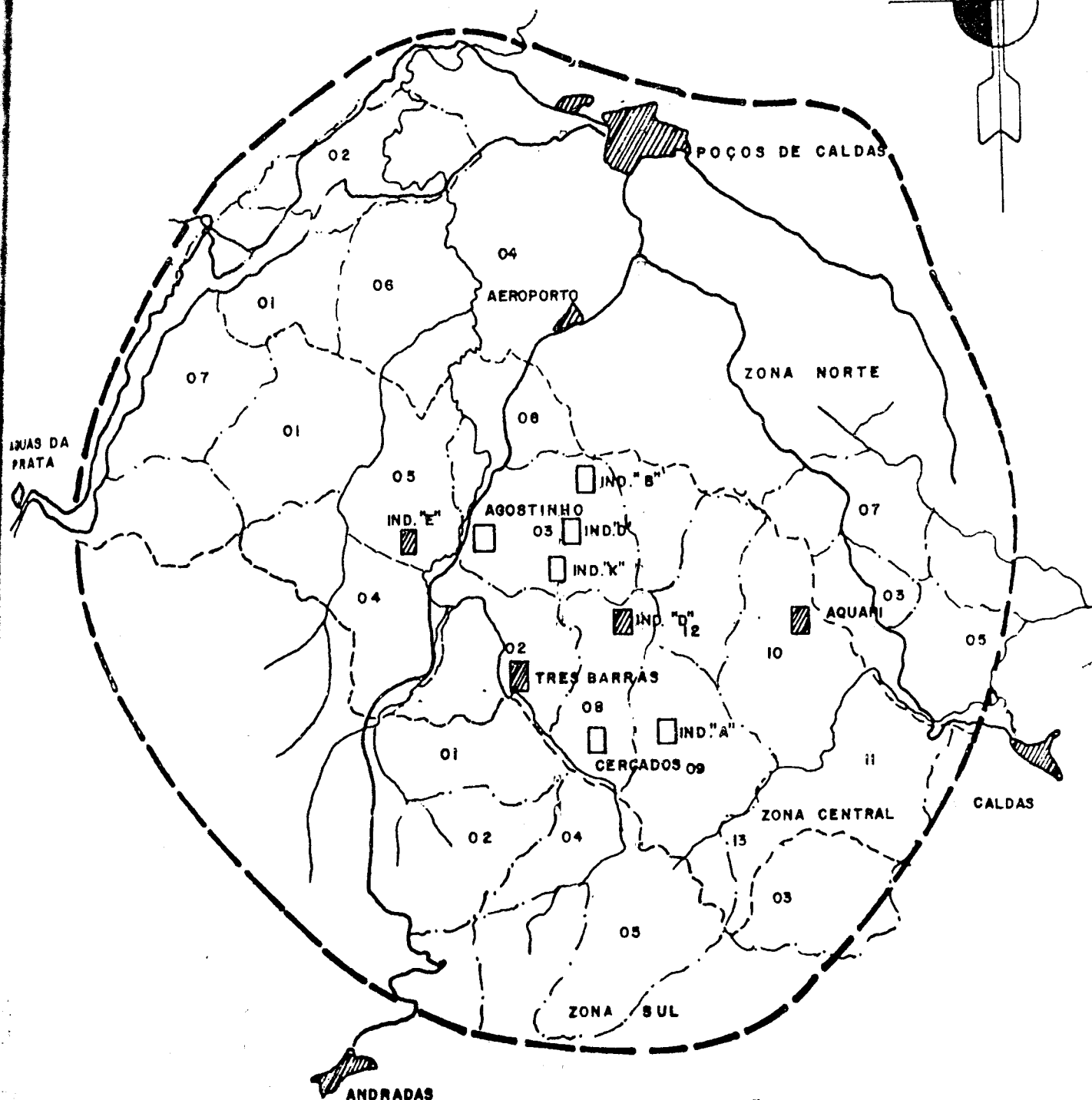
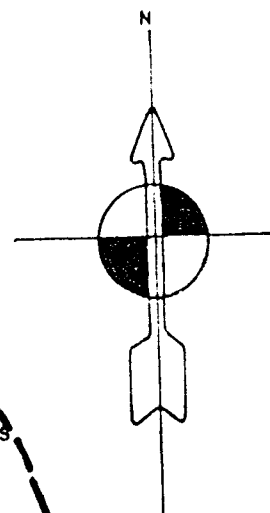
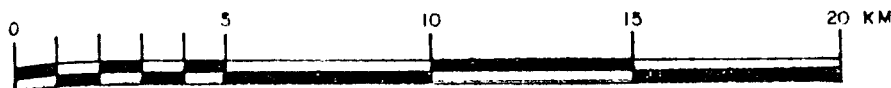
## F.2 - TRABALHOS EXECUTADOS

### - Campo de Três Barras - C/02 TBR

O campo de Três Barras é uma antiga frente de garimpagem de caldasito da parte SE do Planalto, com teores "baixos" em zircônio (20 a 35%  $ZrO_2$ ).

No setor existem vários vestígios de antigos trabalhos de garimpagem, verificando-se, em algumas trincheiras, bons teores em  $U_3O_8$  e altas percentagens de titânio.

ESCALA 1 200 000



**CONVENÇÕES**

- LIMITE DO PLANALTO
- ~~~~~ RIOS E CORREGOS
- ==== ESTRADAS
- LIMITE DE ZONA
- LIMITE DE SETOR

- EM AVALIAÇÃO
- ABANDONADOS

FIG.5.3. CNEN/DEM POÇOS DE CALDA  
MAPA GERAL DO PLANALTO





20.000 m em 1972.

Do programa de sondagem (5.000 metros) em 1971, foram executados, em Três Barras, apenas 2.000 metros e concluída a metragem de "Wagon Drill". Foram igualmente encerrados os levantamentos de superfície, com preendendo mapeamentos geológicos e topográficos, além da radiometria e escavações de trincheiras.

Apesar de os resultados dos furos curtos (sem testemunhagem) terem fornecido resultados satisfatórios até a altura do nível 20 metros, a campanha de sondagens profundas, com recuperação de testemunhos, já concluída, mostrou, passagens anômalas fracas e mesmo impactos em rochas fresca em vários furos que reconheceram os alinhamentos anômalos principais.

A área em avaliação foi, portanto, definitivamente abandonada, em virtude de seu total desinteresse, pois, além das pequenas espessuras das zonas radioativas nas sondagens positivas, a mineralização de um modo geral, encerra altos teores em zircônio.

#### Campo do Agostinho - C/03 AGT

Os trabalhos convencionais de avaliação - em Agostinho foram praticamente concluídos, em fins de 1971, com a cubagem das reservas úteis de  $U_3O_8$  e  $MoO_3$ .

Em 1972, portanto, continuará em andamento apenas o projeto de desmonte experimental na área de influência da galeria G-1, projeto esse com duração prevista de 17 semanas.

Durante o ano de 1971, executou-se, no Campo, 90 ha de topografia, 8.400 metros de sondagem rotativa e 2.160 metros de sondagem "Wagon Drill", além de 251 metros de travessas e galerias no prolongamento SE do filão principal (galeria G-II) e 55 metros de galerias, travessas e chaminés, nos desmontes da Galeria G-I.

A última campanha de sondagem (1.200 metros) foi encerrada em setembro, com o objetivo de definir com maior detalhe o comportamento de 2 filões mineralizados que digitam nas proximidades de um falhamento transversal à direção dos mesmos.

Em Agostinho, os trabalhos de avaliação estão praticamente concluídos, prosseguindo, em 1972, ape

apenas as obras de desmonte experimental de um painel mineralizado na zona de influência da galeria G-I. Este projeto, cujo objetivo principal é o dimensionamento econômico de um futuro projeto de lavra, deverá também complementar os cálculos de reservas, feitos com base nas campanhas de sondagens. Assim, utilizando-se uma densidade média de 2,6 para o minério, e conforme mostram os Quadros 9 e 10, tais cálculos de reservas do DMPC e da firma Arthur G. McKee & Company, apresentam os seguintes resultados:

1. CÁLCULOS DO D. M. P. C.

- Minério Provado: 444.546 toneladas
- Minério Provável: 111.136 toneladas

RESERVAS PROVADAS:

- a) Urânio: 837 toneladas de  $U_3O_8$
- b) Molibdênio: 2.962 toneladas de  $MoO_3$

RESERVAS PROVÁVEIS:

- a) Urânio: 156 toneladas de  $U_3O_8$
- b) Molibdênio: 554 toneladas de  $MoO_3$

TOTAIS: 993 toneladas de  $U_3O_8$  e 3.516 toneladas de  $MoO_3$ .

2. CÁLCULOS DA FIRMA ARTHUR G. McKee & COMPANY

- Minério Provado:
  - a) 565.110 toneladas para urânio
  - b) 307.340 toneladas para molibdênio
- Minério Provável:
  - a) 199.240 toneladas para urânio
  - b) 548.020 toneladas para molibdênio

RESERVAS PROVADAS:

- a) Urânio: 896,5 toneladas de  $U_3O_8$
- b) Molibdênio: 1.576,1 toneladas de  $MoO_3$

QUADRO IX

RESERVAS DE URÂNIO E MOLIBDÊNIO NAS ÁREAS "A" e "B" DO CAMPO DO  
AGOSTINHO ( \*)

CATEGORIA DAS RESERVAS	TONELAGENS DE MINÉRIO	RESERVAS EM TONELADA		TEORES MÉDIOS	
		$U_3O_8$	$MoO_3$	$U_3O_8$	$MoO_3$
MINÉRIO PROVADO	444.546 t	837	2.962	0,188	0,666
MINÉRIO PROVÁVEL	111.136 t	156	554	0,140	0,499
TOTAIS	555.682 t	993	3.516	—	—

\*) Reservas calculadas pelo D.M.P.C., utilizando-se o método "dos volumes de influência" com dados das campanhas de sondagens.

QUADRO X

RESERVAS DE URÂNIO E MOLIBDÊNIO NAS ÁREAS "A" e "B" DO CAMPO DO  
AGOSTINHO - SEGUNDO CÁLCULOS DA FIRMA ARTHUR G. McKEE & COMPANY

(\*\*)

CATEGORIA DAS RESERVAS	TONELAGENS DE MINÉRIO	RESERVAS EM TONELADA		TEORES MÉDIOS	
		$U_3O_8$	$MoO_3$	$U_3O_8$	$MoO_3$
MINÉRIO PROVADO	a) Para Urânio: 565.110 t	896,5 t	1.576,1 t	0,159	0,513
	b) Para Molib.: 307.330 t				
MINÉRIO PROVÁVEL	a) Para Urânio: 199.240 t	314,1 t	1.942,6 t	0,158	0,424
	b) Para Molib.: 458.020 t				
TOTAIS	a) Para Urânio: 764.350 t	1.210,6 t	3.518,7 t	—	—
	b) Para Molib.: 765.350 t				

(\*\*) Cálculo preliminar baseado em furos de sondagem

## RESERVAS PROVÁVEIS

- a) Urânio: 314,1 toneladas de  $U_3O_8$
- b) Molibdênio: 1.942,6 toneladas de  $MoO_3$

TOTAIS: 1.210,6 toneladas de  $U_3O_8$  e 3.518,7 toneladas de  $MoO_3$ .

### Campo do Cercado - C/08 CRD

Os trabalhos já concluídos na área compreendem a implantação de linhas de base, altimetria, na escala 1/1.000, e os levantamentos radiométricos preliminares, a partir dos quais prosseguem as campanhas de avaliação, tais como mapeamento geológico, abertura de trincheiras e, principalmente, a implantação de campanhas de sondagens, a partir de janeiro de 1972, num volume inicial da ordem de 22.000 metros.

As extensões anômalas, já bem definidas - pelos levantamentos de detalhe no Campo do Cercado, somam cerca de 2.800 metros, com a seguinte distribuição entre os três setores da região:

- a) Cercado I: 750 metros
- b) Cercado II: 600 metros
- c) Cercado III: 1.500 metros

### Indício "B" Setor C/03

Neste Indício, de acordo com os resultados dos promissores das sondagens concluídas, prossegue o reconhecimento do filão principal, através de novas trincheiras e mais 3.000 metros de sondagem transferidos no Campo de Três Barras.

### Indício "D" e "K" - Setor C/03

Trata-se de uma pequena área, aparentemente continuação do antigo Indício "70" para SE. Até o momento, foram concluídos neste setor, apenas, a implantação de linhas de base e o levantamento radiométrico preliminar, limitando uma mancha anômala de extensão reduzida, mas com valores radiométricos bastante elevados.

A área do Indício "K" é, praticamente, o

prolongamento SE do Campo de Agostinho, do qual está separado por um maciço de fonolito estéril, com fracos vestígios de ação hidrotermal.

Os trabalhos de avaliação continuam na área, através do mapeamento geotectônico e abertura de trincheiras, com o objetivo de reconhecer, em superfície, a atitude da mineralização, antes do início das campanhas de sondagens previstas para janeiro de 1972.

#### Indício "E" - Setor C/05

Além dos trabalhos de superfície (geologia, radiometria e trincheiras), foi executada no Indício "E" uma campanha de sondagens num total de 11.497 metros, sendo 9.227 metros com recuperação de testemunhas e 2.270 metros em furos de "Wagon Drill". A mineralização de urânio em associação com pirita, algum molibdênio e manganês, se distribui, segundo teores de  $U_3O_8$  fracos, em um grande corpo de atitude subhorizontal, cuja litologia corresponde a uma rocha calcífera de textura fluidal, bandeada em cores claras e cinza escuro.

Em vista destes resultados, a área foi abandonada, pois que não apresenta interesse imediato, considerando as fracas concentrações de urânio, com teores de um modo geral diluídos, numa grande massa de material estéril.

#### Indício "D" - Setor C/08

Na parte norte do Setor C/08, e próximo - ao Morro de Ferro, os levantamentos radiométricos de prospecção pormenorizada limitaram grosseiramente duas grandes manchas anômalas alinhadas.

Do mesmo modo que o Indício "E" do Setor C/05, o tipo de ocorrência do Setor C/08 não constitui, no momento, reservas de interesse, uma vez que, tanto a constituição muito argilosa do minério, como sua reduzida tonelagem em  $U_3O_8$ , não justificam isoladamente qualquer projeto de aproveitamento econômico imediato. Os trabalhos de pesquisa na área foram, portanto encerrados sem nenhuma previsão de novas campanhas de avaliação a curto prazo.

## Indício "A" - Setor C/09

O Indício "A" do Setor C/09 representa, - até o momento, a maior área em avaliação, sob o ponto de vista de reservas uraníferas. Em superfície, a mineralização tem grande semelhança com os Campos do Agostinho e Cercado, apresentando uma série de filões oxidados em Fe e Mn, encaixados em zonas de tinguaito muito hidrotermalizado. Tais filões se distribuem, segundo várias direções, num setor anômalo principal de quase 2.000 ha, dos quais apenas cerca de 150 ha, estão em fase de avaliação intensiva. Durante o ano de 1971, em continuação às campanhas executadas em anos anteriores, as atividades de pesquisa estiveram restritas aos levantamentos geotectônicos de detalhe e, de um modo mais intensivo, às campanhas de sondagens, cumprindo-se, apenas, neste período, 14.000 metros de furos com recuperação de testemunhos e 9.342 metros de furos de "Wagon Drill".

Os bons resultados até agora obtidos justificam, para o próximo ano, uma previsão inicial de mais cerca de 20.000 metros de sondagem rotativa, estendendo-se, assim, os trabalhos de reconhecimento em subsuperfície a outros filões mapeados na área.

Os teores médios no filão principal do C/09 têm-se situado por volta de 0,35% de  $U_3O_8$  até a profundidade da ordem dos 120 metros, sempre em coincidência com indícios de alta ação hidrotermal.

Em ligação com os teores de urânio acima referidos encontram-se, em todas as análises já realizadas nas amostras do Indício "A", percentagens de zircônio e tório da ordem de 0,6%  $ZrO_2$  e 0,03% de  $ThO_2$ , juntamente com uma média de 0,25% de  $MoO_3$ .

O quadro 11 compara as características das mineralizações deste setor com as do tipo Agostinho, comportando os dois tipos de ocorrência uranífera no Planalto Caldense.

### F.3 - RESERVAS DE MINÉRIO

#### A - No DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO MINERAL

Os cálculos das reservas de urânio e molibdênio do Campo do Agostinho, feitos em 1970, (700 t de  $U_3O_8$  el. 579 t de  $MoO_3$ ) foram baseados numa densidade média do minério, de 3,2, que fora determinada, preliminar

QUADRO XI

DADOS GERAIS	MINERALIZAÇÃO "TIPO AGOSTINHO"	MINERALIZAÇÃO ( ) TIPO IND: "A"-Setor C/09
ÁREAS MAIS IMPORTANTES	a-Campo Agostinho $\frac{+}{-}$ 50 ha a-Ind. Bee K-C/03 $\frac{+}{-}$ 100 ha	a-Ind. "A"-C/09 $>$ 200 ha b-Campo Cercado $>$ 300 ha
ESPESURA DE ALTERAÇÃO	a- Mínima 2,5m b- Máxima 20,0m	a- Mínima 20,0 m b- Máxima 80,0 m
TIPO HIDROTHERMAL	Forte	Muito Forte
PROFUNDIDADE DA ROCHA POTÁSSICA	Média 15,0m	Média 80,00m
TIPO DA ENCAIXANTE	Tinguaíto hidrotermalizado de textura média, em contato com maciço de foyaíto de caráter intrusivo.	Tinguaíto hidrotermalizado de textura média; presença de foyaíto de granulação grossa a pegmatóide ainda mal definida.
CARACTERÍSTICAS DE MINERALIZAÇÃO	Brecha tectônica de tinguaíto hidrotermalizado, com atitude sub-vertical caracterizando filões c/ encostos argilosos nitidamente encaixados em rocha estéril fraturada e silicificada.	Brecha tectônica de tinguaíto muito hidrotermalizado, caracterizando filões e faixas filonianas de atitude sub-vertical com largas zonas de enriquecimento.
ESPESURAS MÉDIAS DA MINERALIZAÇÃO	Cerca de 2,5 metros	$>$ 3,5 metros
FILÕES DE INTERESSE	3	Vários: caracterizando faixas filonianas.
DIREÇÕES PREFERENCIAIS DE MINERALIZAÇÃO	N40 - 70 W N10 - 20 E	N60 - 70 W N10W - NS N40 - 70 E
COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA APROXIMADA	Pirita: Abundante Fluorita: Abundante Molibdênio: 0,60% MoO <sub>3</sub> (Média) Urânio: 0,20% U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (Média) Zircônio: 4,20% ZrO <sub>2</sub> (Média) Tório: 0,10% ThO <sub>2</sub> (Média) Vanádio: 0,03% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Média) Titânio: 1,15% TiO <sub>2</sub> (Média)	Pirita: Muito abundante Fluorita: Peq. quantidade Molibdênio: 0,25% MoO <sub>3</sub> (Média) Urânio: 0,35% U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (Média) Zircônio: 0,55% ZrO <sub>2</sub> (Média) Tório: 0,03% ThO <sub>2</sub> (Média) Vanádio: ? Titânio: ?

(\*) Resultados parciais obtidos das Campanhas de sondagem já executadas.

preliminarmente, através de algumas amostras de testemunhos de sondagem.

Estudos posteriores mais preciosos mostraram, entretanto, que este peso específico, válido para toda a jazida é, na realidade, bem mais baixo, situando-se entre 2,6 e 2,8, o que acarreta uma redução de cerca de 20% nas reservas anteriormente estimadas.

Na presente avaliação foi utilizado o valor 2,6 para as duas zonas filonianas (A e B) de Agostinho, onde se situa a quase totalidade dos trabalhos de sondagem e ainda as duas galerias de pesquisas: G-I e G-II.

Assim, as reservas de minério obtidas pelos cálculos atuais do D.M.P.C., são de 444.546 toneladas de minério PROVADO até a altura média do nível - 120 metros, e mais 111.136 toneladas de minério PROVÁVEL abaixo deste nível, totalizando, portanto, 555.681 toneladas úteis.

Deve-se salientar, aliás, que para a categoria de minério PROVÁVEL, cujo volume poderá ser bem maior do que o estimado, utilizou-se um critério que garante ampla margem de segurança, uma vez que se trata de reservas situadas em zonas profundas, com reduzidos impactos de sondagens.

Considerando, portanto, a insuficiência de dados sobre mineralização abaixo deste nível - 120 metros, tomou-se o minério PROVÁVEL apenas como sendo 25% do volume do minério fornecido pelos cálculos, com um teor diluído de 0,188 para 0,140% de  $U_3O_8$ .

Este critério foi julgado necessário tendo em vista a sensível redução, tanto das espessuras mineralizadas como dos teores em  $U_3O_8$ , em níveis mais profundos. No presente caso, foi levado em conta, também, com muita procedência, o comportamento desfavorável do minério de profundidade aos ensaios de recuperação química, implicando um alto consumo de ácido sulfúrico para taxas de extração superiores aos 50% de urânio total contido nas amostras.

Quanto à área do Indício "A" do Setor C/09, o Distrito não efetuou nenhuma estimativa de reservas, uma vez que o volume das sondagens já concluídas no setor está disperso em 4 áreas filonianas, e não apresenta uma densidade suficiente para permitir a aplicação do método.

Conta-se, assim, apenas com a avaliação preliminar feita pela firma Arthur G. McKee & Company,



QUADRO XII

CÁLCULO PRELIMINAR DAS RESERVAS DE  $U_3O_8$  PARA AS 4 PRIMEIRAS ÁREAS DO INDÍCIO "A" DO SETOR  
ESTUDOS FEITOS PELA FIRMA ARTHUR G. MCKEE & COMPANY

Á R E A S	RESERVAS EM TONELADAS							
	PROVADAS		PROVÁVEIS		POSSÍVEIS		TOTAL POR ÁREA	
	Minério	$U_3O_8$	Minério	$U_3O_8$	Minério	$U_3O_8$	Minério	$U_3O_8$
ÁREA "A" (Principal)	124.000	297,6	37.000	38,8	92.000	220,8	253.000	607,2
ÁREA "B"	66.000	88,4	66.000	88,4	97.000	130,0	229.000	306,8
ÁREA "C"	38.000	52,8	38.000	52,8	53.000	73,7	129.000	179,3
ÁREA "D"	21.500	24,1	21.500	24,1	27.500	30,8	70.500	79,0
TOTAIS	249.500	462,9	162.500	254,1	269.500	455,3	681.500	1.172,3
Distribuição das Reservas em %	36,7%	39,5%	23,8%	21,7%	39,5%	38,8%	-	-
								0,240
								0,134
								0,139
								0,112
								0,181
								-

NOTA: As reservas em questão foram obtidas através de dados ainda reduzidos das campanhas de sondagens concluídas nas áreas A, B, C e D.

Assim, tanto o potencial uranífero como os teores médios aqui indicados têm apenas valor relativo e servem como uma idéia preliminar do potencial uranífero existente no Indício "A" do Setor C/09.

com resultados distribuídos nas três categorias de reservas (PROVADA, PROVÁVEL e POSSÍVEIS), conforme mostra o Quadro 12.

#### F.4 - CONCLUSÕES

- a. As atividades de pesquisa, durante o ano de 1971, se desenvolveram em 9 Indícios, num total de 450 ha de área útil.
- b. Em contraste com os anos anteriores, as sondagens atingiram, em 1971, um total de 56.487 metros perfurados, sendo 45.887 metros com recuperação de testemunhos e 10.600 metros de furos de "Wagon Drill".
- c. No Campo do Agostinho, todos os trabalhos de avaliação estão praticamente concluídos, continuando em andamento na área apenas as obras subterrâneas de desmonte experimental.
- d. As reservas totais (PROVADAS + POSSÍVEIS) de urânio e molibdênio, do Campo do Agostinho e Indício "A", do Setor C/09, foram determinadas, preliminarmente, pela firma Arthur G. McKee & Company, como sendo de 1.927,1 toneladas de  $U_3O_8$  e 3.518,7 toneladas de  $MoO_3$ . O D.M.P.C. não fez estimativas de reservas para o Indício "A" do Setor C/09, apresentando apenas os cálculos referentes ao Campo do Agostinho, isto é:

Reservas totais:	(PROVADAS + PROVÁVEIS)
Urânio:	993 toneladas de $U_3O_8$
Molibdênio:	3.156 de $MoO_3$

Nota: As reservas acima poderão ser otimizadas após a conclusão dos desmontes em andamento na galeria G-1, segundo o projeto da firma McKee.

- e. Para o Campo do Agostinho, as pequenas discrepâncias observadas entre as estimativas do DMPC e da firma McKee são de grande parte provenientes tanto da diferença de métodos de cálculo de reservas utilizados como, também, do fator de diluição atribuído ao minério pela McKee, provocando em consequência uma redução nos teores médios de  $U_3O_8$  e  $MoO_3$ .

- f. Em vista dos bons resultados já obtidos no Indício "A" do Setor C/09, durante a última campanha de sondagens, e considerando, ainda, as perspectivas para o vizinho Campo do Cercado, é de se esperar que, nestas duas grandes áreas da parte centro-leste do Planalto, se possa atingir, a curto prazo, reservas uraníferas bastante significativas.

Deve-se lembrar, ainda, que o tipo de mineralização encontrada, por sondagens, na região de influência destes Setores C/08 é bem mais favorável do que aquela em fase de estudos no Campo do Agostinho (Quadro 11).

Assim, não só sob o ponto de vista do conteúdo uranífero como o de sua composição mineralógica, o material do Indício "A" está muito próximo de uma mineralização clássica de urânio, o que infelizmente não acontece com o minério de Agostinho.

Tem-se verificado, por exemplo, que, além da quase ausência de minerais de zircônio e fluorita, as amostras do Indício "A", de qualquer profundidade, apresentam uma ótima resposta aos ensaios de tratamento químico convencional, pois, segundo dados recentes, este material exige um consumo de ácido sulfúrico de apenas 47 kg/tonelada de minério, para uma taxa de recuperação de 90% do urânio contido.

Em Agostinho, este consumo de ácido para um mesmo rendimento é superior aos 700 kg/tonelada, em virtude, ao que parece, da influência altamente negativa do zircônio e da fluorita, presentes com teores muito mais elevados do que no Indício "A" do Setor C/09.

#### B - No DEPARTAMENTO DE FISCALIZAÇÃO DO MATERIAL RADIOATIVO

O Departamento de Fiscalização do Material Radioativo (DFMR) realizou estudos em Poços de Caldas, visando à confecção de um Relatório de Pesquisa do Campo do Agostinho e mais dois Pedidos de Pesquisa para os Campos de Taquari e Cercado.

Tais relatórios foram feitos de acordo com o estipulado no Código de Mineração e seu Regulamento, objetivando a possível obtenção de 1 Decreto de Lavra e 2 Decretos de Pesquisa, respectivamente.

Foram realizados levantamentos geológicos na região de Guarapari, objetivando a avaliação das ocorrências de monazita e associados, então encontrados em áreas pretendidas para urbanização, a fim de que pudessem ser as mesmas liberadas ou não para tal fim:

O DFMR também realizou estudos e levantamentos dos dados referentes às concessões adquiridas pela CNEN, no que concerne a jazidas de areias zircono-ilmeníticas situadas ao longo de faixas litorâneas compreendidas entre Campos, no Estado do Rio, e Prado, no Estado da Bahia. Este trabalho foi dividido em duas partes:

- a. situação de cada jazida, no que tange às suas reservas de monazita e associados e que ainda poderão ser exploradas economicamente;
- b. providências para a regularização, junto ao DNPM, de todas as concessões pertencentes à CNEN, face ao Código de Mineração e seu Regulamento.

#### C - No DEPARTAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

##### PROSPECÇÃO MEDIANTE CONVÊNIO COMODPCT

O Departamento de Pesquisa Científica e Tecnológica da CNEN coordenou as seguintes pesquisas/tarefas no decorrer do ano de 1971, mediante convênios celebrados com diversas instituições científicas:

DPCT  
1.70.30

Lixiviação do Urânio por Microorganismos/Centro de Pesquisas Biológicas do Rio de Janeiro.

DPCT  
1.70.37

Levantamento Geológico de Conglomerados Pré-Cambrianos da Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais/ Fundação Universidade do Vale do Jequitinhonha.

DPCT  
1.70.38

Levantamento Geológico e Radiológico no Triângulo Mineiro/ Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DPCT  
1.70.42

Mapeamento Geológico da Área de São Miguel do Tapuio - Piauí/ Instituto de Geociências da Universidade Federal de

Pernambuco.

DPCT

1.70.43

Levantamento Geológico da Faixa Costeira Sul de Pernambuco/Instituto de Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

DPCT

1.70.44

Arenitos da Formação Rio Bonito no nordeste do Paraná/Instituto de Geociências e Astronomia - USP.

DPCT

1.70.45

Aeroquímica de Águas da Região de Poços de Caldas/ Instituto de Geociências e Astronomia - USP.

## 5.2 - Atividades de Apoio

### A - NO DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO MINERAL

DEM

1.31.09

### ANÁLISES LABORATORIAIS

O Laboratório Central do Departamento de Exploração Mineral tem como principal finalidade apoiar as Equipes de Campo, efetuando análises de urânio, tório e terras raras e o controle da análise dos minérios para exportação.

Além dos trabalhos de rotina, as diversas seções do Laboratório procuraram, tanto quanto possível, aprimorar seus métodos de trabalho, bem como incorporar à rotina, novas técnicas de análise.

#### Seção de Análises

Tem como finalidade, realizar a coordenação e a supervisão central das análises químicas, geoquímicas e radiométricas, bem como estudar e propor a utilização de técnicas modernas.

A Seção de Análises, até a presente data, está capacitada a analisar amostras de minerais, rochas, concentrados minerais, cinzas e águas, fornecendo valores de  $U_3O_8$  pelo método ..., teores quantitativos de tório por espectrometria ..., teores quantitativos de urânio por análise fluorimétrica ... e teores semi-quantitativos de urânio para fins de geoquímica.

A Seção de Análise conta com três sub-seções:

- sub-seção de Radiometria, onde foram analisados, em 1971, um total de 1.900 (mil e novecentas) amostras, sendo 1.356 (mil e trezentas e cinquenta e seis) determinações de  $U_3O_8$  e 544 (quinhentos e quarenta e quatro) determinações de  $ThO_2$ .
- Sub-seção de Química, onde foram analisadas, em 1971, cerca de 651 (seiscentos e cinquenta e uma) amostras de dosagens químicas de urânio, terras raras, molibdênio e vanádio.
- Sub-seção de Geoquímica, onde foram executadas, em 1971, 1.293 (mil, duzentas e noventa e três) dosagens de urânio em amostras de solos e aluviões.

As análises feitas na subseção de geoquímica são semiquantitativas e mostram apenas o urânio solúvel em ácido nítrico diluído, ao contrário da subseção de química, cujos valores expressam o teor de urânio total. A separação do urânio dos outros elementos é feita por cromatografia em papel e após separação o teor de urânio é determinado por fluorimetria e expresso em ppm (partes por milhão).

### Seção de Mineralogia e Petrografia

Os trabalhos da Seção de Mineralogia e Petrografia consistem no estudo, determinação e descrição mineralógica-petrográfica de minerais, minérios e rochas, remetidas pelas diversas equipes geológicas do DEM, bem como a determinação dos minerais radioativos responsáveis pela radioatividade nas rochas e nas anomalias radioativas no campo, estudo genético e paragenético de mineralizações, pesquisas sobre origem e modo de ocorrência do urânio, a valiação do possível valor de ocorrências e outros estudos petrográficos, mineralógicos-químicos e sedimentológicos.

### Seção de Eletrônica

A Seção de Eletrônica tem como função principal prestar assistência técnica aos diversos aparelhos eletrônicos usados pela equipe de campo e pelo Laboratório do DEM, desenvolver atividades de rotina e ministrar instrução técnica a diversos estagiários, bem como acompanhar a instalação de novos equipamentos, quais sejam a montagem e instalação do Microscópio "Universal Reichert", na Seção

de Mineralogia e Petrografia, e do Analisador Multicanal, Nuclear Chicago, na Sub-seção de Radiometria.

O quadro seguinte sumariza as atividades desenvolvidas pela Seção de Eletrônica durante o ano de 1971:

### QUADRO XIII

Equipamentos	Inspeções	Reparações	Revisões
CINTILÔMETROS	9	21	5
RETEMETER	4	1	-
SCALER	8	8	-
TRANSFORMADORES	4	-	-
MICROAMPERÍMETROS	96	-	-
DIVERSOS	125	6	4
TOTAIS	246	29	9

#### B - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

#### 4.05.01 TRIAGEM DE AMOSTRAS DE OCORRÊNCIAS DE URÂNIO

A Divisão de Matérias Primas do IPR preparou-se para cumprir sua função no programa de triagem de amostras de urânio através de estímulos a particulares, a ser lançado pela CNEN.

Com este objetivo foram realizadas as importações de uma micro-onda eletrônica e de um espectrômetro automático de raios-X, que deverão entrar em funcionamento em março de 1972.



### 5.3 - ANÁLISES DE AMOSTRAS

#### 5.3.1 - Atividades de apoio às equipes de campo

#### A - NO DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO MINERAL

O quadro que segue mostra um sumário dos trabalhos efetuados no Laboratório Central do Departamento de Exploração Mineral, como apoio às diversas equipes de campo.

QUADRO XIV

PROCEDÊNCIA	ANÁLISE				
	radiom.	química	geoquím.	min/petr.	Totais
S. Miner. /Petr.	585	-	-	-	585
D. Ponta Grossa	306	146	1.204	77	1.773
D. M. P. C.	391	349	-	11	751
D. F. M. R.	224	64	-	-	288
D. Goiânia	115	24	20	57	216
Diversos	73	6	-	26	105
D. B. Horizonte	63	11	56	30	160
D. Nordeste	41	26	-	4	71
Sub-Seção Quím.	27	-	-	-	27
Sub-Seção Geoq.	20	-	-	-	20
D. de Geologia	18	-	-	12	30
Lab. Dosimetria	7	-	-	-	7
DExM	19	5	-	5	29
D. Salvador	3	16	13	24	55
Presidência	4	4	-	-	8
Pr. União	4	-	-	9	13
TOTAIS	1.900	651	1.293	255	4.099

Estas análises foram realizadas pela seção e subseções do DEM, descritas em 5.2.

Durante o ano de 1971, foram investigadas na Seção de Mineralogia e Petrografia 208 (duzentas e oito) amostras provenientes dos Estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Guanabara, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia, Pernambuco, Pará, Sergipe, Maranhão, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Foram identificadas nestas amostras 97 rochas de afloramento, 48 rochas, em 45 testemunhos de sondagens, 28 rochas encontradas dentro de brechas, conglomerados e em contatos, 15 areias de praia e aluviões, 6 argilas, 11 minérios, 22 minerais separados e 9 complexos de minerais pegmatíticos, um semiconcentrado, e dois produtos metalúrgicos (ligas). Nessas amostras foram identificados 2.311 minerais.

O ano de 1971 foi promissor em novas descobertas de mineralizações, obtidos pelos trabalhos executados pelas diferentes equipes de campo do DEM. Abaixo, como exemplo, dá-se um resumo das principais:

Poços de Caldas - MG - Descoberta pela primeira vez a presença de uraninita e coffinita numa mineralização uranífera primária, juntamente com seus elementos de molibdênio e pirita, mas geneticamente independentes, atingindo a um teor máximo de 0,25% de  $U_3O_8$ .

Ainda em Poços de Caldas, foi descoberta uma mineralização independente de fosfatos uraníferos (apatita, carbonato apatita e autunita secundária), atingindo um teor de 1,94% de  $U_3O_8$ .

Foi também provada a presença de molibdênio e fluorita radioativos em argilitos calcário-piritosos, mostrando penetração de mineralização nas rochas sedimentares, ligeiramente metamorfizadas, enquanto que, até agora, a mineralização encontrada em Poços de Caldas foi somente em rochas ígneas alteradas.

Estas novas descobertas indicam uma riqueza de formas e tipos de mineralização em Poços de Caldas, abrindo perspectivas e possibilidades favoráveis ao futuro desenvolvimento desta área, rica em minerais radioativos e econômicos em geral.

Paraná - No carvão de Telêmaco Borba, anomalia 50-51,

foi determinada a presença de pechblenda, junto com pirita cuprífera.

Tucano - Ba - Descoberta, no testemunho de sondagem nº 2 em 51, a presença de material carbonoso-sulfuroso-vanadífero-de tipo patronita ( $V S_4$ ) e quisqueita (C, S, V,  $H_2O$  etc ...) com urânio disperso ou formando compostos urano-orgânicos (0,4%  $U_3O_8$  e até 10% vanádio).

A descoberta de "minério patronítico" é a primeira no Brasil e a segunda no mundo, sendo a primeira ocorrida em Minasranga. Cerca de Pasco, Peru com um teor de 18% a 19% de vanádio.

### 5.3.2 Análises por Raios-X

#### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.05.02

#### TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE MINÉRIOS NUCLEARES

Foram realizadas análises por Raios - X, ligados à realização desta pesquisa/tarefa que será descrita em 5.4 - Tratamento de Minérios e Produção de Concentrados de Urânio de Pureza Comercial.

IPR

4.05.01

#### TRIAGEM DE AMOSTRAS DE OCORRÊNCIAS DE URÂNIO

A Divisão de Matérias Primas do IPR preparou-se para proceder à triagem de amostras uraníferas do programa de estímulos a particulares para prospecção de minérios, tendo sido reservada uma área de 100 m<sup>2</sup> do prédio da DMP, recentemente concluído.

Com equipamentos de difração e espectrometria de raios-X e, ainda, recursos diversos para estudos mineralógicos, a D.M.P. prestou serviços de análises para controle de desenvolvimento de processos de Tratamento Químico-Metalúrgico bem como também procedeu a análises elementares e mineralógicas para as equipes de campo da CNEN, tendo atendido, ainda, a várias solicitações de particulares e indústria.

Em resumo, executaram-se as seguintes análises, especificadas no quadro XV.

Espectros: 218;    Difrações: 586;    Dosagens: 8950

### 5.3.3    Análises Químicas

#### A - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

Realizaram-se análises diversas por métodos convencionais e por ativação neutrônica, como as pesquisas/tarefas listadas abaixo, e descritas no capítulo 2. (2.2 Química).

QUADRO XV

ÓRGÃO SOLICITANTE	1 9 7 0				1 9 7 1			
	Tipos de Serviço				Tipos de Serviço			
	Espectros	Difrações	Dosagens	Total	Espectros	Difrações	Dosagens	Total
Seção de Processamentos Químico-Metalúrgicos, D.M.P.	17	140	1.366	1.523	45	45	1.870	1.960
Seção de Análises Espectrais, D.M.P.	9	78	630	717	10	21	304	335
Divisão de Ciência dos Materiais	25	48	-	73	12	226	70	308
Divisão de Química	24	7	3	34	24	12	62	98
C. N. E. N.	5	18	1.953	1.976	9	29	4.685	4.723
Terceiros	48	170	249	467	118	253	1.959	2.330
T O T A L	128	461	4.201	4.790	216	586	8.950	9.754

4.02.06 LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

4.02.07 ANÁLISE POR ATIVAÇÃO

5.4 Tratamento de Minérios e Produção de Concentrados de Urânio de Pureza Comercial

A - No DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO MINERAL

DEM

1.31.11

PRODUÇÃO DE "YELLOW CAKE"

A Divisão de Tratamento de Minérios (DTM) do DEM concentrou-se, em 1971, no estudo de viabilidade técnico-econômica de processamento do minério do Morro do Agostinho, Poços de Caldas, em escala industrial.

Os estudos de desenvolvimento do processo, contratados com o "Colorado School of Mines Research Institute", em novembro de 1970, foram encerrados em junho de 1971. Foi apresentado um relatório final naquela ocasião que, após investigação exploratória de diversas técnicas de abertura do minério, concluir ser a técnica de calcinação ácida - lixiviação ácida, já estudada pela CNEN, a mais promissora. Foram obtidas, por esta técnica, extrações de urânio e molibdênio superiores a 92%, em condições relativamente drásticas de tratamento. O relatório, entretanto, não apresentou um fluxograma de tratamento, nem os dados de separação sólido-líquido, extração por solventes, e fracionamento dos componentes comerciáveis do minério, de modo a permitir a elaboração do estudo de viabilidade econômica que já havia sido contratado com a firma Arthur G. McKee.

Em vistas dessa situação, retornou à DTM ao problema e, conduzindo os seus trabalhos nos laboratórios do IPR em Belo Horizonte, continuou o desenvolvimento do processo na linha de calcinação - lixiviação ácida. O processo, finalmente desenvolvido, consiste das seguintes etapas principais:

Britagem - moagem - classificação  
maceração com  $H_2SO_4$  e calcinação  
lixiviação  
sedimentação e lavagem e contra-corrente  
filtração e ajuste de lixívia  
redução do vanádio

extração por solvente  
reextração  
fracionamento dos componentes da solução de reextração  
secagem e calcinação dos concentrados

A aplicação desse esquema permitiu a obtenção de concentrados de urânio, molibdênio e zircônio, com teores de 92% de  $U_3O_8$ , 97,5% de  $MoO_3$  e 94% de  $ZrO_2$ , respectivamente. O esquema desenvolvido foi utilizado pela firma Arthur G. McKee para elaboração do estudo de viabilidade econômica de processamento do minério, em escala industrial. O relatório foi concluído em fins de novembro, estando, no presente, ainda sendo analisado pela DTM.

#### B - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.04.02

#### TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE MINÉRIOS NUCLEARES

Realizou-se parcialmente a montagem do laboratório de tratamento de minérios para o tratamento mecânico e químico de minérios uraníferos, principalmente, os já descobertos em Araxá e Poços de Caldas, visando concentrar e extrair urânio nas melhores condições econômicas possíveis.

Foram realizados tratamentos da pandaíta uranífera de Araxá, com extrações de urânio do concentrado de pandaíta. Estas últimas tarefas terão prosseguimento com a conclusão das obras do laboratório e de uma usina-piloto.

Vêm sendo realizados, rotineiramente, trabalhos de pesquisa visando a obter processos de extração do urânio dos minérios molibdo-uraníferos do Campo do Agostinho, em Poços de Caldas. Os trabalhos se desenvolveram no sentido de se fazer a extração por solvente orgânico, a partir de soluções ácidas, tendo se chegado a resultados satisfatórios, com a obtenção de óxido de urânio de pureza acima de 92% e recuperação superior a 98%.

O processo adotado, que envolvia a precipitação do molibdênio na forma de sulfeto, a partir da solução carbonatada, carecia ainda de otimização, o que tem sido objeto de pesquisa intensiva pelo grupo responsável.

## 5.5 - Purificação de Urânio e Tório

### 5.5.1 Preparação de Compostos de Urânio Nuclearmente Puros

#### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

##### 5.5.1.1 - Usina de purificação de urânio por extração com solventes.

IEA

2.02.05

#### PURIFICAÇÃO DE URÂNIO POR EXTRAÇÃO COM TBP-VAR SOL: PRECIPITAÇÃO CONTÍNUA DE DIURANATO DE AMÔNIO.

Esta usina, conforme programação prévia, operou durante todo o exercício de 1971, experimentando o sistema de purificação escolhido pela Administração da Produção da Monazita (S. Paulo), com os seguintes objetivos:

- comprovar o esquema de purificação colocado em prática na DEQ, usando como matéria prima o diuranato de sódio da APM.
- obtenção de diuranato de amônio de elevada pureza, a ser fornecido à DMN, para redução a  $UO_2$  cerâmico, assim como estudos de fabricação de elementos combustíveis para reatores de pesquisa.
- obtenção de diuranato de amônio de elevada pureza com características apropriadas para transformação sequencial em  $UO_3$ ,  $UO_2$  e, finalmente,  $UF_4$ .
- implantação do sistema de precipitação contínua de diuranato de amônio, em substituição ao atual processo descontínuo (batelada).
- implantação de um sistema de filtração contínua, em substituição ao atual sistema descontínuo (batelada).
- implantação de um sistema de secagem contínua do DUA, em substituição à secagem por batelada, em estufas.

Os esforços concentrados para alcançar tais objetivos têm sido compensados; já foram coletados dados sobre as principais fases de purificação de DUS da monazita:



- a) Dissolução do Concentrado e obtenção de solução de nitrato de uranilo de elevada concentração (330 a 350 g/1 U). Nesta fase, foram estudados os parâmetros - temperatura, tempo de aquecimento, concentração de  $\text{HNO}_3$  livre, tendo como principal objetivo a coagulação e eliminação da sílica (série interferente no processo de extração com TBP) - sem o que todas as fases posteriores serão prejudicadas. Os resultados alcançados permitiram concluir pelo uso de DUS calcinado - (450-500° C), com vantagens sobre o uso do mesmo concentrado não calcinado.
- b) Solução de nitrato de uranilo para alimentação da coluna de extração. Esta solução é ajustada quanto à concentração de urânio, ácido nítrico livre e agente complexante para reprimir a coextração de tório e terras raras - elementos que trazem maior preocupação neste sistema de purificação. O concentrado brasileiro - até agora usado difere dos concentrados usados pela maioria dos países produtores de urânio, no que se refere à presença de tório e lantanídeos.
- c) Extração de urânio - 1ª. coluna, já foram estudados os principais parâmetros: concentração do nitrato de uranilo, acidez livre, concentração do agente complexante, ritmo de pulsação das colunas, posição e controle do "interface" orgânico/aquoso e relação das fases orgânica/aquosa. Estudada também a disposição e/ou recuperação da fase de saída da primeira coluna, pobre em urânio mas contendo todo o tório e todos os lantanídeos.
- d) Lavagem da fase orgânica carregada com nitrato de uranilo. Optou-se pela lavagem com água, em relação de volumes já determinada, pulsação da coluna já determinada.
- e) Reextração do urânio na 3ª. coluna. Agente reextrator: água desionizada. Foram estudadas a relação orgânico/água e a reextração, em temperaturas variando de 20 a 60° C. A reextração a quente melhora consideravelmente a reextração, obtendo-se soluções aquosas de nitrato de uranilo de maior concentração, logo, com ganho de volume. Ocorre alguma degradação do TBP. Os produtos de degradação e a recuperação do TBP com solução de carbonato de sódio e reequilíbrio com ácido nítrico são operações já em uso rotineiramente, sem problemas.

- f) Precipitação de Diuranato de Amônio. Foi realizada a partir das soluções de nitrato de uranilo, obtidos na 3ª. coluna. Até maio, foram produzidos DUA, com características para a preparação de óxidos reduzidos ( $\text{UO}_2$ ) de grau cerâmico. A partir de então foi estudado e modificado o processo de precipitação, também para a produção de DUA com características para a sua transformação em  $\text{UO}_2$  e depois em  $\text{UO}_2$  com características para a fluoridreção a  $\text{UF}_4$ , tanto em reator de leito fixo como um reator de leito móvel. Hoje, a unidade piloto está capacitada a produzir os dois tipos de DUA, embora, ainda, em sistemas descontínuo (batelada).

Esta unidade de purificação de urânio sofreu, durante o exercício, várias interrupções forçadas para: reparos, desmontagem das colunas e limpeza dos discos perfurados, substituição de tanques de plástico pelos definitivos em aço inoxidável e, principalmente, experiências de adaptação ao novo tipo de precipitação de DUA. Contudo, mesmo com as interrupções, a unidade produziu 3.581 quilos de DUA, dos tipos para "óxido cerâmico" e para "tetrafluoreto", operando no regime de 8 horas diárias.

#### 5.5.1.2 - Precipitação Contínua de Diuranato de Amônio

Os estudos de precipitação contínua de DUA, usando solução de nitrato de uranilo proveniente da coluna de reextração da unidade piloto de purificação de urânio por extração com solventes, foram terminados. Realizaram-se experiências com sistemas de um reator e de dois reatores ligados em série, usando-se, como agentes precipitantes,  $\text{NH}_3$  gasoso e soluções de  $\text{NH}_4\text{OH}$ , de várias concentrações. Outros parâmetros estudados foram as vazões das soluções de nitrato de uranilo e do precipitante ( $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4\text{OH}$ ), o tempo de residência em cada reator, o PH da mistura em cada reator e a temperatura de precipitação. Em cada tipo de precipitação foi estudada, pormenorizadamente, a filtrabilidade do DUA obtido.

Com os dados obtidos, foi projetado um reator em aço inoxidável, de um só estágio, para ser utilizado na unidade piloto de purificação de urânio, em operação na DEQ. O reator terá capacidade suficiente para vencer toda a produção de urânio nas colunas pulsadas e utilizará  $\text{NH}_3$  como agente precipitante. Este reator, encomendado à indústria nacional, está pronto e em fase de instalação. Deverá entrar em operação no início de 1972, substituindo as opera

operações descontínuas de precipitação de DUA.

#### 5.5.1.3 - Produção de Diuranato de Amônio com Características Especiais para Posterior Transformação em $UF_4$

De acordo com o planejamento prévio para a expansão das linhas de trabalho na DEQ, conduzindo a purificação e transformação de concentrados de urânio até o produto  $UF_4$ , foram terminadas as experiências de precipitação de diuranato de amônio, com características especiais, para sua posterior transformação em  $UO_3$ , e, depois, em  $UO_2$ . Estas experiências foram feitas em escala laboratório e, depois, transportadas para a usina piloto.

As experiências visaram à obtenção de DUA, de características adequadas para sua transformação em  $UO_3$  (granular) destinado à posterior redução a  $UO_2$  e, deste, à fluoridretação a  $UF_4$ . Com os bons resultados obtidos em laboratório passou-se, imediatamente, às experiências em escala piloto. Para isso foi utilizado o próprio reator de precipitação de DUA da usina piloto, com experiências primeiro de 100 litros de nitrato de urânio, depois com 250 litros e, finalmente, com 500 litros.

A precipitação modificada é feita de modo a obter-se uma DUA em pH mais baixo, com aproximadamente 99% de precipitação na primeira fase; numa segunda operação de precipitação é removido o restante do urânio. Acertadas as condições de precipitação, em escala piloto, foram dadas por encerradas as experiências, estando a unidade piloto, a partir de então, produzindo e armazenando este tipo de DUA, para ser utilizado na transformação de  $UO_3$  e, deste, em  $UO_2$ , que deverá ter características próprias para a fluoridretação.

#### 5.5.1.4 - Transformação de Diuranato de Amônio em $UO_3$ Granular.

Após terem sido acertadas as condições de precipitação de diuranato de amônio, com características apropriadas para sua transformação em  $UO_3$  granular, foram feitas as primeiras experiências em escala laboratório, passando-se, logo, depois, para a escala piloto. Para isso, foi projetado, pela DEQ, um reator, construído pela Oficina Mecânica do IEA. Este reator, de leito fixo, com capacidade

para 10 quilos de  $\text{UO}_3$ , foi adaptado a um dos fornos da Divisão de Metalurgia Nuclear. Lá foram feitas várias experiências de calcinação controlada do DUA à  $\text{UO}_3$ , medindo-se os principais parâmetros como: velocidade de aquecimento, temperatura, medida das vazões dos gases de escape ( $\text{NH}_3$  e vapor d'água) e, através da absorção da  $\text{NH}_3$ , a composição do diuranato usado. O objetivo principal destas experiências era a obtenção de um  $\text{UO}_3$  granular, com o máximo de 2% de pó. Este objetivo foi alcançado, tendo-se passado para a fase seguinte do programa.

#### 5.5.1.5 - Conversão de $\text{UO}_3$ a $\text{UO}_2$ por redução com hidrogênio obtido pelo craqueamento de $\text{NH}_3$ .

Como última fase antes da fluoridretação de  $\text{UO}_2$  a  $\text{UF}_4$ , os pós de  $\text{UO}_3$  obtidos foram reduzidos a  $\text{UO}_2$  e as características deste foram estudadas para saber de suas qualidades para transformação em tetrafluoreto de urânio. Objetivo principal desta fase do programa: obter  $\text{UO}_2$  granular, com menos de 2% de pó, bastante reativo (pirofórico), para ser transformado em  $\text{UF}_4$ . As experiências de redução do  $\text{UO}_3$  foram feitas no reator anteriormente descrito, que é provido de entrada para nitrogênio e gás amônio, saída de gases e condensador para água. As experiências foram conduzidas em partidas de 10 quilos cada. Os estudos de redução já estão concluídos, tendo sido usado hidrogênio como redutor, este produzido pelo craqueamento de  $\text{NH}_3$  no próprio reator, em temperatura controlada. O processo é bastante eficiente, tendo sido obtidos óxidos com relação  $\text{O/U}$  2,01 a 2,05 e com características apropriadas para a sua transformação em  $\text{UF}_4$ . O método é bastante conveniente, seguro, podendo ser facilmente adaptado para uma produção diária de 100 quilos de  $\text{UO}_2$ , para o que é necessário um reator maior e um forno para este reator.

#### 5.5.1.6 - Estudo comparativo entre os rendimentos dos processos de purificação de urânio por troca iônica e por extração com solvente em colunas pulsadas, na preparação de urânio nuclearmente puro.

Este trabalho faz uma análise matemática comparativa entre os rendimentos dos dois processos de purificação usados na DEQ/IEA: o de extração com TBP-varsol por colunas pulsadas e o de purificação por troca iônica em colunas de resina catiônica. Com os dados coletados durante o funcionamento das duas unidades pilotos foi possível uma análise

análise comparativa entre os rendimentos dos dois proces  
sos. (Publicação IEA nº 249).

- 5.5.1.7 - Estudos de sorpção de urânio contido em solu  
ções de nitrato de uranilo por resina cationica  
forte e sua eluição com sulfato de amônio. Parte  
III: descontaminação de fosfato.

IEA

Este trabalho foi realizado para se conhecer  
as condições de descontaminação de pequenas quantidades do  
íon fosfato que tende a ficar junto com o urânio no processo  
de purificação pela unidade piloto de troca iônica. O traba  
lho está concluído e em fase de revisão para publicação.

#### 5.5.2 - Purificação de Tório

- 5.5.2.1 - Preparação de compostos de tório nuclearmente  
puros. Purificação de Nitrato de tório por extra  
ção com TBP-varsol. Precipitação do oxalato  
de tório.

### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

#### PURIFICAÇÃO DE TÓRIO POR BATERIA DE MISTURADORES DECANTADORES.

Foram continuados os trabalhos de purifica -  
ção de tório partindo-se da torta II fornecida pela APM, dis  
solvendo-a com ácido nítrico para transformação em nitra  
to de tório. Foi usado também o carbonato de tório forneci  
do pela APM, dissolvido com ácido nítrico. O nitrato de tó  
rio foi extraído com TBP-45% varsol. As experiências de  
extração se alternaram em misturadores-decantadores e em  
coluna pulsada (vidro). O objetivo principal agora era deci  
dir sobre o uso do equipamento de extração na purificação de  
tório: colunas ou misturadores-decantadores. Com os da  
dos coletados foi decidida a purificação usando colunas pulsa  
das. O tipo de coluna já está projetada e deverá ser adquiri  
do material para a instalação de 3 colunas.

Como resultado destas experiências foram ob  
tidos aproximadamente 30 quilos de oxalato de tório de eleva  
da pureza, 20 dos quais foram cedidos ao Instituto de Pesqui  
sas Tecnológicas, para estudos de preparação de óxido de  
tório de grau cerâmico.

As experiências permitiram preparar o fluxo grama para a transformação do concentrado impuro de tório em oxalato de tório de pureza nuclear, com aproveitamento de urânio nele contido. Uma das causas de emulsificação da fase orgânica durante a extração já foi identificada: a presença de consideráveis quantidades de titânio no material de partida.

## 5.6 - Elementos Combustíveis: Produção de $UO_2$ , Fabricação, Metalurgia Física e Ensaaios.

### 5.6.1 - Sinterização de Urânio em Atmosfera Redutora

#### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Utilizando materiais de procedência brasileira e norte-americana, estudou-se a sinterização de óxidos de urânio, realizada em atmosfera de hidrogênio. Foram obtidas pastilhas com densidades adequadas para utilização como combustível em reatores nucleares de potência ou de pesquisa. Usou-se a técnica de compactação a frio, seguida de sinterização. O forno empregado opera com resistência de molibdênio, a  $1700^\circ C$ , em atmosfera de hidrogênio ou amônia dissociada. É do tipo normalmente usado para a produção de pastilhas de  $UO_2$ , nos Estados Unidos.

Os óxidos de origem nacional foram obtidos por redução em hidrogênio, a partir de três materiais: diuranato de amônio, carbonato de urânio e  $U_3O_8$ . O material norte-americano atende às especificações para utilização em reatores de potência.

Determinaram-se os principais característicos de pós de  $UO_2$  usados. A morfologia foi estudada mediante emprego de microscópio eletrônico de varredura. Calcularam-se as superfícies específicas utilizando o método Strohlein (ensaio BET modificado). Analisou-se criticamente a influência da relação O/U do  $UO_{2+x}$ ; tal parâmetro, não pode ser considerado independente na caracterização de sinterabilidade.

A fim de estudar a influência do teor de oxigênio sobre a densidade das pastilhas sinterizadas, compactaram-se peças de óxidos de urânio hiperestaquiométricos  $UO_{2+x}$ , com  $x = 0,67$ .

As experiências desenvolvidas demonstraram que, em atmosfera redutora, a sinterabilidade dos óxidos de urânio nacional é satisfatória. Pastilhas obtidas por sinterização de óxidos hiperestaquiométricos apresentaram características adequadas para sua utilização em reatores de pesquisa, subcrítico.

#### 5.6.2 - Emprego de Co-Lingotagem para a Fabricação de Elementos Combustíveis Planos.

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Tratou-se da fabricação, por colingotagem, de elementos combustíveis planos, dotados de núcleos constituídos por dispersões de óxidos de urânio em alumínio. Utilizaram-se dispersões contendo de 20 a 55% em peso de fase cerâmica. Estudou-se a caracterização dos pós cerâmicos mediante determinações de densidade por picnômetro, medida de superfície específica, aplicando uma modificação do método BET, a espectrometria de raios-X. Foram estudadas as variáveis de processo tais como pressões de compactação das dispersões, temperaturas de vazamento do alumínio usado no revestimento e reduções na laminação; tornou-se assim possível identificar a origem de defeitos encontrados nos elementos combustíveis acabados. Foi dada ênfase a ensaios visando a determinar a reatividade dos componentes do núcleo e o grau de seu caldeamento com o revestimento de alumínio. Obtiveram-se placas combustíveis atendendo às especificações de uso internacional corrente.

#### 5.6.3 - Compactação a Quente como Processo de Produção Industrial em Tecnologia Nuclear.

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Tratou-se do potencial de aplicação industrial do processo de compactação a quente, dando-se ênfase ao estudo da conformação em alta temperatura de alguns óxidos actinídeos de interesse nuclear, analisando-se duas densificações e microestruturas.

A compactação a quente apresenta grande interesse para a produção industrial de peças contendo plutônio ou materiais altamente tóxicos.

#### 5.6.4 - Tecnologia de Fabricação de Pastilhas de Elevada Densidade de $\text{UO}_2$ ou de $\text{UO}_2 - \text{ThO}_2$

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

A Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica vem desenvolvendo estudos experimentais relacionados com as principais aplicações previsíveis de tório em reatores de potência. Os estudos têm compreendido: 1) produção de tório metálico em esponja e ulterior processamento dessa esponja por metalurgia do pó; 2) produção direta de ligas Mg-Zn-Th e Al-Zn-Th e Al-Th por redução de  $\text{ThO}_2$ , dissolvido em sais fundidos, por metais líquidos; no caso das primeiras ligas, desenvolveram-se os processos de destilação dos metais de alta pressão de vapor, de modo a deixar como resíduo uma esponja de tório; 3) produção de peças sinterizadas de  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8$  e de  $\text{ThO}_2 - \text{UO}_2$ ; 4) produção de placas, elementos combustíveis, revestidas por alumínio e tendo, como núcleo, dispersões de  $\text{ThO}_2 - \text{U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ .

#### 5.6.5 - Elemento Combustível

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Neste exercício, desenvolveram-se as pesquisas indicadas a seguir:

IEA

2.03.02

#### APERFEIÇOAMENTO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS DE PLACA PARA REATORES DE PESQUISA.

Foram realizados ensaios de ciclagem térmica de placas contendo núcleos delgados. Esses ensaios de ciclagem térmica foram realizados em máquina projetada e construída na Divisão de Metalurgia Nuclear/IEA em 1970. Foram também realizados ensaios de dobramento alternado, para avaliar a qualidade e a intensidade da ligação.

Os resultados obtidos forneceram pela primeira vez dados quantitativos sobre a qualidade das ligações núcleo-revestimento. Isso é considerado de grande importância para correlação com os ensaios sob irradiação, a serem executados em reator estrangeiro de alto fluxo no primeiro semestre de 1972.



2.03.04

## ESTUDOS REFERENTES A FABRICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NUCLEARES PARA REATORES ARREFECIDOS A GÁS (HTGR)

Estão sendo importados alguns equipamentos necessários ao desenvolvimento do projeto.

### B - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

No Instituto de Engenharia Nuclear, foram iniciados estudos visando à fabricação de elementos combustíveis utilizando micro-esferas de  $UO_2$  (com urânio enriquecido em U-235) encamisadas em tubos de aço inoxidável, como possíveis componentes de uma nova carga do Reator Argonauta.

No mesmo estudo se considera a possibilidade de produção de miniaturas de varetas de elementos combustíveis para irradiação em altos fluxos de neutrons no exterior, e posterior análise pós-irradiação para o estudo de seu comportamento em ambiente de reator.

### 5.6.6 - Produção de Urânio Metálico

#### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Desenvolveram-se no presente exercício, as pesquisas seguintes:

2.03.05

## PRODUÇÃO DIRETA DE URÂNIO POR MEIO DE REDUÇÃO DE COMPOSTOS EM FASE FUNDIDA

A pesquisa está bastante adiantada, tendo sido concluídos 90% do projeto de aquisição do equipamento e 25% do programa experimental prevista para o 2º semestre de 1971. Foram recebidos os dispositivos encomendados, bem como retortas para destilação sob vácuo, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, e picnômetro ar-hélio, bem como forno para alta temperatura modelo MT-4024. Uma nova cortadeira de corte imerso foi recebida e já está em funcionamento.

O equipamento tem sido utilizado para produção de esponja de zircônio, ligada a outro projeto desta Divisão.

#### 5.6.7 - Usina Piloto para Combustíveis Cerâmicos

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.03.08

#### MONTAGEM DE USINA PILOTO PARA CERÂMICA NUCLEAR

O prédio especial, com uma área de  $1.100\text{ m}^2$ , foi entregue em outubro.

Já estão em funcionamento nesse prédio no vos recursos experimentais recentemente adquiridas, den tre eles o novo microscópio eletrônico de varredura Cam bridge. Esse equipamento funciona em sala dotada de ar condicionado para controle de umidade.

Instalaram-se as prensas automáticas, os fornos de calcinação, de redução e de sinterização contínua, e foram encomendados quase todos os itens necessários, a brangendo mais de 50 encomendas distintas. A cabine para gases está sendo construída.

#### 5.6.8 - Compatibilidade entre Componentes

##### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.03.03

#### COMPATIBILIDADE ENTRE COMPONENTES DE REATOR

Foi realizado um cálculo teórico no Instituto de Pesquisas Radioativas, a partir do ciclo de Born-Haber, dos calores de formação de  $\text{UO}_2$  e  $\text{ThO}_2$ . Trabalho anterior mostrou, que os pontos críticos do modelo são o cálculo dos potenciais de ionização do urânio e tório e os termos de repulsão.

Foram utilizados programas de computador para cálculo dos potenciais, para várias configurações ele trônicas possíveis. O trabalho, ainda em andamento, deve rá conduzir, posteriormente, a estimativas das energias de superfície desses óxidos, de grande importância tecnológi ca em reações do estado sólido e sinterização.

##### B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

## ESTUDOS DE LIGAÇÃO NÚCLEO-REVESTIMENTO EM ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS PLANOS

Os resultados obtidos no Instituto de Energia Atômica mostraram que a técnica de co-lingotagem e os aperfeiçoamentos na técnica de moldura, tem fornecido resultados consistentemente bons quanto à ligação.

Os estudos metalográficos comprovam os resultados de exames dimensionais.

## 5.6.9 - Estudos Econômicos e de Viabilidade

## A - No DEPARTAMENTO DE REATORES (DR)

O Departamento de Reatores (DR) da Comissão Nacional de Energia Nuclear desenvolveu estudos referentes à tecnologia de combustível do reator a água leve fervente (PWR), abordando os seguintes tópicos:

- a. Análise dos processos de fabricação do elemento combustível PWR;
  - Estudo dos diferentes estágios;
  - Método de controle de qualidade;
  - Sugestões para o trabalho de desenvolvimento e pesquisa futura.
- b. Tecnologia de fabricação de elementos combustíveis / para Centrais Nucleares PWR, atendendo ao estado atual e as perspectivas a serem consideradas no planejamento da indústria local de combustíveis e capacidade de das usinas de fabricação.
- c. Infraestrutura de engenharia para aquisição de elementos combustíveis e para desenvolvimento e operação de uma indústria nacional de combustível para reatores a água leve, tendo sido considerados os seguintes pontos:
  - Inspeção de controle de qualidade;
  - Projeto de combustível;
  - Engenharia de fabricação;
  - Capacidade dos laboratórios;
  - Treinamento de pessoal.

No relatório DR-13 (Tecnologia de Fabricação do Elemento Combustível do Reator Tipo PWR) foram feitos

estudos sobre os processos DUA (Diuranato de Amônio) e AUC (Ammonium Uranyl Carbonate) para fabricação a partir do  $\text{UF}_6$ , de pó de  $\text{UO}_2$ , tendo sido vista ainda a homogeneização no processo RBG e, também, os métodos para controle de características do pó de  $\text{UO}_2$ .

Foram também obtidos informes sobre a compactação para obtenção de pastilhas de  $\text{UO}_2$ , em prensa mecânica, inspeção de qualidade da pastilha verde, sinterização das pastilhas, e rotinas de controle para inspeção.

Quanto à possibilidade de fabricação de elementos combustíveis no Brasil foram realizados estudos substanciados no Relatório DR-11 (Technology of Fuel Element Manufacturing).

Neste trabalho foi avaliada a capacidade de fabricação de elementos combustíveis para reatores a água em diversos países, analisando-se as capacidades atuais das usinas e os programas futuros.

Foram analisadas as etapas a serem cumpridas pelos novos fabricantes, o investimento de capital e o espaço necessários para a implantação de uma indústria de fabricação de elementos combustíveis. Foram realizados estudos de uma fábrica hipotética de combustíveis, com consumo de 100 t anuais de  $\text{UO}_2$ , com recomendações detalhadas para cada uma das etapas, incluindo um estudo de economia de escala e finalizando com uma proposição para um programa envolvendo as possibilidades de fabricação, no Brasil, de elementos combustíveis destinados a reatores do tipo PWR.

No relatório DR-13, foram realizados estudos sobre o carregamento dos tubos de Zircaloy com pastilhas de  $\text{UO}_2$ , controle do tubo carregado, controle de qualidade da barra combustível bem como sobre a montagem da estrutura do elemento combustível, composto pelas grades espaçadoras e pelos tubos-guias das barras de controle e sobre montagem das varetas de combustível na estrutura e posterior soldagem das peças terminais, concluindo com a inspeção final do elemento combustível.

Foi realizado um cronograma para a fabricação de elementos combustíveis no Brasil e foi sugerida a criação dos grupos de trabalho a serem constituídos para alcançar as metas de cada fase.

## B - Na ASSESSORIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

A Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento (ASPED) vem realizando estudos visando a equacionar o problema de implantação de uma indústria de fabricação de elementos combustíveis no País. Este é um estudo integrado do dentro do estudo de estratégia de Centrais Nucleares a longo prazo (RELATÓRIO CNEN/ASPED/23/1971). Uma vez determinada a demanda de fabricação de elementos combustíveis decorrente da escolha de uma data alternativa de utilização de Centrais Nucleares para o atendimento da expansão do sistema energético, otimiza-se através de modelos matemáticos adequados as datas de entrada em operação das diversas usinas, bem como as capacidades de produção das mesmas, de modo a que o custo global do sistema, atualizado a uma certa data de referência, seja mínimo.

### 5.7 - Produção de Tetrafluoreto de Urânio ( $UF_4$ ) e Hexafluoreto de Urânio ( $UF_6$ ).

## A - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN

3.02.01

### DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE $UF_6$

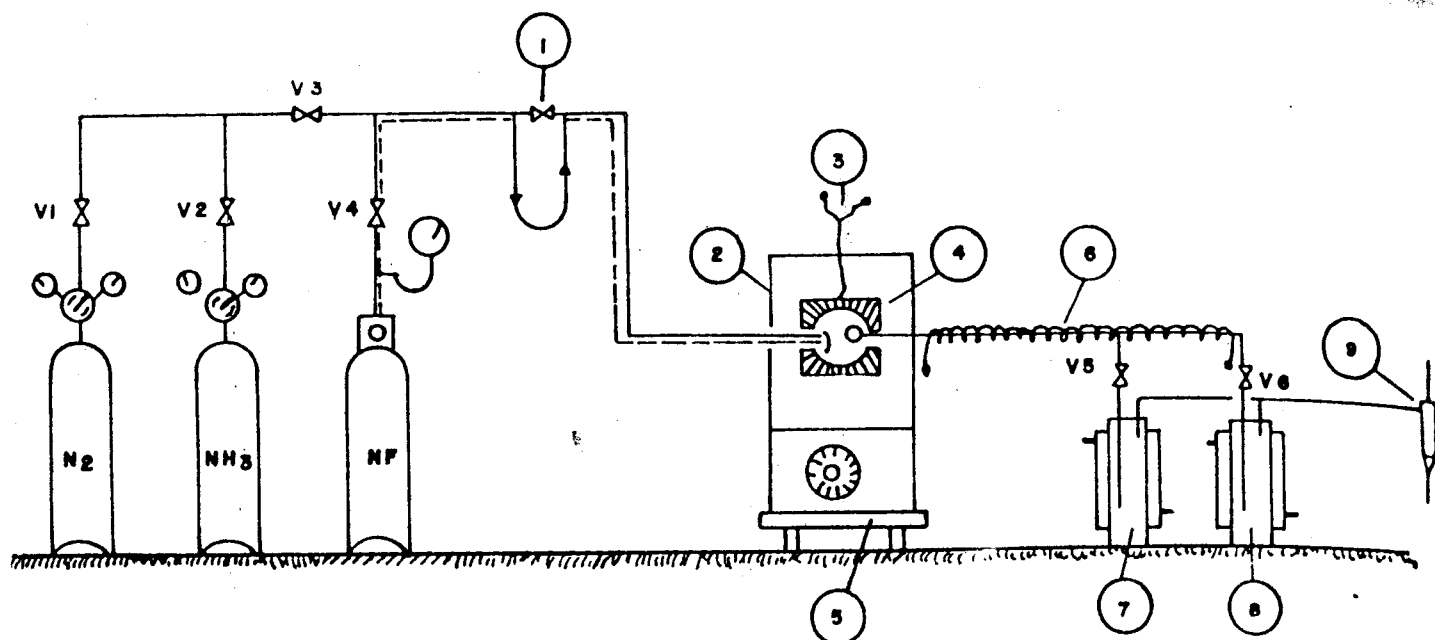
Os estudos iniciados no ano passado, por um grupo encarregado da instalação e operação de um laboratório destinado a desenvolver a tecnologia do hexafluoreto de urânio, conduziram às seguintes realizações:

1. Levantamento Bibliográfico;
2. Instalação de um Laboratório Químico;
3. Projeto e execução de um reator de leito fixo descontínuo para produção do tetrafluoreto de urânio (vide desenho na página seguinte).

Prosseguem estudos visando à construção de um reator químico, com leito fluidizado, o qual deverá ser operado em regime descontínuo e em escala de laboratório.

## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Foram iniciados, na DEQ do Instituto de Energia Atômica os estudos para o projeto e instalação de uma unidade piloto de produção de  $UF_4$  (Fig. 5.4), constituindo-



- 1 — MEDIDOR DE VAZÕES
- 2 — BÓRNO
- 3 — PAR TERMOELÉTRICO
- 4 — REATOR
- 5 — PLATAFORMA MÓVEL
- 6 — LINHA ELÉTRICAMENTE AQUECIDA
- 7 — ABSORÇÃO DE  $\text{NH}_3$
- 8 — ABSORÇÃO DE  $\text{HF}$
- 9 — SIFÃO

FIG. 5-4-ESQUEMA GERAL DA INSTALAÇÃO PARA  $\text{UF}_4$  NO IEN

-se um grupo de trabalho para esta finalidade. O projeto foi dividido em duas fases: a) Processo descontínuo ou batelada; b) Processo contínuo, com leito móvel. A primeira fase do processo descontínuo já está terminada e constituiu-se na obtenção de  $\text{UO}_2$  conveniente, granular, com menos de 2% de pó, bastante reativo. Com os dados obtidos na preparação do  $\text{UO}_3$  e do  $\text{UO}_2$  foi projetado um reator destinado à fluoridretação do  $\text{UO}_2$  a  $\text{UF}_4$ , com seu respectivo forno, com controle de temperatura. O reator, construído em monel, foi encomendado à indústria nacional, tendo sido recentemente instalado na DEQ, em câmara própria. Para os trabalhos de fluoridretação com este reator, foi especialmente construída uma câmara, provida de serviços como linhas de água, de eletricidade para o forno, esgoto, pias, e sistema de exaustão, linhas de  $\text{NH}_3$  e Nitrogênio. Deverão ainda ser instalada a linha para  $\text{HF}$  anidro e a unidade para absorção de  $\text{HF}$  residual. O forno do reator já passou pelos primeiros testes. O reator deverá ser ainda experimentado na preparação de  $\text{UO}_3$  e em seguida redução deste a  $\text{UO}_2$ , por craqueamento de  $\text{NH}_3$ .

Enquanto era desenvolvido o processo descontínuo (batelada), foi iniciado o estudo, simultaneamente, do projeto para um reator contínuo, o respectivo forno e demais unidades, para a produção de  $\text{UF}_4$  em leito móvel. O projeto usará, basicamente, os mesmos princípios estudados para o processo descontínuo: transformação do  $\text{DUA}$  a  $\text{UO}_3$  granular, com baixo teor de pó; redução do  $\text{UO}_3$  a  $\text{UO}_2$  por craqueamento do  $\text{NH}_3$ ; fluoridretação com  $\text{HF}$  anidro. A diferença principal está na utilização de um sistema contínuo.

O reator foi projetado em 3 estágios, para receber, na parte superior o  $\text{UO}_3$ , que será aquecido e reduzido, à medida em que cai para a base, sendo em seguida transformado em  $\text{UF}_4$  pela estrada do  $\text{HF}$  anidro em contracorrente. O projeto já está terminado, com os desenhos prontos para o reator, o forno, o despolimerizador de  $\text{HF}$ , unidades para condensação e absorção de água e  $\text{HF}$  residual, linhas de gás, sistema de exaustão e demais requisitos para o processo. Os desenhos foram distribuídos a várias firmas nacionais para orçamento. Ao mesmo tempo foram tomadas providências para a importação de chapas, tubos e válvulas especiais, em monel e inconel, material não disponível no comércio local. Este material de monel e inconel já está sendo adquirido no exterior e será recebido pelo IEA como doação da A.I.E.A., num valor de US\$ 15.000. Após estudadas as propostas das indústrias locais, deverá ser escolhido

escolhido o fabricante para este equipamento. Seguindo o organograma do projeto, a ordem de fabricação do equipamento deverá ser emitida, no mais tardar, nos primeiros dias de janeiro. O início da instalação da unidade piloto está previsto para setembro de 1972.

#### 5.8 - Reprocessamento de Elementos Combustíveis Irradiados

##### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.02.05

#### ESTUDOS PRELIMINARES DE REPROCESSAMENTO DE COMBUSTÍVEIS

Foram iniciados os estudos relativos ao reprocessamento químico dos combustíveis irradiados em reatores nucleares, visando a equacionar, técnica e economicamente, os problemas ligados à demanda de reprocessamento de combustíveis irradiados pelas centrais nucleares do futuro programa energético do País.

Foi feita uma pesquisa bibliográfica intensiva do assunto, seguida de alguns estudos teóricos e também de ensaios de laboratórios sobre extração por solvente, com a finalidade de verificar algumas propriedades do sistema fosfato de tributila - nitrato de urânio - ácido nítrico.

Focalizou-se, a seguir, o problema de cálculo do número de estágios numa coluna de extração, no caso, a primeira coluna no método PUREX de reprocessamento de combustível nuclear. Fez-se, inicialmente, um programa para computador, bastante simplificado, para efetuar tentativas de cálculos, procurando-se, então, sua otimização e integração do mesmo como sub-rotina num programa maior. Entretanto, este programa inicial foi completamente modificado, estando ainda em fase de testes e com perspectivas diferentes das iniciais.

Foram iniciados alguns estudos econômicos ligados a custos de implantação de usinas de reprocessamento, bem como sobre custos de operação e manutenção.

##### B - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Com o objetivo de obter experiência no reprocessamento do combustível nuclear irradiado, a Divisão de Química do Instituto de Engenharia Nuclear pretende reali



realizar estudos preliminares sobre a Química de Separação dos produtos de fissão. Esses trabalhos serão inicialmente feitos usando-se misturas simuladas. Para este fim, o IEN já está executando um projeto de adaptação dos laboratórios existentes, de modo a satisfazerem os regulamentos internacionais quanto à segurança e radioproteção. Desenvolve-se na Divisão de Química, um programa de Química Analítica Instrumental que visa à determinação quantitativa de urânio, de elementos transurânicos e de produtos de fissão, de modo a se ter um controle das diferentes fases do reprocessamento.

#### C - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.02.10

#### ESTUDOS PRELIMINARES DE REPROCESSAMENTO POR VIA ÚMIDA DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS

Um grupo de dois químicos e dois engenheiros-químicos está tratando dos estudos de reprocessamento no Instituto de Energia Atômica.

O grupo, apoiando as pesquisas da Divisão de Física Nuclear, procedeu a um primeiro reprocessamento usando pastilhas de  $U_3O_8$  irradiados com gama (fotofissão). O óxido foi dissolvido com ácido nítrico e o urânio foi descontaminado de produtos de fissão e radioisótopos naturais (chumbo, bismuto e tório), por extração com TBP-varsol e descontaminação complementar usando o sistema  $UO_2(NO_3)_2$ - $HNO_3$ - $HF$ - $Al_2O_3$ , terminado com a precipitação do diurano to e calcinação a  $U_3O_8$ . Este óxido descontaminado será usado para as medidas físicas com detectores de Ge-Li na DFN.

A DEQ contará em futuro próximo com um laboratório destinado a testes em reprocessamento, para o qual foi reservada uma área no novo edifício (Tecnologias) cuja construção foi iniciada em agosto. Espera-se também, para depois de setembro de 72, a vinda de um especialista para orientação do grupo nos primeiros trabalhos.

#### D - Na ASSESSORIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

Relativamente aos aspectos econômicos ligados à implantação de usinas de reprocessamento de combustíveis no Brasil, a Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento vem realizando estudos visando a definir, a longo

prazo, a quantidade de combustíveis irradiados pelas cen  
trais nucleares do programa brasileiro, a serem reprocessa  
dos. Foram, também, iniciados os estudos para definição -  
da capacidade ótima das usinas de reprocessamento de ele  
mentos combustíveis irradiados e a data mais oportuna para  
que as mesmas sejam instaladas.

6.1	- METALURGIA FÍSICA
	6.1.1 - Produção e Liberação de Hélio em Óxido de Berílio
	6.1.2 - Recristalização de metais e Ligas
	6.1.3 - Influência do Nitrogênio nas Propriedades Mecânicas do Aço Inoxidável Austenítico do Tipo 304 AISI
	6.1.4 - Estudo de Corrosão em Aços Inoxidáveis
	6.1.5 - Difusão
	6.1.6 - Instabilidade Dimensional do Urânio Metálico sujeito a Alternância Técnica
6.2	- PRODUÇÃO DE ZIRCÔNIO E TUBOS DE ZIRCALOY
6.3	- PRODUÇÃO DE ÁGUA PESADA
6.4	- CONCENTRADO DE MONAZITA
6.5	- CONCENTRADOS DE TERRAS RARAS
6.6	- ENSAIOS DE MATERIAIS NUCLEARES
	6.6.1 - Pastilhas de Elementos Combustíveis, Aços e Ligas
	6.6.2 - Concretos Especiais

## MATERIAIS NUCLEARES

6.

### 6.1 - Metalurgia Física

A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

#### 4.03.03 COMPATIBILIDADE ENTRE COMPONENTES DE REATOR

Os estudos de compatibilidade entre os componentes de reator compreendem primariamente pesquisas sobre difusão, oxidação, corrosão e reações no estado sólido.

As atividades realizadas no Instituto de Pesquisas Radioativas, neste setor, compreendem as seguintes pesquisas:

##### 6.1.1 - Produção e Liberação de Hélio em Óxido de Berílio

Foram irradiadas pastilhas de BeO no reator Triga, formando-se o gás hélio, a partir de reações ( $n, \alpha$ ) de fissão do Be<sup>9</sup>. Após a irradiação, as pastilhas foram submetidas a tratamento térmico de recozimento, em condições dinâmicas, e a liberação do hélio foi medida utilizando-se um espectrômetro de massa. Observaram-se picos de liberação de hélio, em faixas de temperatura dependentes da porosidade da pastilha. Os resultados evidenciam mecanismos de aprisionamento de hélio em armadilhas de defeitos e imperfeições, mas não se estabeleceu completa descrição desses mecanismos. Os mecanismos de difusão e a validade do modelo de liberação de gases de fissão em combustíveis nucleares, baseado nos fenômenos acima, estão sendo discutidos.

##### 6.1.2 - Recristalização de metais e ligas

Consiste no estudo da cinética de recristalização de metais e ligas em tratamentos isotérmicos, após prévias deformações mecânicas nesses materiais. O tamanho do grão recristalizado depende exponencialmente da temperatura de tratamento, e do tempo de recristalização. A relação com a temperatura pode ser utilizada para estimativas de condutividade térmica. Para isto, atenção especial foi dada à análise estatística de contagens de grãos, estabelecendo-se comparações entre os diversos métodos de metalografia quantitativa, tendo sido feitos programas de computação para esses cálculos.

Fenômenos paralelos foram notados em alguns materiais, dificultando a análise metalográfica. No caso de latão - $\alpha$ , cobre e níquel, a extensa maclação observada dificulta a delimitação dos contornos de grãos. No caso do cobre, outro fenômeno observado foi o aparecimento de "ghost lines", que também influenciou no alumi

nio. No caso de aços inoxidáveis, a precipitação microscópica de carbonetos nos contornos impede o crescimento dos grãos, retardando o efeito da temperatura. O aumento desta faz aparecer recristalização secundária, que apresenta características diferentes.

#### 6.1.3 - Influência do Nitrogênio nas Propriedades Mecânicas do Aço Inoxidável Austenítico do Tipo 304. AISI

O envelhecimento de aço inoxidável austenítico nitrogenado é estudado por meio de difração de raios-X e variação de propriedades mecânicas.

Amostras de aço 304 AISI são saturadas de nitrogênio que permanece em solução sólida. O efeito desses átomos intersticiais é o aumento do parâmetro cristalino.

O tratamento térmico posterior provoca a precipitação de nitretos, cuja distribuição altera as propriedades mecânicas do aço, como dureza e limite de resistência. A partição dos elementos de liga nos nitretos é examinada por meio de difração de raios-X e análise química.

Dedicou-se esforço especial no sentido de se conseguir um procedimento padrão controlado na obtenção das amostras nitrogenadas.

#### 6.1.4 - Estudo de Corrosão em Aços Inoxidáveis

Embora previsto o estudo sistemático do comportamento eletroquímico de aços inoxidáveis austeníticos, em condições diversas descritas no Relatório Anual da CNEN-1970, esses trabalhos foram adiados para o próximo exercício. O ano de 1971 foi dedicado à montagem e colocação em funcionamento do equipamento recebido, como o microscópio eletrônico de varredura e potenciostato.

Os trabalhos realizados referiram-se a ensaios de corrosão em soldas, descritos no Capítulo de Tecnologia de Reatores (Laboratório de Testes de Componentes de Reator).

#### 6.1.5 - Difusão

Foram realizados trabalhos teóricos sobre difusão dentro do programa CIEN-OEA, compreendendo os seguintes tópicos: teoria do estado transitório aplicada à ciência dos materiais, no caso de difusão intersticial; estudo da termomigração, usando termodinâmica de estados de não-equilíbrio; fluxos de troca em difusão atômica; sedimentação em sistemas intersticiais; criação de lacunas, pe

la teoria do estado de transição; transformação de fase reconstitutiva e deslocativa; termomigração em ligas intersticiais e outros.

#### 6.1.6 - Instabilidade Dimensional do Urânio Metálico Sujeito a Al ternância Térmica

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Estudou-se a anisotropia da estrutura cristalina do urânio metálico. É um fenômeno conhecido como instabilidade dimensional do urânio metálico, quando submetido à ciclagem térmica. Para os ensaios realizados, usou-se urânio de procedência do Laboratório de Argonne, EUA, e urânio produzido através de processo desenvolvido pela DMN/IEA e pelo processo convencional de refino a vácuo.

As amostras usadas nos ensaios de ciclagem térmica eram cilindros de 50 mm de altura e diâmetros de 5 a 7 mm.

O equipamento de ciclagem térmica foi construído na Divisão e portou-se magnificamente, uma vez que o ciclo escolhido foi o que deveria apresentar condições mais rigorosas de trabalho para se ter a maximização de resultados. Cada uma das amostras apresentava variação em pelo menos uma variável, para se poder cobrir todo o campo estudado.

Efetuuou-se a observação dos resultados macroscopicamente e através de microscopia ótica com a finalidade de observar as variações de microestruturas das amostras submetidas à ciclagem térmica.

#### 6.2 - Produção de Zircônio e Tubos de Zircaloy

##### A - No DEPARTAMENTO DE FISCALIZAÇÃO DO MATERIAL RADIOATIVO

Em Poços de Caldas, Minas Gerais, acham-se depositadas, a granel, 22.229 toneladas de Caldasito, minério de zircônio, sob a responsabilidade do Departamento de Fiscalização do Material Radioativo da CNEN.

##### B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

#### 2.02.09 ESTUDOS SOBRE PURIFICAÇÕES DE ZIRCÔNIO E TÓRIO POR SOLVENTES

- Aproveitamento de zircônio e de urânio do caldasito

Concluídos em escala de laboratório, os estudos pa

ra a decomposição química do caldasito de Poços de Caldas e o aproveitamento de seus valores: urânio e zircônio. Após muitas experiências foi elaborado e experimentado um fluxograma para essa finalidade. As fases principais do fluxograma foram estudadas e assim definidas:

- abertura do caldasito por fusão alcalina com NaOH;
- lixiviação da massa fundida com água, para remoção do excesso de NaOH e silicatos solúveis;
- lixiviação com  $\text{HNO}_3$  para a solubilização de U e de Zr;
- extração seletiva do nitrato de urânio, com TBP 35% varsol;
- descontaminação de impurezas como alcalino-terrosos, ferro e titânio por técnica de troca iônica;
- precipitação do hidróxido de zircônio e sua transformação em óxido comercial.

O fluxograma completo foi experimentado em escala de laboratório, estando agora em teste, em escala-piloto, na APM. O fluxograma permite obter um óxido de zircônio comercial, contendo todo o Háfio originalmente presente, e com baixos teores de Ferro e Titânio, principais impurezas do caldasito.

#### C - NO DEPARTAMENTO DE REATORES

O DR publicou o relatório DR-12 ("Market and Industry of Zirconium and Zircaloy Canning Tubes"), onde são analisadas as condições mundiais dos produtores de Zircônio e Zircaloy, tendo em vista a limitação e a alta especialização do mercado e a competitividade futura. Inclui, ainda, grande número de informações técnicas que são importantes para as decisões futuras de política de produção desse material no Brasil, e sugere a formação de um grupo de trabalho (com o mínimo de 2 especialistas) para acompanhar o desenvolvimento do mercado e da tecnologia.

Foi também estudado o desenvolvimento de controle de aceitação de tubos de zircaloy e a metodologia de acordo de compra e especificações que deverão constar do Manual de Controle de Qualidade.

Foram estudados, inclusive, os processos de usinagem a solda e o controle de qualidade nos tubos de Zircaloy e nas soldas para a fabricação de varetas de combustíveis.

#### 6.3. - Produção de Água Pesada

A - NO DEPARTAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA/INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA.

Esta é uma pesquisa/tarefa que está sendo realizada no Instituto Militar de Engenharia mediante convênio com a CNEN, através do DPCT. Em linhas gerais, visa-se à produção de água pesada no Brasil, com emprego da engenharia e tecnologia nacionais. Dentre os processos de produção existentes, foram analisados três, a saber:

- Troca isotópica  $H_2S-H_2$ ), para a concentração inicial, obtendo-se uma água enriquecida, com 15%  $D_2O$ ;
- Destilação fracionada, para concentração de 15 a 20%;
- Eletrólise, para a concentração final, de 90 a 99%.

Para o estudo teórico-prático de cada um dos processos relacionados foi constituída uma equipe de engenheiros, a qual congrega oficiais do Exército e químicos civís.

A equipe que trata do estudo da troca isotópica está projetando uma instalação-piloto de grande porte, para produção de 20 toneladas anuais de concentrado de 14 a 16% em  $D_2O$ .

A equipe de destilação opera uma torre de enchimento de vidro com 7 metros de altura, para estudos práticos.

A equipe de eletrólise tem instalado e em funcionamento, um sistema composto por 12 células eletrolíticas de modelo industrial e duas outras de modelo inteiramente original.

A equipe de análise dispõe de dois espectrofotômetros para dosagem de deutério na água.

#### 6.4 - Concentrado de Monazita

Em 1971, foram produzidos pela MIBRA S/A., em Guarapari/Espírito Santo e remetidos à Administração da Produção da Monazita, em São Paulo, 918.060 kg de Concentrado de monazita.

Além da produção industrial de rotina (Capítulo 12), a APM realizou pesquisa sobre modificações no processamento químico da monazita, com a finalidade de obter compostos de urânio e tório mais puros.

#### 6.5 - Concentrados de Terras Raras

##### A - Na ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO DA MONAZITA

A Administração da Produção da Monazita desenvolveu um processo tecnológico de separação de Terras Raras, de modo a obter concentrados de algumas delas que estão em alta demanda no mercado mundial. Estes concentrados são produzidos em



tados que ele aumenta com o tempo de moagem.

#### 6.6.2 - Concretos especiais

##### A- No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.06.19 EFEITO DE RADIAÇÃO SOBRE CONCRETO

2.06.20 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS DE CIMENTO E CONCRETO.

Efetuaram-se, numa população de corpos de prova (cdps) de argamassa de cimento, curados de acordo com MB-1 (normalização de ensaio para cimento e concreto feita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas), medidas de velocidade de propagação de pulso, frequência de ressonância dos cdps e rompimento à compressão axial numa amostra, escolhida ao acaso nesta população.

Foram também medidos no conjunto de cdps:

- Tempo de percurso de pulso entre dois transdutores (emissor e receptor) colocados nas bases de cdps (cilindro);
- Frequência em que o cdp entrava em ressonância, através de um gerador de frequência variável;

Nos itens citados acima determinou-se o módulo de Young ou módulo de elasticidade dinâmico devido ao ensaio não-destrutivo).

- Resistência à compressão axial (ensaio destrutivo).

Com os dados obtidos, efetuou-se uma correlação entre eles e também a determinação de outras constantes físicas e elásticas do cimento.

## RADIOISÓTOPOS

1.

7.1	- PRODUÇÃO
7.2	- APLICAÇÃO EM MEDICINA E BIOLOGIA
7.3	- APLICAÇÕES NA ENGENHARIA E HIDROLOGIA
	7.3.1 - Engenharia
	7.3.2 - Hidrologia
	7.3.2.1 - Sedimentologia
	7.3.2.2 - Poluição em águas
	7.3.2.3 - Hidrologia subterrânea
	7.3.2.4 - Medidas de vazão
7.4	- APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA
	7.4.1 - Controle de Processos Industriais
	7.4.2 - Siderurgia
	7.4.3 - Gamagrafia
7.5	- APLICAÇÕES NA AGRICULTURA
7.6	- APLICAÇÕES NA QUÍMICA ANALÍTICA

## RADIOISÓTOPOS

### A - Na COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

No decorrer de 1971, foram mantidos e ampliados os programas que visam o desenvolvimento das aplicações de radioisótopos na ciência e na tecnologia.

A ação da CNEN concentrou-se na produção / de radioisótopos e de moléculas marcadas, bem como na transferência do conhecimento relativo às aplicações dos elementos radioativos, na medicina e na biologia, na engenharia e na indústria, na agricultura e na veterinária, dos centros nucleares mais desenvolvidos do exterior para os Laboratórios especializados do País.

O controle dos usuários de radioisótopos foi realizado pelo Departamento de Fiscalização do Material Radioativo, que procurou dar à sua ação aspecto de assessoramento e apoio, ao invés de fiscalizar de forma coercitiva.

#### 7.1 - Produção

### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

A produção de radioisótopos concentrou-se, sobretudo, no Instituto de Energia Atômica, em São Paulo, sendo que nos quadros I a III estão representados, respectivamente, a produção de isótopos radioativos em solução, de moléculas marcadas e de fontes seladas.

QUADRO I

RADIOISÓTOPOS	ATIVIDADE		PARTIDAS	
	Produzida (mCi)	Distribuida (mCi)	Brasil	Exterior
I <sup>131</sup>	68.109	48.962	2.147	115
Au <sup>198</sup> col. 300A	18.318	2.654	327	-
Au <sup>198</sup> col. 50A	37.574	1.065	166	-
B <sup>32</sup>	3.783	2.414	131	57
Cr <sup>51</sup> (cromato)	480	148	35	13
Cr <sup>51</sup> (cloreto)	-	206	29	1
S <sup>35</sup>	241	29	5	-
Br <sup>82</sup>	326	259	34	-
K <sup>42</sup>	167	165	37	-
Na <sup>24</sup>	89	80	13	-
Zn <sup>65</sup>	20	10	1	-
TOTAL	129.107	55.992	2.925	186

QUADRO II

PRODUTOS MARCADOS COM	ATIVIDADE (mCi)
I <sup>131</sup>	3.027,0
Cr <sup>51</sup>	45,2
Ce <sup>141</sup>	2,0
Te <sup>99m</sup>	40,0

QUADRO I I I

FONTE PRODU ZIDA	<sup>192</sup> Ir		<sup>60</sup> Co		<sup>170</sup> Tm		<sup>152/154</sup> Eu		TOTAL		ATIVIDA DE MÉ- DIA
	Nº	CURIE	Nº	CURIE	Nº	CURIE	Nº	CURIE	Nº	CURIE	
ANO											
1965	1	0,3	2	1,2	-	-	-	-	3	1,5	0,5
1966	6	16,5	2	3,2	-	-	-	-	8	19,7	2,5
1967	47	142,0	6	10,8	1	0,4	-	-	54	153,2	2,8
1968	42	120,4	1	1,8	4	6,1	-	-	47	128,3	2,7
1969	52	258,5	2	4,0	5	10,3	1	0,7	60	273,5	4,5
1970	71	450,5	1	1,5	4	11,0	-	-	76	463,0	6,1
1971	115	731,0	4	16,53	2	0,53	1	1,0	122	749,06	6,1
TOTAL GERAL	334	1.719,2	18	39,03	16	28,33	2	1,7	370	1.788,26	-
% DO TOTAL	90,3	96,1	4,9	2,2	4,3	1,6	0,5	0,1	-	-	-

A seguir está indicado o fornecimento de fontes de gamagrafia às diversas firmas, Institutos de Pesquisas e usuários.

<u>DATA</u>	<u>DESTINO</u>	<u>Radioisótopos</u>	<u>Identificação (nº)</u>	<u>Atividade (Curie)</u>
05.01.71	NDT	Ir-192	135	4,0
05.01.71	NDT	Eu-152/154	23	1,0
20.01.71	METALTEST	Ir-192	210	6,0
20.01.71	METALTEST	"	193	8,0
20.01.71	METALTEST	"	203	9,0
20.01.71	METALTEST	"	201	10,0
02.02.71	GAMATEC	"	200	8,0
05.02.71	TENENGE	"	136	6,0
10.02.71	CBC	Co-60	1.150	7,5
17.02.71	GAMATEC	Ir-192	211	8,0
17.02.71	SUPERVISE	"	220	6,0
25.02.71	METALTEST	"	196	9,0
25.02.71	METALTEST	"	197	9,0
25.02.71	METALTEST	"	202	9,0
02.03.71	NDT	"	96	3,0
17.03.71	METALTEST	"	204	8,0
17.03.71	METALTEST	"	205	8,0
18.03.71	IMEEL	"	212	6,0
18.03.71	ITA	"	141	4,0
23.03.71	DRB - HC	Tm-170	23mg	0,35
25.03.71	METALTEST	Ir-192	213	8,0
25.03.71	METALTEST	"	214	8,0
25.03.71	METALTEST	"	215	8,0
25.03.71	NDT	"	138	4,0
26.03.71	GAMATEC	"	206	8,0
29.03.71	CEN-RECIFE	"	127	0,23
01.04.71	IMEEL	"	145	6,0
06.04.71	TENENGE	"	82	3,0
07.04.71	NDT	"	134	5,0
13.04.71	METALTEST	"	177	7,0
15.04.71	NDT	"	158	5,0
22.04.71	NDT	"	84	5,0
22.04.71	NDT	"	99	5,0
22.04.71	METALTEST	Ir-192	173	9,0
23.04.71	IEN	"	218	10,0
04.05.71	SARI	"	67	2,0
06.05.71	ENGº BICK	"	144	4,0
12.05.71	CEN-RECIFE	Co-60	122	1,8
18.05.71	METALTEST	Ir-192	173	6,0
19.05.71	GAMATEC	"	168	8,0
21.05.71	IMEEL	"	142	5,0
26.05.71	NDT	"	152	7,0
28.05.71	METALTEST	"	221	9,5

<u>DATA</u>	<u>DESTINO</u>	<u>Radioisótopos</u>	<u>Identifica ção (nº)</u>	<u>Atividade (Curie)</u>
28.05.71	METALTEST	Ir-192	222	9,0
31.05.71	NDT	"	149	6,5
07.06.71	METALTEST	"	182	9,0
07.06.71	METALTEST	"	216	9,0
07.06.71	METALTEST	"	217	8,0
17.06.71	ENGº BICK	"	328	1,5
22.06.71	IMEEL	"	219	8,0
22.06.71	NDT	"	97	6,0
22.06.71	NDT	"	160	6,5
24.06.71	TRIVELATO	"	100	8,0
25.06.71	GAMATEC	"	181	12,0
07.07.71	IMEEL	"	157	4,0
12.07.71	IMEEL	"	165	8,0
22.07.71	NDT	"	169	8,5
26.07.71	IMEEL	"	83	3,5
26.07.71	IMEEL	"	162	4,0
23.07.71	TENENGE	"	71	3,0
26.07.71	METALTEST	"	223	8,0
30.07.71	CBC	"	226	8,5
30.07.71	IEA-DFR	Tm-170	20mg	0,18
04.08.71	NDT	Ir-192	159	8,0
11.08.71	NDT	"	147	6,0
13.08.71	METALTEST	"	228	7,0
13.08.71	METALTEST	"	156	7,0
13.08.71	METALTEST	"	151	7,0
13.08.71	IMEEL	"	86	3,5
16.08.71	GAMATEC	"	192	6,5
17.08.71	METALTEST	Ir-192	224	6,5
17.08.71	METALTEST	"	225	6,5
19.08.71	TRIVELATO	"	166	7,0
20.08.71	METALTEST	Co-60	1.443mg	7,0
24.08.71	IMEEL	Ir-192	161	4,0
25.08.71	GAMATEC	"	163	9,0
31.08.71	NDT	"	175	7,5
02.09.71	METALTEST	"	170	7,5
02.09.71	METALTEST	"	180	7,5
02.09.71	METALTEST	"	174	8,0
17.09.71	IMEEL	"	101	3,5
22.09.71	GAMATEC	"	246	6,0
22.09.71	GAMATEC	"	247	6,0
22.09.71	NDT	"	245	5,5
24.09.71	FIVES LITLE	"	255	7,0
24.09.71	IMEEL	"	136	4,0
24.09.71	IMEEL	"	102	4,0
30.09.71	UTEC	"	243	5,0
06.10.71	TRIVELATO	"	234	6,0
06.10.71	FAB. PRES. VARGAS	"	235	6,0

<u>DATA</u>	<u>DESTINO</u>	<u>Radioisótopos</u>	<u>Identificação (nº)</u>	<u>Atividade (Curie)</u>
07.10.71	METALTEST	Ir-192	171	7,0
07.10.71	METALTEST	"	208	7,5
15.10.71	IMEEL	"	237	6,5
25.10.71	IMEEL	"	248	5,0
25.10.71	IMEEL	"	252	5,5
25.10.71	GAMATEC	"	167	6,5
25.10.71	NDT	"	240	5,5
29.10.71	NDT	"	96	5,5
29.10.71	NDT	"	242	6,0
04.11.71	IEN	"	195	7,5
10.11.71	CONFAB	"	209	7,0
11.11.71	METALTEST	"	191	6,0
11.11.71	METALTEST	"	194	6,0
11.11.71	METALTEST	"	211	6,0
12.11.71	IMEEL	"	143	4,0
12.11.71	IMEEL	"	103	4,0
19.11.71	METALTEST	"	199	7,5
19.11.71	TRIVELATO	"	232	6,0
24.11.71	IPR	"	244	5,5
24.11.71	NDT	"	251	4,0
24.11.71	NDT	"	253	5,0
03.12.71	TRIVELATO	"	229	5,0
07.12.71	GAMATEC	"	148	5,0
07.12.71	GAMATEC	"	92	7,0
07.12.71	METALTEST	"	202	6,5
07.12.71	METALTEST	"	210	7,0
14.12.71	METALTEST	"	197	4,5
14.12.71	METALTEST	"	198	4,5
29.12.71	NDT	"	205	4,0
29.12.71	NDT	"	141	4,0

#### B - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

O IPR realizou trabalhos visando à produção e a distribuição de radionuclídeos, como se discrimina no quadro IV.

QUADRO IV

<u>RADIOISÓTOPOS</u>	<u>ATIVIDADE (mCi)</u>
I <sup>131</sup>	2.431
Au <sup>198</sup>	70
P <sup>32</sup>	52
S <sup>35</sup>	1
Zn <sup>65</sup>	10
Albumina humana marcada com I <sup>131</sup>	12,4



## 7.2 - Aplicações em Medicina e Biologia

### A - Na COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

A CNEN deu prosseguimento às atividades que vinham sendo desenvolvidas, no ano anterior, dentro das áreas consideradas prioritárias e, resumidamente, indica as a seguir:

- envio de especialistas, que utilizam radioisótopos em seus trabalhos, aos congressos brasileiros das diversas sociedades médicas;
- instalação de pequenos laboratórios de medicina nuclear, em escala piloto, nas Universidades já suficientemente desenvolvidas mas que ainda não dispunham dessa facilidade;
- criação de centros regionais de medicina nuclear, dotando-os com equipamentos modernos destinados a desenvolver atividades didáticas, assistenciais e de pesquisas;
- apoio às pesquisas situadas em campos preferenciais, sendo escolhida, inicialmente, a tropicologia médica.

### B - No INSTITUTO DE BIOFÍSICA

IB

5.03.01

## RESTAURAÇÕES CELULARES APÓS IRRADIAÇÃO

Trabalhos anteriores de pesquisadores do IB mostraram que a redutora provoca efeito total em bactérias irradiadas com ultravioleta. Foram feitos estudos visando a identificar o mecanismo de ação da redutora na foto-restauração, tendo sido utilizadas novas cepas de bactérias; há indicações de que a redutora interage com dímeros de pirimidinas, bem como verifica-se, também, que o efeito da redutora não se manifesta em células cultivadas na presença de 5 B4, análogo da timidina.

Utilizando a E.coli Hfr T A G, dependente da timidina, e bastante resistente, foi analisado o efeito da redutora na execução de dímeros da timidina, sendo que os resultados obtidos permitem concluir que a redutora impede a passagem dos dímeros para a fração ácido-solúvel, o que sugere que a sua ação se dê ao nível dos fotoprodutos.

Havendo diversas hipóteses para explicar os

resultados obtidos, foram realizadas experiências nas quais a redutora foi adicionada a culturas em fase exponencial de crescimento e retirada antes que as bactérias fossem irradiadas. Neste caso, o efeito da redutora não foi observado, parecendo indicar que ela age diretamente sobre os fotoprodutos, modificando o substrato para enzimas restauradoras.

### C - NO DEPARTAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

DPCT  
1.07.04

#### CONTROLE HORMONAL DA UTILIZAÇÃO DE GLICOSE E DA NEOGLICOGÊNESE HEPÁTICA

Foi dada continuidade aos estudos anteriores sobre a sequência temporal de aparecimento dos defeitos de utilização e da síntese de glicose no fígado, em ratos com deficiência aguda de insulina.

Da análise dos resultados obtidos, espera-se tirar inferências sobre o local e o mecanismo de estabelecimento das alterações do metabolismo hepático da glicose na insuficiência de insulina.

DPCT  
1.70.10

#### DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE PULMÃO E DO CÂNCER ÓSSEO

O câncer pulmonar pode apresentar difícil diagnóstico, apesar dos exames radiológicos, citológicos e de broncoscopia. A aplicação do In-113m facilita enormemente o diagnóstico dessa doença.

Por outro lado, muitos cânceres, como os da próstata, da mama e da tiróide, frequentemente disseminam-se por metástases ósseas. O Sr-85 se deposita nas metástases ósseas sendo detectável muito antes de ser possível seu diagnóstico pelos raios-X. Por isso, o perfeito conhecimento da técnica cintigráfica, com o emprego do Sr-85, é de alto valor em cancerologia.

DPCT  
1.70.13

#### ESTUDO DA EXCREÇÃO GASTRO-INTESTINAL DA ALBUMINA MARCADA PELO IÓDO-131.

Como em muitos casos de enfermidades observa-se hipoalbuminemia em presença de ingestão razoável de proteínas, principalmente, em pacientes portadores de

enfermidades gastro-intestinais; acredita-se que haja gran de perda, pelas fezes, de albumina, que é uma proteína de baixo peso molecular, sintetizada ao nível do fígado e com importante papel na pressão encótica plasmática.

Para comparação, o método foi aplicado em pacientes normais. Para contagem das amostras tornou-se necessário um sistema de contagem com baixo "back-ground" e com diversos contadores, dispostos de forma a se obter a mesma resposta, qualquer que seja a distribuição de ra dioatividade na amostra, eliminando-se a causa de erro mais frequente que é a homogeneização inadequada da amostra.

O principal objetivo é detectar as perdas pro téicas pelas fezes; uma percentagem maior do que 1% indica patologia com perdas protéicas.

DPCT  
1.70.14

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE CR-51 APÓS A ADMINISTRAÇÃO DE HIDRÓCITOS E PROTEÍNAS PLASMÁTICAS - CR-51 E SOBREVIDA DE PLAQUETAS COM METIONINA SE-75 E  $NA_2$  CR-6104

A descoberta da grande afinidade dos elemen tos vermelhos do sangue pelo ion cromato abriu um novo campo à pesquisa hematológica. Quando o cromato de sódio é adicionado ao sangue "in vivo" ou "in vitro" a membrana do hiprócito lhe é permeável e, dentro de pouco tempo, se tem uma população de hamácias marcadas com Cr-51.

O presente trabalho estudou a distribuição do Cr-51 em um sistema compartimental. Além disso, foi in vestigada a liberação do Cr-51 do complexo Cr- $H_6$  e sua posterior ligação ao estroma.

DPCT  
1.70.17

APLICAÇÕES DE RADIOISÓTOPOS NO MAPEAMENTO DO "POOL" SANGUÍNEO, DAS LESÕES ÓSSEAS, DO ESTÔMA GO E ARTICULAÇÕES, NO BAÇO E DO RIM, MEDIDA DO FLUXO GLOMERULAR E PERDAS PROTÉICAS PELOS IN TESTINOS.

Cintigrafias do "pool" sanguíneo (placenta e coração) foram obtidas pelo In-113m, pois este farmaco ofe rece vantagens sobre os demais isótopos empregados com essa finalidade.

Cintigrafias gástricas foram obtidas pelo Tec

Tecnécio-99m, que tem a propriedade de se concentrar na mucosa do estômago.

O diagnóstico da necrose avascular da cabeça do fêmur, nas fraturas do colo, foi possível, usando-se o Estrôncio-85.

As articulações das extremidades estão sendo estudadas através da cintigrafia com Tecnécio-99m, pois este se concentra na membrana sinovial, permitindo o diagnóstico de uma sinovite e os vários aspectos de sua evolução.

DPCT

1.70.20

DIAGNÓSTICO DE DIVERSAS MOLÉSTIAS: ICTERÍCIAS HEMOLÍTICAS, AFECÇÕES RENAI, ANEMIAS E LESÕES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Foi usado o Cromo-51 na determinação da vida média das hemácias, teste este imprescindível no diagnóstico diferencial das icterícias hemolíticas. O Ferro-59 foi usado nas mais variadas afecções que comprometem direta ou indiretamente a cinética do ferro plasmática.

DPCT

1.70.23

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL E PRECOSE DE LESÕES HEPÁTICAS, EM ESPECIAL O CISTO HIDÁTICO

Foram desenvolvidas técnicas de gama-cintigrafia aplicadas ao diagnóstico diferencial e precose de lesões hepáticas, em especial o cisto hidático, cuja incidência é relativamente alta na região sul do Brasil.

DPCT

1.70.24

ANÁLISE DA VARIABILIDADE NATURAL NA RADIO-RESISTÊNCIA EM POPULAÇÕES DE VÁRIAS ESPÉCIES DE DROSOPHILA DO MORRO DO FERRO E ZONAS CONTROLES

Esses estudos em desenvolvimento procuram determinar se há variabilidade genotípica individual na intensidade de rádio-resistência em várias espécies de drosophila, a fim de comparar diferenças inter-específicas, avaliar o grau de generalidade do fenômeno e verificar se há base genética nessa rádio-resistência.

DPCT

1.70.26

ASPECTOS IMUNILÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

O presente trabalho é o complemento final de

estudos que vêm sendo feitos, desde 1968, com o auxílio da CNEN, em pacientes portadores da síndrome de Pendred, visando a esclarecer alguns aspectos metabólicos intratiroídianos decorrentes.

DPCT  
1.70.32

#### A VARIAÇÃO FUNCIONAL DA TIRÓIDE NOS PACIENTES PORTADORES DE PATOLOGIA MAMÁRIA

Nada a relatar

DPCT  
1.70.07

#### PESQUISAS EM MEDICINA TROPICAL

Dentre as pesquisas realizadas neste item, sob a orientação da CNEN, é de se salientar:

a) Estudo da função renal em esquistossomose mansônica.

Considerando que as lesões glomerulares de correntes da esquistossomose são diferentes das encontradas em outras hepatopatias, está sendo estudada, com o uso do Hippuran-I-131, a função renal global dos pacientes esquistossomóticos. Paralelamente, foram feitos os mesmos exames em pacientes normais, para obtenção de dados para comparações.

b) Estudo da função esplênica na esquistossomose mansônica.

Através do método isotópico, com uso de hemácias marcadas com Cr-51, é possível diagnosticar esplenomegalias não evidenciáveis pelos outros métodos, razão pela qual está sendo estudada a função esplênica na esquistossomose mansônica.

c) Esquistossomose mansônica - mapeamento hepático simples e através do cateterismo da veia umbelical e outros estudos.

Foram feitos mapeamentos hepáticos simples em cerca de 50 pacientes para verificar a possível existência de um padrão característico da doença. Os pacientes foram subdivididos em dois grupos: um com predomínio de lesão intestinal e outro constituído de casos mais graves da forma hepato-esplênica.

No segundo método, foi instituída nova via de introdução, tendo sido o radioisótopo injetado diretamente no fígado, através da veia umbelical, colocando-se o cateter no tronco da veia porta.

# D - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

O Departamento de Radiobiologia do Instituto de Energia Atômica nas diversas linhas de trabalho que manteve nos campos de radiobioquímica, de medicina nuclear e de radiobiologia, realizou os trabalhos de rotina e de investigação.

Na parte de rotina, cabe salientar a produção de moléculas marcadas, cuja atividade é indispensável ao funcionamento dos demais centros de aplicação de radioisótopos no Brasil.

No Laboratório de Radioisótopos, foi prestado o atendimento clínico a 6.637 pacientes, sendo realizado diversos procedimentos de diagnóstico ou tratamento, discriminado no Quadro V.

SETOR	Nº TOTAL DE PACIENTES ATENDIDOS	PROVAS E TRATAMENTOS REALIZADOS	
		DISCRIMINAÇÃO	Nº
TIREÓIDE	4.347	Captação de Radioiodo	6.740
		Cintilogramas Tireoideos	3.421
		Cintilogramas de Corpo Inteiro	97
		Provas de Depressão	153
		Provas de Estímulo	147
		Provas de Perclorato	83
		Pesquisas de Metástases de Ca de Tireoide	122
		Excreções Urinárias de Radioiodo	113
		Iodemias Proteicas Radioativas (PB <sup>131</sup> I)	28
		Doses Terapêuticas Administradas	57
OUTROS	2.290	Cintilogramas Hepáticos	926
		Cintilogramas Pulmonares	533
		Cintilogramas Cerebrais	270
		Cintilogramas Renais	44
		Cintilogramas dos Espaços Liquóricos	141
		Cintilogramas da Perfusão de Membros	40
		Cintilogramas Esplênicos	8
		Eletrogramas	120
		Determinação da Filtração Glomerular	165
		Determinação do Fluxo Renal Efetivo	81
		Determinação do Fluxo Hepático	122
		Absorções Intestinais e Excreções	79
		Medidas de Corpo Inteiro	68
		Determinações de Volume Plasmático	539
		Sobrevida de Eritrócitos	98
		Absorção de Ferro	23
		Outras Provas	186
TOTAL GERAL	6.637		14.404

IEA

2.11.15

## ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO NOS LISOSOMAS DU RANTE A REGENERAÇÃO HEPÁTICA

Desenvolveu-se o estudo morfológico dos lisosomas e membranas citoplasmáticas de hepatócitos de ratos normais, submetidos a períodos variáveis de jejum e em diferentes períodos de regeneração hepática, após hepatectomia parcial, para verificar a função lisosômica assim como as variações das membranas nas diferentes condições experimentais.

## IEA - TRANSPLANTES SUBCUTÂNEOS DE ADENOMA MAMÁRIO EXPONTÂNEO

Concomitantemente à pesquisa acima citada, realizou-se transplantes subcutâneos de adenoma mamário expontâneo, verificados em ratos Wistar, Mc Collum e F<sub>1</sub> (Wistar & Mc Collum), do IEA.

Após conseguir-se a manutenção destes tumores em vários transplantes, será verificado o "back-cross", que consiste no cruzamento de F<sub>1</sub> com um tipo parental homozigoto.

## IEA - AÇÃO DO PROPILTIOURACIL E PERCLORATO DE POTÁSSIO SOBRE ALGUNS PARÂMETROS DA FUNÇÃO TIREOIDEIANA DO RATO (ESTUDO REALIZADO COM O EMPREGO DO I-125)

Foram administradas, diariamente, drogas / antitireoidianas (PTU e KCLO<sub>4</sub>) em ratos, para verificar sua ação sobre alguns dos parâmetros que caracterizam a função da glândula tireoide.

Usou-se como controle, lotes de animais que receberam, durante os mesmos períodos de tempo, solução fisiológica. Como resultado, observou-se o seguinte:

- o nível de captação de I-125 sofreu maior decréscimo no grupo tratado por PTU do que por KCLO<sub>4</sub>;
- na análise do soro por gel filtração, notou-se um desaparecimento total das iodotironinas radioativas no soro de animais tratados com PTU e um decréscimo (no lote de 7 dias) para depois atingir o nível normal, nos animais que receberam KCLO<sub>4</sub>;

- na análise por ultracentrifugação em gradiente de sa  
carose da fração iodoproteica solúvel tireoidiana, ve  
rificou-se um grande incremento na fração 3-8S aos  
7 dias de tratamento com PTU para depois sofrer um  
decréscimo, que não atinja o nível normal.

IEA - ESTUDOS DE PREPARAÇÃO DE COMPOSTOS RADIOATIVOS  
COM AÇÃO FARMACODINÂMICA - DISOFENOL

Este estudo foi realizado injetando intraveno-  
samente, a droga, em ratos e colhendo-se urinas de 24 em  
24 horas.

Através da cromatografia por gel filtração,  
em Sephadex G-25M, notou-se que, usando-se como eluente  
tampão Tris-HCL ph 8,6 nas urinas de ratos, apareciam cin-  
co componentes radioativos.

IEA - PERFIL RADIOATIVO DO CANAL RAQUEANO - APLICABI-  
LIDADE ÀS INVESTIGAÇÕES CLÍNICA E BÁSICA

Consiste num conjunto de detecção direcional  
próprio para o registro do perfil da distribuição da ativida  
de dos espaços liquóricos raqueanos, obtida pela introdução  
nos mesmos, de um indicador radioativo, construído e en  
saiado "in vitro" e "in vivo", com o objetivo de contribuir pa  
ra uma melhor localização, por técnicas radioisotópicas ,  
dos bloqueios ao livre trânsito do líquido cefalorraqueano e  
uma mais real compreensão das características da dinâmica  
liquórica raqueana.

IEA - CINÉTICA DO ESPAÇO EXTRACELULAR EM PORCOS RE-  
CÉM-NASCIDOS SUBMETIDOS A TRAUMATISMO CIRÚRGI-  
CO PADRONIZADO

Estudou-se, mercê do radiobromo e do radio-  
sódio, a variação da fase extracelular da água e de seus com-  
partimentos, bem como do sódio permutável até o prazo de  
140 min. em porcos recém-nascidos submetidos a traumatis-  
mo cirúrgico padronizado. Este trabalho, o primeiro a ser  
realizado com essa metodologia e em recém-nascidos, obje-  
tivava verificar as alterações do extracelular no pós-operató-  
rio imediato em organismos, os quais pela sua peculiar com-  
posição corpórea, apresentam características de respostas  
diferentes das do adulto. Destas alterações, foram obtidos  
os seguintes resultados:

- redução do compartimento de trocas rápidas e aumento



do volume do compartimento de trocas lentas do extracelular;

- não houve variação:
  - a. dos volumes totais de distribuição de ambos os indicadores - espaços bromo e sódio permutável;
  - b. dos tempos de equilíbrio dos compartimentos, por tanto, não houve variação do tempo de equilíbrio da fase extracelular;
  - c. da relação  $K_{12}/K_{21}$  (ritmos de transferência entre o compartimento central e o de trocas rápidas) e do sódio permutável aos 140 min.

IEA - ESTUDO DA FUNÇÃO TIREOIDE NOS PÓS-OPERATÓRIOS  
MEDIATO E IMEDIATO DAS TIREOIDECTOMIAS PARCIAIS

Neste período, estudou-se no pós-operatório imediato e a prazo longo, aspectos funcionais da glândula tireoide, tendo chegado às conclusões indicadas abaixo:

- diminuição significativa dos valores de captação de 2 e 24 horas no pós-operatório imediato (3º dia), em todos os pacientes submetidos a tireoidectomia parcial;
- apagamento ou ausência da imagem cintilográfica tireoidea, por ocasião do 3º dia de pós-operatório, em todos os pacientes operados da glandula tireoide e progressivo incremento na nitidez da imagem no grupo destes pacientes não submetidos à prova de estímulo com TSH;
- elevação significativa da iodemia proteica (PBI) no 3º dia de pós-operatório imediato, em todos os pacientes submetidos a cirurgia da tireoide; normalização da iodemia verificada a partir do 30º dia.
- franca resposta positiva à prova de TSH, em todos os pacientes a ela submetidos, imediatamente após a comprovação da queda dos valores de captação e incremento da iodemia proteica no pós-operatório da cirurgia tireoidea.

VARIAÇÕES DA VOLEMIA EM PACIENTES SUBMETIDOS A  
CIRURGIA CARDÍACA COM CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓ -  
REA

Foram estudados e seguidos até 1 mes de ope-  
ração, 56 pacientes portadores de moléstias cardio - circula-  
tórias de solução cirúrgica e submetidos a cirurgia com  
circulação extra-corpórea. Os grupos mais numerosos, re-  
ferem-se às moléstias vasculares adquiridas e congênitas e  
aos vícios congênitos da anatomia da circulação central.

Determinou-se a volemia pelo volume plasmá-  
tico devidamente corrigido para inclusão de plasma e corpó-  
reo desde antes da cirurgia até um mes depois, com amo-  
stragem a curtos intervalos, durante toda a cirurgia e nas  
primeiras 24 horas de recuperação.

Demonstrou-se que, malgrado os cuidados ob-  
servados na rotina cirúrgica, os desvios da volemia de cará-  
ter crítico ( + de 15-20%) são muito mais frequentes do que  
se supunha, alertando desta forma os anestesiistas e os res-  
ponsáveis pelo seguimento pós-operatório sobre esta ocor-  
rência não rara e de consequências por vezes calamitosas.

Em face aos resultados, torna-se necessária  
a monitorização permanente do volume circulante, o que de-  
monstrou ser possível de realizar-se pela medida do volume  
plasmático pela diluição de radialbumina.

### 7.3 - Aplicações na Engenharia e Hidrologia

#### 7.3.1 - Engenharia

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.13.03

#### DETERMINAÇÃO DOS CAMINHOS DE PERCOLAÇÃO NA BARRAGEM DE ÁGUA VERMELHA

Foi projetado e construído um injetor de solução radioativa ( $I^{131}$ ), com capacidade de 2 litros. A solução radioativa é introduzida por uma ampola de vidro pyrex, segura num encaixe entre dois suportes metálicos em forma de um tronco de cone. O injetor é introduzido no furo de sondagem e entrando em contato com a água produz um impacto na parte cônica, junto aos suportes metálicos. O impacto faz com que a ampola de pyrex se quebre provocando a mistura da solução radioativa com a água do furo.

Foi elaborada uma programação FORTRAN, para o computador IBM-1620 II, com o intuito de simplificar os cálculos de permeabilidade do solo.

IEA

2.13.04

#### MAPEAMENTO DE FISSURAS PROVOCADAS POR EXPLOSÕES EM ROCHAS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS

O IEA idealizou novo método para mapear fissuras em rochas, provocadas por explosões de dinamite, durante a construção de barragens. A técnica consiste no seguinte:

- Introduz-se uma sonda radioativa num furo de sondagem aberto na rocha. A sonda radioativa é composta de uma fonte de 5 mCi de  $Co^{60}$ , e quatro detetores G.M. ligados em paralelo. A fonte e os detetores são separados por uma blindagem cônica de chumbo, com 12 cm de altura, impedindo que a radiação direta, emitida pela fonte, chegue até aos detetores. Ao se introduzir a sonda no furo de sondagem a radiação primária, emitida pela fonte, sofre reflexão nas paredes do furo e vai atingir aos detetores G.M. Variando-se as características do meio refletor, varia também a in

intensidade da radiação refletida, e, conseqüentemente, a resposta do detetor. A sonda radiativa é presa num cabo graduado, de maneira que é possível estabelecer-se a profundidade ensaiada. Havendo variação significativa de resposta do detetor, a sonda é retirada do furo. A região onde se encontram instalados os tubos G.M. é então recoberta por um filme radiográfico, de resposta rápida, prensado por duas telas intensificadoras fluorescentes, de alta velocidade. Novamente a sonda radioativa é introduzida no furo de sondagem, na mesma profundidade anterior, permanecendo no local por um tempo suficiente para que seja impressionado o filme radiográfico. O tempo de exposição necessário para impressionar o filme é controlado pela taxa de contagens, lida num contador. Após a revelação, o filme mostrará a imagem da região que refletiu a radiação, imprimindo zonas mais claras ou mais escuras, conforme a intensidade da radiação que nele incidiu. As radiografias, assim obtidas, permitem localizar em que ponto da parede existe a fissura. Na boca do furo é colocado um transferidor de 360° para orientação da posição exata da trinca.

As radiografias obtidas através de uma experiência prática, realizada em Ilha Solteira, num furo de 2,5 polegadas de diâmetro e profundidade de 15 metros, permitiram identificar facilmente as fissuras existentes na rocha.

IEA  
2.13.06

## ESTUDO DO DESGASTE DE CALDAS DE CIMENTO NA BARRAGEM DE ILHA SOLTEIRA

O propósito fundamental desta pesquisa é misturar com o cimento um material que seja facilmente ativado no reator, em forma de sal, solúvel na água, e que não altere as propriedades físicas e mecânicas do concreto. A medida que o concreto vai se desgastando ele perde limalhas. Captando estas limalhas com filtros especiais e irradiando-as no reator é possível correlacionar, pela técnica de análise por ativação, a quantidade do sal com a taxa de desgaste do concreto.

Para os primeiros ensaios de laboratório es-  
colheu-se  $\text{Br}^{82}$  para ser analisado. Foram adicionadas ao  
cimento quantidades de brometo de amônia e brometo de po-  
tássio, em concentrações da ordem de 0,1 N; 0,2 N e 0,3 N.

## B - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.07

### RADIOISÓTOPOS NA ENGENHARIA

Foi desenvolvido e estudado um método diferencial de detecção para a determinação da densidade superficial de distribuição de sedimentos marcados em fundos de modelos reduzidos de portos e estuários. Este novo método utiliza uma blindagem móvel em frente ao colimador da sonda de detecção.

A diferença entre duas contagens, com e sem blindagem frontal, permite determinar, com precisão, a densidade superficial do traçador.

#### 7.3.2 - Hidrologia

##### 7.3.2.1 - Sedimentologia

## A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.01

### APLICAÇÕES DE RADIOISÓTOPOS EM SEDIMENTOLOGIA

#### - Movimentação de sedimentos de fundo ao largo de Aracaju

Realizou-se uma experiência para estudar, por meio de traçadores radioativos, a movimentação de areia de fundo na barra do rio Sergipe, em Aracaju. O estudo visou a determinar a direção, a velocidade e a vazão da areia da barra, de modo a fornecer dados para o projeto de abertura de um canal na barra, e para os cálculos da previsão do volume de material a ser dragado anualmente. Poderá também suprir a escala de tempo, no caso da construção de um modelo reduzido.

Seis engenheiros da Divisão de Radioisótopos trabalharam durante três semanas em Aracaju, para realizar a injeção, no dia 25 de janeiro, dos sedimentos marcados: 500 gr de vidro moído contendo 4 Ci de  $\text{Ir}^{192}$ , no ponto escolhido como representativo do fenômeno do transporte de fundo, um pouco ao norte da entrada da barra do rio Sergipe, e a 2 km da praia, a uma profundidade de cerca de 8 m.

Na primeira campanha, efetuaram-se três

rastreamentos cobrindo a mancha radioativa. O primeiro rastreamento, dois dias após a injeção, teve por finalidade verificar a rapidez de movimentação dos sedimentos marcados. Contornando o ponto de injeção com a sonda detectora, ao longo de um círculo de 100 m de raio, constatou-se a ausência de material radioativo, comprovando que a injeção foi bem feita e indicando que a movimentação era lenta. O segundo rastreamento, cinco dias após a injeção, teve por finalidade verificar se a mancha radioativa permanecia no local da injeção e quanto já se havia movimentado. Constatou-se que a mancha já se alargara e sua frente já se deslocara cerca de 300 m em direção à praia. O terceiro rastreamento, dez dias após a injeção, confirmou a direção de transporte, como sendo a direção do plano de ondas no local, tendo-se detectado material radioativo a mais de 500 m do ponto de injeção. O quarto rastreamento, foi feito quarenta dias após a injeção, cobrindo toda a mancha radioativa. O quinto rastreamento, realizou-se cerca de noventa dias após a injeção, tendo-se verificado que o deslocamento de sedimentos continuara com a mesma tendência anterior, isto é, perpendicularmente à praia, praticamente sem movimento paralelo à costa. Completou-se a análise dos dados experimentais, determinando-se as curvas de isodose, os diagramas de transporte e a velocidade do centro de gravidade da nuvem radioativa entre duas detecções.

A análise dos resultados mostrou que é pequeno o movimento frontal de sedimentos, em condições de verão. Não há componente paralelo à praia para sedimentos vindos do largo. O movimento encontrado parece ser a busca da posição de equilíbrio do sedimento injetado no perfil da praia. Como o sedimento apenas atingiu a zona de arrebenção, não foi possível medir-se o transporte paralelo à costa na zona de arrebenção.

Concluiu-se que o momento de areia do fundo, ao largo de Aracaju, é pequeno, em condições de verão. A direção principal de movimento é perpendicular à praia, sendo desprezível, ao largo, a componente paralela à praia. Calculou-se um transporte de 5 a 10 t/dia x metro, e como o radioisótopo não atingiu a zona de arrebenção, onde se supõe haja transporte paralelo à praia, a experiência está sendo completada em colaboração com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela análise do registro de ondas e aplicação de fórmulas convencionais, a fim de determinar o arraste nesta zona.

Este estudo foi executado por solicitação da 5a. Inspetoria Fiscal de Aracaju, do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, e contou com a assessoria de peritos franceses e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

- Estudo da movimentação de sedimentos no Porto do Rio Grande

Foram concluídos os preparativos para a experiência definitiva do estudo da movimentação de vasa nos locais de lançamento de material dragado, no canal de saída da Lagoa dos Patos, em frente ao Porto do Rio Grande. O estudo preliminar foi efetuado em novembro de 1970, utilizando vasa marcada com  $Au^{198}$ . O estudo definitivo será iniciado nos primeiros meses de 1972, com o uso de 30 Ci de Sb, incorporado a vidro moído. Este estudo será executado, em colaboração com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, para o DPRC, do Estado do Rio Grande do Sul.

- Estudos sedimentológicos em canais

Como parte do trabalho desenvolvido sob a orientação de um perito enviado pela Agência Internacional de Energia Atômica, realizaram-se experiências nos canais do Pavilhão de Morfologia Fluvial do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, com a finalidade de testar um modelo estocástico para a distribuição de sedimentos de fundo.

O trabalho foi dividido em duas partes a saber:

- a. Utilização de partículas isoladas, acompanhando-se o movimento de grãos individuais radioativos, e medindo-se o tempo de repouso e o comprimento de salto, em cada período de movimento.

As experiências foram completadas pela utilização de medidas convencionais, como velocidade em diversos pontos de seção, altura de água, altura e velocidade das dunas de fundo e características de movimentação das dunas. Estas experiências têm como finalidade testar as hipóteses básicas do modelo estocástico de Einstein Todorovié. Fez-se uso de partículas de vidro marcado com  $Ir^{192}$ . A análise dos dados obtidos deverá terminar em janeiro de 1972.

b. Experiências empregando grupo de partículas

Foram utilizados um canal com 40 cm de largura e 30 m de comprimento, um canal de 2,5 m de largura e 26 m de comprimento, e um canal de 10 m de largura e 80 m de comprimento. A areia foi marcada com  $Au^{198}$  e os cintiladores foram acoplados a plataformas móveis, na detecção. Foram realizadas detecções consecutivas em diversas seções longitudinais.

A análise dos resultados, já iniciada, busca determinar os parâmetros do modelo teórico, verificando - se em seguida, por testes estatísticos, a qualidade do ajuste obtido na comparação entre dados experimentais e dados do modelo. Os resultados até agora obtidos são bons.

B - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

3.05.10

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE AREIAS E LAMAS SUBMARINAS

Houve um entrosamento de IEN com o IPR, IEA e a SURSAN, relativamente à experiência realizada na Barra da Tijuca, de 26 a 30 de abril de 1971, quanto ao detalhe do "Estudo Piloto Superficial", visando à coleta de dados para otimização de estações de tratamento de esgotos da SURSAN.

C - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

- Medições da Vazão líquida e sólida de arraste no Rio Pirajussara

O rio Pirajussara é formado pela junção do Ribeirão Pirajussara com o Ribeirão Poá e córrego Joaquim Cachoeira, todos eles tendo suas nascentes no município de Embu. Como este rio atravessa uma região bastante urbanizada, o tempo de concentração das águas é pequeno e, por isto, chuvas de pequena duração, mas de grande intensidade, podem provocar inundações em uma região bastante povoada. Daí o interesse nas medições dos picos de cheia e da vazão sólida de arraste para controlar o grau de assoreamento do rio.

Lançando  $Br^{82}$  nas águas do rio Pirajussara (Cidade Universitária) e utilizando o método da diluição, foi



possível estudar, num grande número de ensaios, picos de cheia deste rio. Paralelamente, determinou-se a vazão sólida de arraste, e a espessura da camada móvel de areia, para diferentes intervalos granulométricos do material de fundo. Nos diversos ensaios foram utilizados: sedimentos marcados com  $\text{Cr}^{51}$ , e  $\text{Au}^{198}$ ; sedimentos artificiais (vidro moído com granulometria e peso específico idênticos ao sedimento natural) e areia natural irradiada no reator IEA-R1.

Projetou-se e construiu-se dois diferentes dispositivos para injetar sedimentos radioativos, de modo que, em sua totalidade, fossem depositados no fundo, impedindo o transporte em suspensão, pois o mesmo provocaria uma dispersão inconveniente. Foram realizadas várias imersões de areia marcada, condizentes com cada intervalo granulométrico, permitindo, assim, avaliar a vazão sólida parcial na seção canalizada do rio.

A detecção dos sedimentos radioativos foi feita diretamente sobre o leito do rio, aplicando-se a técnica de detecção estática e dinâmica (método de integração no tempo e método de integração no espaço, respectivamente).

IEA

2.13.01

#### ESTUDO DA MEDIDA DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

Foi projetado e construído no IEA um medidor de concentração de sedimentos em suspensão, com as seguintes características:

- a) intervalo de concentrações mensuráveis: 500 a 50.000 ppm, para sedimento com peso específico médio de  $2,65 \text{ g/cm}^3$ .
- b) precisão nas leituras: 20% a 800 ppm; 10% a 20.000 ppm, melhorando no caso de concentrações mais elevadas.
- c) tempo de leitura em uma medição: 15 minutos.
- d) características mecânicas:
  - materiais usados - alumínio e teflon nas partes externas da cebça do medidor, unidade de detecção blindada em uma camada de alumínio, a prova d'água.
  - cabo coaxial de 15 metros, a prova d'água, ligando a cabeça do medidor com a unidade de leitura.

- e) dimensões e peso: cilindro com 5 cm de diâmetro e 80 cm de altura; peso total: 6 kg.
- f) unidade de leitura: adaptação de um scaler a bateria Nuclear Chicago, com capacidade para operar 8 horas seguidas.
- g) fonte radioativa utilizada: 10 mCi de  $\text{Am}^{241}$ .
- h) princípio físico; absorção pelos sedimentos de radiação gama emitida pelo  $\text{Am}^{241}$ .

Após as calibrações de laboratório, foram realizados medições "in situ". Escolheu-se o Rio Tietê, pelo fato de este rio transportar uma quantidade muito grande de sólidos em suspensão.

#### 7.3.2.2 - Poluição em Águas

##### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

##### - Estudos de poluição na Barra da Tijuca

Com orientação do Dr. Jens Hansen, do Danish Isotope Center, de Copenhagen, enviado pela Agência Internacional de Energia Atômica, a Divisão de Radioisótopos do IPR iniciou, em abril, as atividades deste setor. Foram realizadas três séries de campanhas de medições de correntes e de determinações dos fatores de diluição, ao largo da Barra da Tijuca, em abril, agosto e outubro, utilizando  $\text{Br}^{82}$  e detectores de cintilação.

A Marinha forneceu as embarcações necessárias, a SURSAN realizou as medições oceanográficas convencionais e a Secretaria de Ciência e Tecnologia da Guanabara colaborou com pessoal e coordenação das embarcações. Todo o equipamento experimental de detecção e injeção de radioisótopos foi preparado no IPR. Em cada experiência injetou-se cerca de 2 Ci de  $\text{Br}^{82}$  na superfície do mar, no ponto escolhido. O movimento do traçador foi acompanhado com o auxílio de dois detectores de cintilação, instalados em um dos lados do barco, um metro abaixo da superfície da água. A localização da posição do navio, em cada minuto, era feita pelas leituras simultâneas da bússola giroscópica e do radar. No decorrer das experiências, eram realizadas, pelo pessoal da SURSAN, medidas de correntes, salinidades, temperatura da água e teor de oxigênio dissolvido a várias profundidades, bem como direção e velocidade do vento.

A análise dos dados, obtidos em seis conjuntos de detecções, levou à construção das curvas de isoconcentração de traçador radioativo, durante a evolução da nuvem de radioisótopo, e às curvas de diluição de poluente para descarga contínua de  $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ , no ponto de injeção. Foi verificado o ajuste dos dados experimentais a um modelo matemático baseado na equação de difusão, em duas e três dimensões. Analisaram-se, também, as medidas convencionais (correntes, salinidade, temperatura, marés e ventos), em relação aos dados experimentais de diluição.

Está em fase de redação o relatório final da experiência, que servirá de base à parte final do projeto, relativo à previsão da dispersão de afluentes de agosto na área da Barra da Tijuca.

## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.13.07

### ESTUDOS SOBRE POLUIÇÃO DE ÁGUAS NO ESTUÁRIO DE SANTOS

As principais características das águas receptoras que condicionam e influenciam a concentração dos esgotos, a partir do seu lançamento, até sua aproximação da área a preservar são as seguintes:

- a estrutura de densidade, determinada pela distribuição vertical da salinidade e temperatura;
- as correntes que convergem para a área a preservar são dependentes da circulação das águas, e governadas pelos ventos e marés;
- declínio bacteriológico, função das características físicas, químicas e biológicas das águas, bem como do balanço de energia radiante na interfase ar/mar;
- processo de difusão turbulenta promovido, primordialmente, pelos vórtices, de dimensões comparáveis com a escala de difusão ou com o nível de turbulência.

A determinação estatística dos parâmetros acima especificados, exige a realização de um programa

intensivo de investigações oceanográficas. Isto levou o CETESB (Centro Técnico de Saneamento Básico) a propor um convênio com a IEA, visando à utilização das técnicas radioisotópicas na determinação rigorosa destes parâmetros, para definir o projeto de lançamento submarino dos esgotos de Santos e São Vicente.

O IEA coube a tarefa de determinar a direção e velocidade das correntes marinhas que atuam no estuário santista, fatores de diluição de esgoto lançado na Ponta do Itaipu, medições da vazão com que é lançado este esgoto, variação no tempo, da concentração do esgoto lançado no mar e cálculo do  $T^{90}$ .

Os estudos iniciais estão sendo realizados na região da PONTA DO ITAIPU. O traçador radioativo escolhido foi o  $Br^{82}$  e as atividades envolvidas em cada injeção variam de 1 a 2 Ci. O  $Br^{82}$  é lançado nos condutos que levam o esgoto até o mar. Uma parte deste conduto possui seção circular, (aproximadamente 2 kms) e outra parte é em forma de canaleta trapezoidal.

- Estudo sobre Interconexão das Águas que Abastecem a Represa Billings.

A região de Santo André, São Bernardo e São Caetano (ABC), é abastecida de água, através de uma Estação de Tratamento que a COMASP (Companhia Metropolitana de Águas de São Paulo) mantém no Reservatório do Rio Pequeno. As águas do Rio Pequeno, Rio Grande e Rio Pinheiros, (estas últimas bombeadas da Estação de Recalque da Light) unem-se para formar a Represa Billings. As águas dos Rios Pequeno e Grande são consideradas de boa qualidade, mas as do Rio Pinheiros são altamente poluídas.

Em época normal, o nível das águas dos rios Grande e Pequeno é superior ao nível das águas provenientes do Rio Pinheiros. Isto acarreta a boa qualidade da água bombeada na Estação de Tratamento. Por ocasião das secas, e devido ao aumento na vazão de bombeamento da Estação de Recalque da Light, a situação inverte-se, passando o nível de água proveniente do Rio Pinheiros a ser maior que a dos rios Grande e Pequeno. Isto provoca a captação de águas poluídas na Estação de Tratamento da COMASP, acarretando vários problemas para a população do ABC.

Com a finalidade de comprovar se as águas

provenientes do Rio Pinheiros atingiam a Estação de Tratamento, programou-se o lançamento de uma solução de  $\text{NH}_4\text{Br}^{82}$  e o traçamento (por meio de sondas cintiladoras a prova d'água e pressão) da onda radioativa. Sendo lançada a solução radioativa em um ponto de equilíbrio das águas, com o rompimento deste foi possível seguir o caminham<sup>en</sup>to da ativa e determinar graficamente sua trajetória. Os en<sup>sa</sup>ios mostraram que, realmente, aumentando-se a vazão de bombeamento da Estação de Recalque da Light, as águas provenientes do Rio Pinheiros atingem a Estação de Tratamento de Água do ABC.

#### 7.3.2.3 - Hidrologia Subterrânea

##### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.04

#### TRAÇADORES RADIOATIVOS EM HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA

##### - Laboratório de Trítio

A linha de preparação de amostras para contagem de Trítio foi completamente remodelada, com a finalidade de aumentar a produção de amostras, para até quatro por dia e facilitar as manipulações.

Análises de Trítio em amostras de água enviadas pela SUDENE tiveram prosseguimento normal.

Foram, ainda, analisadas amostras de águas de diversos rios brasileiros: Tocantins, Araguaia, São Francisco, Paraná e Negro. Os resultados obtidos mostraram uma distribuição bastante uniforme do nível do Trítio ambiental nesses rios (da ordem de 15 TU).

Foi publicado o relatório "Levantamento preliminar de teores de Trítio em águas do Nordeste Brasileiro", contendo os resultados das análises de Trítio em amostras de águas subterrâneas, pluviais e superficiais, de locais representativos da região em estudo.

Este levantamento foi realizado tendo em vista averiguar a contribuição das análises de Trítio ambiental em futuros projetos de investigação de águas subterrâneas / com métodos isotópicos, dentro de um programa de colaboração reunindo a SUDENE, o CENA e o IPR.

- Laboratório de C-14

Durante o ano de 1971, foi iniciada e completada a instalação de um laboratório para análises de  $C^{14}$ , visando à datação radioativa de águas subterrâneas pelo método do  $C^{14}$ .

Foi remetido à SUDENE o equipamento destinado à coleta de expedição de amostras para análises de  $C^{14}$  em águas subterrâneas do Nordeste.

- Traçadores radioativos para determinação de porosidade de lençol freático

Realizou-se uma experiência para determinação da porosidade útil de um lençol freático, através da injeção de radiotraçador artificial ( $I^{131}$ ). A experiência, embora efetuada em condições precárias, apresentou um resultado satisfatório e serviu para uma melhor assimilação da técnica envolvida.

7.3.2.4 - Medidas de Vazão

A - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.02

MEDIDAS DE VAZÕES EM RIOS COM RADIOISÓTOPOS

Efetuaram-se medições de vazão do Rio das Velhas e das bombas de recalque do sistema adutor de Belo Horizonte.

IPR

4.07.03

MEDIDAS DE VAZÃO EM TURBINAS COM RADIOISÓTOPOS

Por solicitação da Cia. Força e Luz do Paraná e do Escritório Berenhauser, a Divisão de Radioisótopos realizou quarenta e oito medições de vazão, em dez regimes diferentes de cargas, em uma nova turbina instalada na Usina de Guaricana, perto de Curitiba, para verificar a eficiência garantida pelo fabricante.

Foi utilizado o  $Br^{82}$  como traçador radioativo, tendo o mesmo sido injetado na tubulação, por meio de um injetor de alta pressão especialmente construído. A injeção, praticamente instantânea, permitiu o emprego dos

métodos dos picos com dois detectores, instalados à jusante do ponto de injeção. O diâmetro da tubulação era da ordem de dois metros e a vazão máxima da ordem de  $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ . A incerteza dos resultados foi menor que 2%.

# QUADRO IV

TURBINAS 3A - 3B		TEMPO DE TRÂNSITO (seg.)	DESVIO MÉDIO %
50		101,4	0,4
80		67,2	0,12
100		50,5	0,38
50		98,6	0,47
80		64,3	1,54
100		50,7	0,75
50	50	51,8	0,66
75	75	35,2	0,97
100	100	26,2	0,73
max	max	21,7	1,57

Realizou-se uma visita de inspeção às Usinas de Suíça e Rio Bonito, no Espírito Santo, onde se rão efetuadas, brevemente, medições de vazão das turbinas, com a finalidade de se verificar a eficiência das mesmas.



## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.13.10

### ESTUDO DA DETERMINAÇÃO DE VAZÃO EM TURBINAS

As águas do rio Pinheiros são bombeadas, através de uma estação de recalque, para a Represa Billings e, daí seguem para a Usina Henry Borden, acionando as turbinas que geram energia elétrica para São Paulo e Santos. Os rios formadores da Represa Billings não são poluídos, fato este que levou a COMASP a instalar, nas margens da via Anchieta, uma estação de bombeamento de água para abastecer a região do ABC (Santo André, São Bernardo e São Caetano).

Sendo o Rio Pinheiros altamente poluído, pensou-se que o mesmo poderia contribuir para o decréscimo da qualidade de água que estava sendo consumida pela população do ABC.

Com a finalidade de verificar-se as interações das águas que abastecem o Sistema Billings, efetuaram-se 3 lançamentos de solução radioativa ( $\text{NH}_4 \text{Br}^{82}$ ) para que se pudesse seguir o deslocamento da nuvem ativa. Como uma parte da onda dirigiu-se para a usina Henry Borden, aproveitou-se a ocasião para testar o método da determinação de vazão em turbinas.

Escolheu-se uma turbina de 9 MW, tipo Francis, possuindo canalização de 1,5 metros de diâmetro e comprimento de 600 metros. Injetou-se no escoamento 250 mCi de  $\text{Br}^{82}$ , sendo utilizado o método dos picos.

#### 7.4 Aplicação na Indústria

##### 7.4.1 Controle de Processos Industriais

## A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.05

### RADIOISÓTOPOS EM CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Determinação do tempo médio de residência e da existência de percursos preferenciais em uma barragem de decantação, por meio de traçadores radioativos.

Este trabalho teve como objetivo estudar as condições de funcionamento do sistema separador de água e óleo que recebe as águas de rejeito da Refinaria Gabriel Passos, da Petrobrás S.A., em Belo Horizonte. A bacia tem um volume nominal de  $100.000 \text{ m}^3$ . Os técnicos da empresa verificaram que o tempo médio de residência da mistura / água-óleo no separador era inferior ao esperado.

A principal finalidade foi, portanto, a determinação deste tempo médio de residência. Como informações complementares, determinaram-se a:

- existência de percursos preferenciais no interior da represa;
- vazão de entrada de líquidos poluídos;
- vazão de saída do separador.

O traçador utilizado foi o radioisótopo  $\text{Br}^{82}$  ( $T_{1/2}=35,5 \text{ h}$ ), sob a forma de uma solução aquosa de  $\text{NH}_4\text{Br}$ . A atividade empregada foi 2 Ci, no instante da injeção. A injeção foi realizada na entrada da barragem de retenção, de maneira instantânea, em 13.1.71.

A vazão de entrada de material poluído e a vazão de saída da barragem de retenção foram medidas com radioisótopos, pelo método de injeção contínua.

A experiência com traçadores radioativos forneceu as seguintes informações:

- a) o tempo médio de residência da mistura água-óleo na represa é da ordem de 58 h. O escoamento se inicia 4 horas após a entrada na represa, e dura cerca de 170 h.
- b) Ficou evidente a existência de percursos preferenciais para o material, próximos à margem do lado da estrada de contorno. Cerca de 50% de todo o material está numa faixa de 50 m a partir desta margem, 5 h após a injeção. Cerca de 24 h após a injeção, o material / restante está distribuído de maneira aproximadamente uniforme em toda a represa.
- c) O diagrama acumulado da distribuição de tempos de residência indica que 25% do material abandona a represa em 24 h, 50% em 48 h e 75% em 82 h.

- d) a eficiência hidráulica da represa está muito baixa, provavelmente na ordem de 30%.
- e) A represa está funcionando hidraulicamente com três regiões: uma de "plug-flow", outra de misturamento e outra de zonas mortas.

Localização de raspadores em oleoduto submarino, utilizando fonte radioativa.

Pela segunda vez, efetuou-se, com sucesso, a localização de raspadores, para a Petrobrás, no campo de D. João-Mar, na região de Candeias, na Bahia.

Empregou-se uma fonte de  $\text{Ir}^{192}$ , com cerca de 1 Ci, colocada em um raspador da linha de 4", seguindo-se seu progresso através da linha, por meio de detectores portáteis de cintilação, posicionados por mergulhadores.

A detecção pormenorizada, feita após o raspador ter sido parado pelo primeiro raspador anteriormente encravado naquele ponto da linha, permitiu determinar a posição exata do defeito na linha, que foi içada e recuperada. Este método é de aplicação simples e elegante, de custo experimental baixo, e os problemas de segurança são pequenos. A economia proporcionada é altamente compensatória.

Verificação da posição de bandejas em torre de debutanização, pelo processo de gamascopia.

O objetivo desta experiência foi verificar se as bandejas internas da torre estavam em suas posições corretas, já que a torre não apresentava bom desempenho de suas funções. Por meio de uma fonte de  $\text{Co}^{60}$ , de 50 mCi, e um cintilador portátil, realizou-se o levantamento do perfil de absorção de radiação gama através da torre.

Nas regiões das bandejas houve acréscimo de absorção, porém, na região superior da torre, o acréscimo superou em muito o esperado, o que levou à suspeita da presença de material acumulado, ocupando todo o espaço nesta região da torre, provavelmente uma inundação causada pelo bloqueamento de válvulas.

B - No INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IENT

3.05.11

PESQUISAS PARA RADIOISÓTOPOS NA INDÚSTRIA

Os estagiários da COPPE realizaram estudos de polimerização em plásticos, no Irradiador de Cobalto.

C - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

02.13.08

ESTUDOS SOBRE SEGREGAÇÃO NA SOLIDIFICAÇÃO DE METAIS E LIGAS - DESGASTE DE METAL DURO UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DE FERRAMENTAS

O princípio do método utilizado no estudo do desgaste das pastilhas BRASSINTER, TXL (P-25), NTA (P-30), T-108, consiste em irradiá-las no reator IEAR-1 e, posteriormente, montá-las no torno. Ao se usinar um material metálico qualquer, estas pastilhas perdem limalhas (que estão radioativas) devido ao desgaste. Como as limalhas ficam presas ao cavaco, faz-se medidas da intensidade de radiação que está presente e compara-se com as medidas de um padrão, previamente preparado, podendo-se avaliar a taxa de desgaste, sob determinada condição.

O quadro abaixo mostra uma série de dados de desgaste, das pastilhas TXL (P-25), quando foi usinado aço VT-1040.

TAXA DE DESGASTE DAS PASTILHAS TXL (P-25) EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO DO TORNO IMOR DE 20 H. P.

Profundidade de corte = 2 mm  
Avanço = 0,313 mm  
Tempo de corte = 60 minutos

# QUADRO V

ROTAÇÃO DO TORNO	TAXA DE DESGASTE
rpm	microgramas/hora
100	70
120	82
150	95
170	109
200	123
250	147
300	186
350	249

IEA

2.07.07

## PESQUISA EM COLABORAÇÃO COM AS INDÚSTRIAS E OUTRAS ENTIDADES

Medidas do Grau de Corrosão de Telhas de Alumínio da Cobertura da Seção de Escarfagem da COSIPA.

Este trabalho foi encerrado no primeiro trimestre de 1971 e visou à determinação do grau de corrosão de 90.000 m<sup>2</sup> de telhado de alumínio, que constitui a cobertura da Seção de Escarfagem da COSIPA.

Devido à impraticabilidade de uso dos métodos convencionais, optou-se pelas técnicas radioisotópicas, escolhendo-se o método de retro-espalhamento da radiação gama, emitida por uma fonte de Am<sup>241</sup> (10 mCi), porque as medições só podiam ser feitas em um mesmo semi-espço em relação à chapa de alumínio.

A área em estudo foi subdividida em 4 zonas significativas, a saber:

zona I	coluna L	até aerador A
zona II	aerador A	até coluna K
zona III	coluna K	até aerador B
zona IV	aerador B	até coluna J

Esta divisão foi tomada como sendo aquela que possibilitou melhor julgamento das medidas levantadas, tendo por base as situações do forno de placas e da área de escarfigem. A idade das telhas foi tomada como sendo de 5 a 6 anos para todas as quatro zonas acima citadas.

Efetuaram-se cálculos no sentido de se obter:

- média das medidas, por zona;
- média das mínimas medidas por telha e por zona.

A primeira visou determinar o estado em que se encontrava o telhado nestas zonas e a segunda a vida útil das telhas.

Com base nas medidas pode-se concluir:

- a) a zona II apresentou o maior número de medidas mínimas. No lado direito desta zona encontrou-se os melhores valores de espessura das telhas, fato este justificado pela presença de vapor d'água (resfriamento das placas) e presença de gases provenientes do forno de placas.
  - b) tomando por base o gráfico representativo de durabilidade das chapas de alumínio, fornecido pela ALCAN, constatou-se que tanto os valores médios das mínimas espessuras, quanto as médias gerais, por zona, situam-se dentro dos valores pré-estabelecidos, para zona costeira;
  - c) foi possível prever a variação de espessura do telhado, (e conseqüentemente o grau de corrosão) em função do tempo, comparando-se os resultados das medições com as curvas da ALCAN.
- Medida do Balanço de Mercúrio das Células Eletrolíticas das Industriais Químicas Electro Cloro S/A

Nas células eletrolíticas, destinadas à produção de hidróxido de sódio, é necessário realizar medições periódicas da massa de mercúrio existente em cada célula e/ou do mercúrio total que em determinado instante está sendo utilizado na fábrica.

Quando se utiliza células de ferro, o mercúrio

mercúrio contido nas mesmas encontra-se distribuído em uma fase líquida, formada por este elemento e amálgamas de Sódio, Cálcio e Magnésio e numa fase sólida composta, principalmente, por amálgama de ferro. Esta última representa de 2% a 6% da massa total e é geralmente estimada em função do lapso transcorrido desde a última limpeza das células.

Além dos erros instrumentais e pessoais que ocorrem nos processos de pesagem, deve-se acrescentar outros, devido a:

- estimativa da fase sólida;
- conteúdo de impurezas;
- amálgama da fase líquida;
- mercúrio não pesado, que fica retido nas células.

As desvantagens apresentadas pelo método gravimétrico podem ser compensadas com a utilização da técnica de diluição radioisotópica, do  $\text{Hg}^{203}$ , que se mistura uniformemente com toda a massa de mercúrio não ativo contida na célula. Oferece, ainda, a vantagem de não interromper o funcionamento da célula, economizando horas de produção e trabalho operário.

Baseados neste fatos, as Indústrias Químicas Electro Cloro S/A, interessaram-se pela utilização da técnica radioisotópica. Os estudos foram divididos em duas partes:

- medição inicial em duas células de 2 toneladas;
- medição, em 1972, de 70 células sendo 35 de 1 tonelada e as restantes de 2 toneladas.

Os resultados obtidos nas medições das células 3 e 4 da Eletro Cloro são apresentados no quadro a seguir:

QUADRO VI

CONTAGEM LÍQUIDA (cpm)			NORMALIZAÇÃO		PESO DE Hg	
Célula-3	Célula-4	PADRÃO	$n_p/n_3$	$n_p/n_4$	$Q_3$	$Q_4$
$n_3$	$n_4$	$n_p$			Kg	Kg
1840	2089	2246	1,220	1,075	2.411,6	2.126,6
1845	2090	2245	1,217	1,075		
1705	1900	2041	1,195	1,075	2.416,6	2.126,6
1670	1900	2041	1,220	1,075		
1460	1665	1782	1,220	1,070	2.416,6	2.136,6
1485	1675	1810	1,220	1,070		
1343	1531	1651	1,230	1,077	2.426,6	2.136,6
1315	1490	1610	1,224	1,080		
1174	1346	1444	1,230	1,073	2.446,6	2.146,6
1170	1330	1445	1,235	1,085		
1058	1191	1312	1,240	1,100	2.446,6	2.146,6
1060	1205	1310	1,235	1,085		



IEA

2.13.05

### CONSTRUÇÃO DE FONTES DE TÁLIO-204 POR ELETRODEPOSIÇÃO

Foram desenvolvidas técnicas de eletrodeposição visando construir fonte de  $TL^{204}$ , emissor de radiação beta, para medidores de espessura de plástico.

IEA

2.13.11

### ESTUDOS SOBRE DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA

Na indústria, um problema comum é a necessidade de se conhecer o tempo médio em que uma ou várias substâncias permanecem em um recipiente (reatores, silos, autoclaves, moinhos, etc).

O tempo de permanência depende da vazão de entrada, dimensões e geometria do tanque, das condições de alimentação e descarga e das características físicas e químicas dos produtos que transitam. Define-se o tempo de permanência nominal,  $T$ , como o quociente do volume do recipiente  $V$ , pela vazão  $Q$ , do produto que passa por ele.

$$T = \frac{V}{Q}$$

Para treinamento de pessoal, e para as aulas práticas da disciplina Aplicação Industrial de Radioisótopos, montou-se um conjunto para estudo do Tempo de Permanência.

IEA

2.13.12

### ESTUDOS SOBRE DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE MISTURADORES PROCESSOS DE MISTURAS

Para treinamento de pessoal, que frequenta / aulas didáticas da disciplina Aplicação Industrial de Radioisótopos, construiu-se um sistema de tanques, com alimentação intermitente, ligados entre si por canalização de diferentes diâmetros, e acionado por uma bomba com motor de 1/4 HP. Os tanques possuem capacidades para armazenar / 20 litros de líquido, e o diâmetro da canalização varia de 1/16 à 1 polegada. Introduce-se no sistema uma solução radioativa e com auxílio de vários detectores de cintilação, posicionados na saída dos tanques, determina-se o tempo necessário para que haja homogeneização do líquido com a

substância marcada.

Uma determinação "in situ" da eficiência de misturas pôde ser realizada nas Indústrias Químicas Eletro Cloro S/A durante as medições de mercúrio imobilizado nas células eletrolíticas.

#### 7.4.2 - Siderurgia

##### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.07.06

##### RADIOISÓTOPOS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

- Medida do volume de gusa de um alto forno

Tentou-se medir o volume de gusa de um alto forno da USIMINAS, com a finalidade de avaliar o volume da panela formada no fundo pelo desgaste do refratário. Foram utilizados 60 mCi de  $Fe^{59}$ .

A análise dos resultados acusou volume acima do esperado. Por ser pobre a estatística de contagem, tentou-se a repetição da experiência, empregando maior atividade; contudo, o radioisótopo não ficou pronto a tempo para ser utilizado antes da parada do alto forno.

- Controle do desgaste de refratários de altos fornos com pastilhas de  $Co^{60}$

No final de 1969, instalaram-se 32 fontes de  $Co^{60}$  em um alto forno da Acesita, para estudar o desgaste da camada de refratários. Com a mesma finalidade, foram instaladas, em 1970, 30 fontes de  $Co^{60}$  no alto forno da Cia. Ferro Brasileiro. A monitoração periódica vem sendo feita para determinar os perfis do desgaste ao longo do tempo de funcionamento dos altos fornos.

##### B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.13.09

##### ESTUDO DO DESGASTE DE REFRATÁRIOS NO ALTO Forno NO DA COSIPA

Prosseguiram os estudos iniciados em 1970,

visando à instalação das fontes de  $\text{Co}^{60}$  no alto forno da COSIPA. A parada do forno, inicialmente planejada para setembro de 1971, foi transferida para março - abril de 1972.

No decorrer deste ano, realizaram-se ensaios de laboratório, visando estudar o problema da difusão do cobalto, no interior do refratário. Sob efeito das altas temperaturas reinantes no alto forno, o cobalto radioativo pode difundir-se através da fonte selada e contaminar todo o refratário. Para evitar tal problema, utilizou-se uma fonte de cobalto metálico, selada em cápsula de aço inóx. Esta fonte, em seguida, foi revestida com mulita, para que se atenuasse no seu interior os gradientes térmicos. Com esta finalidade, introduziu-se no interior de um tijolo refratário, uma fonte de cobalto radioativo. O conjunto foi submetido a ensaios, em um forno do IPT, até a temperatura de  $800^{\circ}\text{C}$ , em períodos variáveis. Resfriou-se o refratário e verificou-se que, no mesmo, não havia vestígios de radioatividade. Estes ensaios foram repetidos em um período de 4 meses, mostrando que a cápsula de mulita contendo  $\text{Co}^{60}$  no seu interior estava bem vedada, não havendo problema de escape ou difusão da radiação.

Foram revestidas 52 fontes de cobalto, e foi feita distribuição das mesmas no alto forno.

#### 7.4.3 - Gamagrafia

##### A - NO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN

3.05.09

#### PESQUISAS PARA GAMAGRAFIA DE MATERIAIS

O Laboratório de Aplicação de Radioisótopos executou vários trabalhos de gamagrafia industrial nas seguintes organizações:

C.B.M. - Companhia Brasileira de Montagens - serviço de gamagrafia em um vaso de pressão em cerca de 92 m lineares de cordão de solda em chapa de 44 mm de espessura.

C.B.V. - Indústrias Mecânicas - trabalho de inspeção radiográfica por raios gama em soldas de componentes do circuito de sódio.

VARIG - trabalho de inspeção radiográfica / com raios gama em turbinas Pratt & Whitney, tipo JT3D-3B, das aeronaves na Base do Galeão (Boeing 707).

## B - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

- Ensaios não destrutivos pela técnica dos raios gama
  - a) Efetuaram-se gamagrafias em lanças de injeção de oxigênio, construídas de ferro fundido, usinadas, e contendo em seu núcleo 3 orifícios. O principal, tem por finalidade injetar oxigênio nos fornos de fundição da COSIPA e os outros dois são para dar passagem à água de resfriamento, sob pressão. Nas referidas gamagrafias utilizou-se fontes de  $\text{Ir}^{192}$ ,  $\text{Co}^{60}$  e  $\text{Au}^{198}$ .
  - b) Realizaram-se gamagrafias em Placas Combustíveis / com núcleos constituídos por Cernit de óxido de urânio de diversas concentrações. Os ensaios destinam-se a estudos de distribuição do óxido de urânio, levando em conta as diversas tensões de laminação. Utilizou-se fonte de  $\text{Tm}^{170}$ .
  - c) Foram realizadas gamagrafias em discos de alumínio, com a finalidade de se observar a existência de vazios de fundição, trincas, poros, etc. Estes discos seriam utilizados no gerador Van der Graaff. Utilizou-se nos ensaios fontes de  $\text{Ir}^{192}$  e  $\text{Tm}^{170}$ .
  - d) Com a finalidade de observar bolsões de contração, foram ensaiados diversos lingotes de alumínio com núcleos constituídos por briquetes porosos. Utilizou-se fonte de  $\text{Ir}^{192}$ .
  - e) Devido à ampliação do sistema de refrigeração do reator do IEA, gamagrafou-se todas as soldas na tubulação de aço inóx. As junções, em forma de cotovelos, eram constituídas pelo mesmo material e possuem as mesmas dimensões. Neste serviço utilizou-se fontes de  $\text{Ir}^{192}$ .
  - f) Durante o ano de 1971, o IEA manteve intercâmbio com firmas que empregam a técnica da gamagrafia, prestando e colhendo informações técnicas, visando a futuros trabalhos no campo.

- g) Houve contatos com representantes da GENERAL ELECTRIC, Divisão de Materiais Pesados, na cidade de Campinas, São Paulo, para a qual o IEA forneceu informações técnicas sobre cálculos de blindagem e exposição, área de segurança radiológica, revelação de filmes, etc., relativas ao uso de uma fonte de 25 Ci de  $\text{Co}^{60}$ .

## 7.5 - Aplicações na Agricultura

### A - No DEPARTAMENTO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

No corrente ano, desenvolveram-se, mediante convênio com a CNEN, as pesquisas indicadas a seguir:

DPC T  
1.70.02

Foi dado prosseguimento ao programa de controle do "Culex pipiens fatigans", inseto transmissor da feiariose, através da técnica de esterilização dos machos. Os insetos, criados em laboratórios, após irradiação gama pelo Co-60, são semeados nos locais infestados e competem com os não esterilizados na fase de acasalamento.

Também tem sido feita a marcação do inseto com P-32, visando estudar a autonomia de vôo e a dispersão dos insetos nas áreas experimentais.

1.70.11

#### DETERMINAÇÃO DO RADIO DISSOLVIDO EM ÁGUAS BRASILEIRAS

Estão sendo feitas medidas nas águas minerais licenciadas nos estados da Guanabara, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

1.70.03

#### INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO LABORATÓRIO DE ESPECTROMETRIA DE MASSA.

O programa prevê a instalação de um Laboratório de espectrometria de massa, com o fim de estender a possibilidade de pesquisas sobre as variações isotópicas nas águas naturais.

### B - No CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

As atividades relacionadas com o emprego de radioisótopos na agricultura foram desenvolvidas através do Centro de Energia Nuclear na Agricultura ou de convênios estabelecidos pela CNEN com outras instituições, por intermédio de seu Departamento de Pesquisa Científica e Tecnológica.

Entre as pesquisas/tarefas em desenvolvimento executadas, no corrente ano, destacam-se as seguintes:

#### - Setor de Isótopos Estáveis

CENA  
6.04.01

#### ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO NORDESTE BRASILEIRO PELA CONCENTRAÇÃO DOS ISÓTOPOS D e O<sup>18</sup>.

Procurando avaliar a variabilidade dos isótopos  $\text{De}^{18}$  em águas subterrâneas do Nordeste brasileiro, foram analisadas a mostras provenientes das cidades de : Arco Verde, Baturité, Campina Grande, Exu, Gravatá, Jacobina, Jaguaribe, Limoeiro, Lages, Nova Morada, Ouricuri, Patos, Petrolina, Paranamirim, Pau dos Ferros, Queixada, Salgueiro, Sobral, Açu, Crato, Canguaretama, Fortaleza, Iracê, João Pessoa, Morro do Chapéu, Macau, Mossoró, Natal, Petrolina, Recife e Souza.

Foi observada uma variação de  $0,48\text{‰}/00$  a  $-5,12\text{‰}/00$  para  $\text{O}^{18}$  e de  $2,0$  a  $-29,6\text{‰}/00$  para D, em relação ao SMOW. Estas variações naturais indicam que tanto o  $\text{O}^{18}$  como o D poderão ser utilizados, em alguns casos, como traçadores de águas subterrâneas.

CENA

6.04.02

#### COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE ROCHAS CARBONATADAS DA FORMAÇÃO IRATI

As relações  $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$  e  $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$  em calcita e dolomita da formação Irati trazem informações sobre seu ambiente de deposição.

O "banco" da base do Facies Assistência da Formação Irati, no Estado de São Paulo, apresenta uma variação de  $+0,2\text{‰}/00$  a  $-3,1\text{‰}/00$  para  $\text{O}^{18}$  e de  $-0,8\text{‰}/00$  para  $\text{C}^{18}$ , em relação ao PDB-Chicago.

Estes valores são característicos de rochas carbonatadas de água doce. Os dolomitos, que correm em intercalações rítmicas com folhelho betuminoso da parte superior do Facies Assistência, apresentam valores que variam de  $+0,8\text{‰}/00$  a  $-4,3\text{‰}/00$  para  $\text{O}^{18}$  e de  $+13,4\text{‰}/00$  a  $+5,8\text{‰}/00$  para  $\text{C}^{13}$ , que são características de rochas carbonatadas de água salgada. A Formação Irati do Rio Grande do Sul apresenta composição isotópica de água doce.

A semelhança nos valores de  $\text{O}^{18}$  de calcita e dolomita sugere um processo de dolomitização. Com respeito às variações nas relações D/H e  $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$  em água de geodos da província basáltica no Rio Grande do Sul, as análises das concentrações de  $\text{O}^{18}$  e D, realizadas em águas contidas em geodos de calcedônia e quartzo da região do Salto do Jacuí, no Rio Grande do Sul, indicam uma pequena variação nas concentrações isotópicas do fluído, oscilando em torno de  $-5,0\text{‰}/00$  para  $\text{O}^{18}$  e  $-27\text{‰}/00$  para D, em relação ao SMOW. Os geodos estudados foram coletados em solo argiloso proveniente da de composição de basalto cretácio.

Comparações são realizadas com águas juvenis e meteoricas na tentativa de se obter informações complementares sobre

a gênese dos geodos estudados.

#### CENA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DO AR DO SOLO

Foi efetuado um estudo da composição do ar do solo, utilizando-se dois tipos de amostradores e fazendo-se as análises com espectrômetro de massa.

Um dos amostradores foi construído para ser usado em casa de vegetação e o outro amostrador, para ser usado no campo.

No experimento em casa de vegetação, pôde-se constatar, através de análise estatística, que nem a planta nem a cobertura de parafina nos vasos influíram na composição do ar do solo, nas condições estudadas. Em duas épocas diferentes, pôde-se observar a diferença entre o ar atmosférico e o do solo, quanto ao teor em dióxido de carbono. Mostrou-se, também, uma flutuação no teor em  $\text{CO}_2$  com a variação da temperatura. Verificou-se a existência de correlação entre os teores de dióxido de carbono e do oxigênio no decorrer do experimento, encontrando-se um  $r = -0,47$ , significativo a 5%.

No experimento de campo, mostrou-se a variação da composição da atmosfera do solo em profundidade. A pequena variação da temperatura, durante os períodos de amostragem, não permitiu que se observasse variação pronunciada da composição gasosa entre esses períodos, nas profundidades estudadas.

#### CENA MEDIDA DO FRACIONAMENTO ISOTÓPICO CAUSADO PELA EVAPORAÇÃO EM ÁGUAS DO SOLO

O presente trabalho tem por finalidade determinar um método de extração da água do solo para fins de análise de teor de deutério. Para tanto foram montadas um total de oito colunas de solos arenosos e quatro de solos argilosos.

A análise da concentração de D das amostras foi feita por espectrometria de massa.

Com a finalidade de aplicação do método testado, estudou-se a variação de HDO em colunas de solo submetidos à evaporação natural.

Observa-se que o enriquecimento de D é muito rápido quando o solo está saturado.

#### CENA ESTUDO DO FRACIONAMENTO ISOTÓPICO DURANTE A EVAPORAÇÃO DA ÁGUA EM CONDIÇÕES NATURAIS.



O fracionamento isotópico da água, durante a evaporação em condições naturais, depende da umidade média e da concentração isotópica do vapor d'água da atmosfera no local da evaporação. Estes efeitos são observados através do estudo da variação de conteúdo de deutério e oxigênio-18 de amostras d'água de reservatórios em evaporação, relacionando esta variação, com a fração de líquido remanescente: observando, ainda, o teor de isótopos pesados no vapor d'água da atmosfera e valores da umidade relativa média.

Uma aplicação da medida de teor de isótopos pesados de amostras d'água para verificar a evaporação, através do fracionamento durante esse processo, é feita em amostras d'água de açudes da região do Nordeste do Brasil.

CENA 6.04.03 CONCENTRAÇÃO DOS ISÓTOPOS O<sup>18</sup> e D NAS PRINCIPAIS BACIAS PLUVIAIS DO BRASIL

No momento, estão sendo coletadas amostras dos seguintes rios:

- Amazonas: amostras d'água do rio Amazonas e seus principais afluentes estão sendo coletadas em 50 localidades diferentes, com auxílio da ENASA, FAB, INPA e EEA.

- São Francisco: amostra deste rio estão sendo coletadas em duas localidades, Petrolândia e Petrolina, em um trabalho de colaboração com a Divisão de Hidrologia da SUDENE.

- Paraíba: estão sendo coletadas amostras nos rios Paraíba, Grande e Paraná.

- Amostras d'água de rios, tais como o Uruguai, Paraguai, Ribeira, etc., estão sendo coletadas esporadicamente. Parte das amostras coletadas já foram analisadas, para conhecer-se as concentrações em D e O<sup>18</sup>.

CENA 6.04.04 PRODUÇÃO DE (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ENRIQUECIMENTO EM N<sup>15</sup>

Procurando conhecer os parâmetros que influem no fracionamento isotópico entre N<sup>15</sup> e N<sup>14</sup> em resinas de troca iônica, colunas de resina foram montadas em série e os diversos fatores que podem influenciar nesse fracionamento foram estudados.

Numa primeira etapa, utilizando-se apenas uma coluna de 1,50 e uma banda de 20cm, conseguiu-se obter amostras com 1,0% de N<sup>15</sup>. Numa segunda fase conseguiu-se um enriquecimento de até 6,5%.

Uma vez estabelecidos os parâmetros mais im

portantes, um esforço será desenvolvido no sentido de se obter  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  enriquecido em 4% em  $\text{N}^{15}$  para ser utilizado em trabalhos de experimentação agrícola com traçadores de  $\text{N}^{15}$ . Este enriquecimento tem-se demonstrado nos trabalhos até agora desenvolvidos, como sendo suficiente para maioria das pesquisas que este Centro está empenhado em desenvolver.

- Setor de Bioquímica Vegetal

CENA

6.03.02

### INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Plantas de ervilha, de 3 dias de idade, germinadas de sementes, submetidas à radiação gama e à cisteína, isoladamente, mostraram aumento no conteúdo de proteínas solúveis e atividades de peroxidase. O efeito biológico da combinação radiação X cisteína diminui as alterações provocadas no nível enzimático, tendendo a uma normalização dos efeitos isolados de cisteína e da radiação. Medidas histológicas do caule relacionadas com a ação biológica de peroxidase, permitem concluir, por enquanto, que nas alterações metabólicas estão implicados hormônios de crescimento que regulam o conteúdo de matéria prima para o aumento, em espessura, do caule.

CENA

6.03.01

### TRANSFORMAÇÕES METABÓLICAS DE AMINOÁCIDOS EM PLANTAS

O objetivo principal dessa pesquisa é o de estudar as interrelações entre os aminoácidos do ciclo ornitina-uréia, quais sejam: arginina, ornitina e citrulina, e suas respectivas aminas: agmatina, putrescina e N-carbamilputrescina. Essas aminas são produzidas por descarboxilações daqueles aminoácidos, quando as plantas estão deficientes em potássio. Essas interrelações estão sendo estudadas em gergelim (*Sesamum sp*) cujos "seedlings", uma vez formados, foram deixados para absorverem cada um dos aminoácidos acima citados, marcados com  $^{14}\text{C}$ . Nos extremos das plantinhas dosaram-se as aminas e os aminoácidos correspondentes, encontrando-se uma elevada incorporação de  $^{14}\text{C}$  em putrescina, independente dos aminoácidos utilizados. Como se está procurando uma relação mais íntima entre os aminoácidos e as aminas, com o potássio, a situação atual da pesquisa está na fase de separação de uma enzima crucial para o ciclo de ornitina, que é a arginase. Em seguida procurar-se-á estudar a influência do K nessa reação.

CENA

6.03.03

### METABOLISMO DE ACETATO $^{14}\text{C}$ em CAFÉ

Sementes de café foram germinadas em areias lavada, ao escuro, e, após 20 dias, os "seedlings" foram deixados desenvolverem-se à luz. Cerca de 45 dias após a germinação, já no estado "orelha de onça", os "seedlings" foram colhidos, picados e

incubados, seja com acetato  $^{14}\text{C}$  ou acetato-2  $^{14}\text{C}$ , por vários intervalos de tempo, a  $28^\circ\text{C}$ , em banho metabólico, com agitação. Em cada tempo experimental, o material fresco foi extraído e no extrato foram feitas dosagens de proteínas solúveis, proteínas insolúveis e aminoácidos. Atualmente processa-se a montagem dos radiocromatogramas e dosagem de radioatividade.

- Setor de Fertilidade do Solo

CENA  
6.02.03

ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA DO TRIGO UTILIZANDO  $\text{N}^{15}$  E  $\text{P}^{32}$  NO SOLO E NAS FOLHAS.

Eficiência da conversão de fertilizante nitrogenado em proteína no trigo em grão, em função da época de aplicação, utilizando  $\text{N}^{15}$ .

Como fontes de  $\text{N}^{15}$  foram utilizados: nitrato de amônio ( $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  e  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ) e uréia ( $^{15}\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>CO e a variedade de trigo plantada foi IAS-51).

De cada fonte foi aplicado 120 kg/ha de N nas seguintes épocas:

- a) tudo no plantio
- b) metade no plantio e o restante em cobertura, um mês após
- c) com 6 parcelamentos (20 kg/ha de cada vez).

Todas as aplicações já foram feitas, faltando a colheita. Serão determinadas as percentagens de N no grão proveniente do fertilizante aplicado nas diferentes épocas e, conseqüentemente, ter-se-á a eficiência na conversão do fertilizante em proteína.

Influência de 3 fontes de  $\text{N}^{15}$  e interação com o fósforo no trigo.

Foram utilizados nitrato de amônio  $^{15}\text{N}$ , uréia  $^{15}\text{N}$  e sulfato de amônio  $^{15}\text{N}$ .

No plantio, as fontes foram aplicadas a lanço e incorporadas ou aplicadas em faixa. No perfilhamento, o nitrogênio foi aplicado em cobertura. O fósforo (superfosfato  $\text{P}^{32}$ ) foi aplicado no plantio a lanço e incorporado, aplicado em faixa e/ou junto com as sementes.

Amostras serão retiradas em dois estágios para fins de análise, tanto na palha como no grão. Este experimento foi instalado em Pelotas (RS) e foi utilizada a variedade IAS:52.

Efeitos da aplicação de uréia no solo e nas folhas na absor

ção do nitrogênio pelo trigo, na produção e no teor de proteína no grão.

O experimento está sendo conduzido na Estação Experimental de Vila Velha, Ponta Grossa (PR). Foram usadas duas doses: 60 e 90 kg/n/ha. As aplicações das doses foram efetuadas em 3 épocas: toda no plantío; toda no perfilhamento e toda no plantio e no perfilhamento. A variedade de trigo utilizada foi IAS-31. Foram retiradas amostras periodicamente para posteriores análises químicas no nitrogênio. Na época da colheita, serão feitas análises de nitrogênio na palha e no grão.

#### Ensaio de fontes de nitrogênio em trigo

Utilizaram-se 5 fontes de nitrogênio (sulfato de amônio, uréia, nitrato de sódio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio) e duas variedades de trigo (S-12 e LA-1434). O nitrogênio (75 kg/ha) foi aplicado metade no plantio juntamente com fósforo (60 kg/ha de  $P_2O_5$ ), na forma de superfosfato simples e potássio (30 kg/ha de  $K_2O$ ) na forma de KC1. O restante de N foi aplicado no perfilhamento. No decorrer do experimento e na colheita foram retiradas amostras de plantas para posteriores análises químicas dos macronutrientes e alguns micronutrientes. Nos grãos serão determinados os teores de proteínas. Estão se realizando em colaboração com o Centro de Tecnologia Alimentar do Ministério da Agricultura, a determinação das qualidades panificadoras. Na produção de trigo em grão não houve diferença significativa entre as fontes. O experimento foi instalado na Estação Experimental do IAC em Capão Bonito (SP).

#### Ensaio doses de N em 4 variedades de trigo

Foram utilizadas as seguintes doses de N: 0, 40, 80 e 120 kg/ha e as variedades de trigo: S-12 e S-33, Albatroz e La-1434. A fonte de N utilizada foi sulfato de amônio, aplicado metade no plantio e o restante no perfilhamento. Todos os tratamentos receberam 60 kg/ha de  $P_2O_5$  (superfosfato simples), 30 kg/ha de  $K_2O$  (KC1) e 4,5 t/ha de calcário.

Procedeu-se a amostragem periódicas de plantas para fins de análises químicas de macronutrientes e alguns micronutrientes.

O experimento foi instalado na estação experimental do IAC em Capão Bonito (SP).

- Adubação N x P x K em trigo

Para estudar o efeito residual das adubações anteriores, realizou-se um experimento fatorial  $3 \times 2 \times 2$ , constando de 3 doses de N 930, 60 e 90 kg/ha, 2 doses de P (60 e 120 kg/ha de  $P_2O_5$ ) e duas doses de K (0 e 60 kg/ha de  $K_2O$ ). As fontes utilizadas foram sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. O P e o K foram aplicados juntamente com metade do nitrogênio na semeadura e o restante do N no perilhamento.

No decorrer do experimento efetuaram-se amostragens periódicas para determinação de macro e alguns micronutrientes.

Efeitos de fontes de nitrogênio sobre absorção do fósforo pelo trigo utilizando superfosfato  $P^{32}$  e o fósforo diamônio -  $P^{32}$ .

Foram utilizadas três fontes de nitrogênio (sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia) e uma fonte combinada, que é o fósforo diamônio -  $P^{32}$ . Cada uma das 3 fontes mencionadas foi colocada juntamente com o superfosfato -  $P^{32}$ , na semeadura.

As plantas foram cortadas e foram feitas as determinações de  $P^{32}$  e  $P^{31}$ , como também de nitrogênio total. Os dados estão sendo analisados.

Efeito do ácido 2,4 - Diclorefenoxiacético (2,4-D) na absorção do fósforo ( $P^{32}$ ) pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) e a sua distribuição na planta (Tese de Mestrado).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes concentrações de 2,4-D na absorção de fósforo -  $P^{32}$  pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) no estado de 3 folhas e a sua distribuição na planta.

Foram realizados quatro ensaios em vaso, conduzidos em casa de vegetação, com quatro repetições.

No primeiro ensaio, as plantas foram cortadas 8 horas após a pulverização do herbicida. No segundo, terceiro e quarto ensaios, após 41, 26 e 50 horas, respectivamente; em cada um dos ensaios foram aplicados 4 doses de 2,4-D: 0, 1000, 2000 e 4000 ppm e uma solução contendo  $P^{32}$ .

Os dados obtidos mostraram que: o 2,4-D afetou a absorção do fósforo e a sua distribuição na planta.

A tendência, nos quatro ensaios, foi de que as doses utilizadas estimularam a absorção do fósforo pelo trigo, a qual foi decrescendo com o decorrer do tempo.

A distribuição do fósforo foi, de modo geral, estimulada, decrescendo com o decorrer do tempo. No terceiro ensaio, quando as plantas foram pulverizadas com 2000 e 4000 ppm de 2,4-D, a distribuição foi prejudicada, sendo maior naquelas plantas não tratadas com o herbicida.

- Setor de Radiogenética

CENA  
6.05.01

#### OBTENÇÃO DE MUTANTES ECONÔMICOS DE ARROZ, POR MEIO DE IRRADIAÇÃO E TRATAMENTO QUÍMICO

Em 1971, tratamentos de combinação de raios-gama, cisteína e NMH (nitroso-metil-uréia) ou NEH (nitroso-etil-uréia) foram conduzidos, a fim de se observar os efeitos de combinação de tratamentos. Foram protocoladas a germinação, a altura das plântulas, a sobrevivência no campo e a fertilidade das panículas M1. Os resultados mostram que a cisteína protege, de fato, as sementes irradiadas com raios-gama, principalmente na altura das plântulas e na fertilidade. Foi observada, também, uma interação negativa entre os tratamentos com cisteína e com compostos nitrosos, aumentando, entretanto, a frequência de mutação de clorofila em M2 (quando foram combinados raios-gama, cisteína e EMH).

Foram também realizados outros trabalhos, tais como:

Mutações induzidas em duas espécies de eucalyptus: "E. grandis" e "E. microcorys".

No presente trabalho, pesquisou-se a metodologia do emprego da radiação gama na obtenção de mutantes para *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden e *E. microcorys* F-V.M.

Estudou-se, principalmente, os efeitos da radiação gama sobre a sobrevivência e o desenvolvimento das plantas.

Verificou-se que o aumento gradativo das dosagens de radiação gama, recebidas pelas sementes, causa um decréscimo gradativo na percentagem de plantas sobreviventes. A radiação gama causa, também, um efeito prejudicial pós-germinativo, que se manifesta pela morte das plantas. Verificou-se que, nos tratamentos com dosagens altas de radiação gama, o número de mudas que morreram foi maior do que nos tratamentos com baixas dosagens.

Com base nos resultados das contagens do número de plantas sobreviventes, determinaram-se os tratamentos com radiação gama que podem ser indicados para um programa de indução de mutações, para as duas espécies estudadas de *Eucalyptus*.

Aos 45 e aos 60 dias após a semeadura foram realizadas medições das alturas das plantas. Estas medições serviram para verificar que com o aumento das dosagens de radiação gama recebida pelas sementes de eucalypto, menor será o desenvolvimento das plantas. Verificou-se, também, por estas medições que, quanto maior a dosagem de radiação gama recebida pelas sementes, tanto maior será a variabilidade da altura das plantas originadas dessas sementes. No entanto, essa maior variabilidade na altura das plantas é simples resposta de alterações fenotípicas e não efeito de mutações gênicas; as mutações gênicas, sendo na maioria recessivas, irão manifestar-se na geração M2.

Foram observadas plantas com quimeras albinas, folhas e ramos deformados, sendo que estas particularidades provavelmente também são alterações fenotípicas e não efeito de mutações gênicas.

- Efeitos de radiação sobre o vigor de híbrido em milho.

Este trabalho visou a estabelecer o efeito de uma dose pré-determinada (3.700 r) de raios-gama, sobre o vigor de híbrido simples de milho. Para isto, híbridos simples provenientes de linhagens dura e dentada irradiadas, fo

foram comparados com híbridos simples provenientes de linhagens não irradiadas. Vários caracteres agrônômicos de importância, como produção, número de espigas, peso de 100 grãos, etc., foram utilizados nessas comparações. Alguns resultados de interesse foram obtidos, como por exemplo o aumento no número de espigas e na produção de híbridos provenientes de pais irradiados. Ainda para estes híbridos e caracteres, verificou-se um aumento na heterose. Como o híbrido comercial é o híbrido duplo, será de interesse a verificação do comportamento dos híbridos duplos obtidos a partir de pais irradiados.

C  
6

- Setor de Entomologia

CENA  
6.06.04

INFLUÊNCIA DE FATORES ECOLÓGICOS ALIADOS À RADIAÇÃO GAMA NA BIOLOGIA DE SITOPHILUS ZEAMAI MOTS

CI  
6.

Sendo um inseto extremamente comum em nosso ambiente, o Sitophilus Zeamais Mots é tido como a praga número um do milho armazenado.

Realizou-se um estudo completo visando a informações sobre os efeitos da temperatura, umidade, oxigênio, bióxido de carbono, nitrogênio, taxa da dose de radiações gama, etc., determinando-se qualitativa e quantitativamente os parâmetros, assim como uma estimativa de custo em escala comercial.

CE  
6.0

CENA  
6.06.01

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, LUZ, UMIDADE E RADIAÇÃO GAMA NA BIOLOGIA DE ZABROTES SUBFASCIATUS (BOH.)

Em trabalhos anteriores, já foram determinadas com detalhe as doses de esterilização de Zabrotes subfasciatus (Boh.), para temperatura ambiental. Estuda-se agora a influência da temperatura antes e após a irradiação, a fim de se determinar os efeitos sinérgicos da temperatura em relação à radiação gama.



CENA  
6.06.02

DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA OS DI  
VERSOS ESTÁGIOS DO CARUNCHO DO FEIJÃO ACANTHOC  
CELIDES OBTECTUS SAY

A espécie *Acanthocelides obtectus* Say é para  
o feijão *Phaseolus vulgaris* L. em climas temperados a se  
gunda praga em importância.

Atualmente, por atraso das obras das cama  
ras climatizadas, a criação está sendo feita precariamente  
em pequenas estufas nas quais é praticamente impossível  
controlar a umidade relativa.

Mesmo assim, a população vem sendo aumen  
tada para posteriormente serem realizados os testes de irra  
dição.

CENA  
6.06.03

INFLUÊNCIA DOS FATORES ECOLÓGICOS ALIADOS À RA  
DIAÇÃO GAMA NA BIOLOGIA DE *SITOPHILUS ORYZAE* L.

A criação de *Sitophilus Oryzae* L. vem sendo  
dificultada pela falta de ambientação adequada. Espera-se  
que esta venha a ser alcançada brevemente, para que se obtenha  
uma população suficiente para o desenvolvimento do projeto.

CENA  
6.06.05

OBTENÇÃO DA DOSE DE ESTERILIZAÇÃO PARA O CARUN  
CHO DAS TULHAS *ARAECERUS FASCICULATUS* DeGeer.

Embora a população de *Areacerus fascicula*  
tus se desenvolva perfeitamente em armazéns de café, sua  
criação em condições de laboratório é dificultada pelo desen  
volvimento de fungos e ácaros, favorecidos pelas condições  
de temperatura (30°C) e umidade (90%) necessárias para a  
referida criação. Alguns testes de esterilização foram po  
rém possíveis, obtendo-se o valor de 8 krad, dose esta rela  
tivamente baixa quando comparada com as doses necessárias  
para o mesmo fim, no caso de outras visitas.

## 7.6 - Aplicações na Química Analítica

### A - No INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

8.

Realizaram-se pesquisas e fizeram-se análises em métodos por ativação neutrônica (V. 4.02.04 e 4.02.07 em 2.2 - QUÍMICA). Graças à análise por ativação, um grande número de problemas analíticos pôde ser resolvido. Fizeram-se, assim, determinações nos materiais mais diversos, como resíduos industriais, minerais, águas de a bastecimento, poluentes, vegetais etc.

Os elementos determinados maior número de vezes foram Mn, Cu, Al, As, Au, etc.

8.        SEGURANÇA E RADIOPROTEÇÃO

8.1	<ul style="list-style-type: none"><li>- NORMALIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO<ul style="list-style-type: none"><li>8.1.1 - Estabelecimento de Normas de Segurança e Radioproteção</li><li>8.1.2 - Dosimetria e Blindagem<ul style="list-style-type: none"><li>8.1.2.1 - Dosimetria</li><li>8.1.2.2 - Blindagem</li></ul></li></ul></li></ul>
8.2	<ul style="list-style-type: none"><li>- RADIOPROTEÇÃO<ul style="list-style-type: none"><li>8.2.1 - Proteção Radiológica do Pessoal</li><li>8.2.2 - Segurança das Instalações</li><li>8.2.3 - Controle de Materiais Radioativos</li><li>8.2.4 - Tratamento de Rejeitos</li><li>8.2.5 - Descontaminação</li></ul></li></ul>
8.3	<ul style="list-style-type: none"><li>- CONTROLE AMBIENTAL<ul style="list-style-type: none"><li>8.3.1 - Radioatividade Natural</li><li>8.3.2 - No Controle do "Fall-Out"</li><li>8.3.3 - Controle Ambiental para Centrais Nucleares</li><li>8.3.4 - Controle Ambiental para Reatores de Pesquisa</li></ul></li></ul>

8.

## SEGURANÇA E RADIOPROTEÇÃO

### 8.1 Normalização e Padronização

#### 8.1.1 Estabelecimento de Normas de Segurança e Radio proteção

A - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.08.01

### PROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES

O IPR elaborou e apresentou à CNEN a proposta de "Normas de Licenciamento, Registro e Notificação para Uso de Radionuclídeos", que posteriormente passaram a constituir o volume nº 2 da Coleção "Segurança e Radioproteção da CNEN" (CNEN-SR.2).

Em resumo, tais normas apresentam estas principais características:

- estabelecem um processo de licenciamento de usuários de radionuclídeos e respectivas instalações;
- prescrevem as regras gerais aplicáveis aos usos de radionuclídeos em todo o território nacional;
- regem o licenciamento, registro e notificação, assim como as isenções de requisitos de licença, de acordo com a Lei nº 4.118/62 e sua regulamentação posterior, e conformidade com a proposta de "Normas Básicas de Segurança para Proteção contra as Radiações", sugeridas, em 1970, para constituírem o volume nº 1 da Coleção "Segurança e Radioproteção da CNEN" (CNEN-S. R. 1).

As linhas mais importantes dessas Normas abrangem os itens abaixo:

- disposições gerais e isenções;
- normas gerais de licenciamento, abrangendo termos, condições e requisitos gerais para licenças específicas;
- normas especiais de licenciamento para radiologia industrial, usos humanos e exportação de radionuclídeos;

- requisitos de assentamentos, inspeções e ensaios;
- disposições sobre vigência, infrações e disposições transitórias;
- formulários para requerimentos e emissão de licenças;
- requisitos para qualificação de pessoal, currículos e procedimentos de controle radiológico.

#### 8.1.2 - Dosimetria e Blindagem

##### 8.1.2.1 - Dosimetria

### A - NO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.09.01

ESTUDOS COMPARATIVOS DE FILMES DOSIMÉTRICOS, DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES E RADIOFOTOLUMINESCENTES.

#### DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES

No IEA, continuou-se o estudo de dosímetros termoluminescentes com vista à sua futura implantação nesse Instituto. Realizaram-se estudos comparativos de dosímetros de filme, de termoluminescência e de radiofotoluminescência, para verificação das respostas relativas dos dosímetros em condições práticas de uso, isto é, na monitoração do pessoal, onde as condições de irradiação e de ambiente são as mais variadas possíveis. Estes estudos concluíram que os materiais TL possuem maior poder de detetabilidade que os RFL e os filmes, e a reprodutibilidade, para baixas exposições, é maior para o  $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ , vindo em seguida, o "hot press", o TLD-100, os vidros RFL e os filmes, nessa ordem.

Tomando-se como base de operação o  $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ , material mais sensível e mais reprodutível, como base de comparação, 20 entre 29 dosímetros de TLD-100 concordaram com as leituras de sulfato de cálcio dentro de 30%, 13 dos 29 vidros RFL, concordaram também, dentro de 30%, entretanto, somente 3 entre 29 filmes tiveram esse mesmo comportamento.

Em cooperação com o Instituto Central do Câncer, com o Instituto de Radioterapia Oswaldo Cruz e com o Centro de Medicina Nuclear, foram feitos estudos da aplicação da dosimetria TL em medicina, relatados a seguir.

- Realizada a medida da distribuição da dose na superfície do paciente, num campo alargado da bomba de cobalto do Hospital A.C. Camargo. Foram, em seguida, preparadas sondas para conter micro-"rods" de LiF:Mg, inseridas em 9 pacientes, e submetidas ao controle de localização e subsequentemente irradiadas. Após a irradiação de pacientes, os micro-rods foram retirados, lidos e comparados com o cálculo teórico das doses esperadas. A diferença não superou 10%. Foi também efetuada a dosimetria em cadáver recente para complementar a dosimetria "in vivo", particularmente no centro da axila e nos gânglios cervicais.
- Efetuado o estudo de espectros dos radioisótopos mais usados na medicina (I-131), Hg-203, Tc-99m, Au-198, Cr-51 e Co-57), usando o fantoma de tireóide cheio de radioisótopos em solução aquosa, e sob forma de NaI no caso de I-131.

Esse estudo foi feito com e sem o colimador. Foram feitas ainda, medidas "in vivo" em diversos pacientes, com o detetor sobre o bócio. O uso do analisador multicanal serviu para eliminar alguns picos que apareceram aleatoriamente. Foram obtidos os espectros de Hg-203 - Coloromedrin em condições semelhantes às que foram usadas para o I-131.

## B - NO LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA

LD

1. 73. 04

### ASSISTÊNCIA TÉCNICA E PESQUISA EM DOSIMETRIA CLÍNICA SERVIÇOS REGIONAIS DE DOSIMETRIA.

O LD está organizando o controle dos serviços de radioterapia.

Considerando um melhor rendimento, as dimensões continentais do País indicam, como solução mais objetiva, a criação de Serviços Regionais de Dosimetria, com funções bem definidas e que permitirão uma assistência mais imediata dando-lhes, em consequência, a melhoria considerável de suas condições em relação a pacientes, técnicos e médicos.

Entre as atividades previstas para os Serviços Regionais de Dosimetria destacam-se:

- Todos os aspectos da Dosimetria Clínica;
- Colaborar na planificação dos tratamentos;
- Todos os aspectos físicos da Proteção Radiológica;
- Todos os aspectos físicos do uso de Radioisótopos;
- Supervisão das condições de funcionamento de equipamentos radioterápicos;
- Manutenção da aparelhagem de medida.

Acha-se em fase de conclusão um manual de dosimetria clínica, onde essas atividades são apresentadas detalhadamente.

Serviços Regionais em Belém, Fortaleza e Recife encontram-se em fase de implantação, recebendo assistência direta do Laboratório de Dosimetria.

### LABORATÓRIO DE PADRONIZAÇÃO

Visando à criação de laboratórios de padronização secundários, o LD desenvolveu considerável esforço, em colaboração com o G.S.F. Alemão (Munich), cujos resultados são enumerados a seguir:

- a) aquisição de dosímetros calibrados, recomendados por laboratórios primários de padronização;
- b) instalação de um aparelho Stabilipan 2/250 KV nas novas dependências do Laboratório, na baixada de Jacarepaguá;
- c) estudo de efeitos de colimadores e blindagem, na contaminação do feixe;
- d) desenvolvimento de técnicas de intercomparação de doses;
- e) estabelecimento de um programa detalhado, que receberá assistência estrangeira.

As atividades da Divisão de Calibração estão em pleno funcionamento em 1972, podendo os seus serviços serem oferecidos à América Latina, AIEA e OMS.

## C - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4. 08. 01

### PROTEÇÃO CONTRA AS RADIAÇÕES

Realizaram-se calibrações das novas emulsões, e de acordo com as necessidades, distribuíram-se dosímetros de bolso e de cristais termoluminescentes a técnicos do Instituto.

#### 8.1.2.2 - Blindagem

IEA

2. 09. 02

### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

#### CÁLCULO DE BLINDAGEM

Foram realizados estudos das Técnicas usadas para o cálculo de blindagem de fontes radioativas de vários emissores de radiação gama.

Efetuuou-se o cálculo para blindagem do tanque de retenção, para decaimento da água da piscina, do reator IEA-R1, bem como o cálculo da blindagem para transporte de 500 mg de  $U_3O_8$  enriquecido de U-235 a 93%, irradiado no reator -IEA -R1 no período de 3 dias de 8 horas diárias, e deixado decair 64 horas antes do transporte.

#### 8.2 - Radioproteção

##### 8.2.1 - Proteção Radiológica do Pessoal

## A - NO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2. 09. 02

### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

A proteção radiológica do pessoal do IEA é feita através de dosímetros radiográficos. Para as pessoas que sofrem uma maior dose de radiação e cujo trabalho apresenta maior perigo potencial quanto a acidentes, além do dosímetro radiográfico, entrega-se o dosímetro de bolso. A 80 pessoas que sofrem maior radiação foi entregue, em 1971, um terceiro dosímetro termo-luminescente e radiofotoluminescentes, com o intuito de comparar sua resposta com aquele do dosímetro radiográfico.



A Fig. 8.1 indica a estatística de filmes revelados mensalmente desde 1º de janeiro até 31 de dezembro.

Para o pessoal que trabalha em entidades externas, o controle é feito através da dosimetria radiográfica.

Foi iniciada este ano a dosimetria interna, com a realização de análises na urina, a fim de se determinar a quantidade de urânio incorporada pelo pessoal da DEQ, principalmente aquele que trabalha na usina-piloto de purificação de urânio. Nas 460 determinações de urânio efetuadas em 230 amostras, constatou-se que os níveis de urânio nas usinas estão bem abaixo do permitido.

IEA

2.09.01

ESTUDOS COMPARATIVOS DE FILMES DOSIMÉTRICOS; DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES E RADIOFOTOLUMINESCENTES

#### DOSIMETRIA TERMOLUMINESCENTES

Concluiu-se a comparação das diferentes técnicas de dosimetria, sendo que os resultados da termoluminescência foram satisfatórios, razão pela qual, em 1972, estes dosímetros serão distribuídos a todos os funcionários do IEA.

- Dosimetria de bolso - Foram distribuídos e recolhidos, semanalmente, 96 dosímetros de bolso. Após cada recolhimento, os dosímetros são lidos e recarregados. Isto feito, são enviados relatórios às várias divisões e serviços usuários. O número total de dosímetros distribuídos, recolhidos, lidos e recarregados foi de 4.608.
- Dosimetria interna - Foram feitas 150 análises em duplicata, e a concentração máxima de urânio encontrada foi de 90 ug por litro de urina, bem inferior ao máximo permissível que é de 1500 ug.

Em 1971, o controle de visitantes registrou um total de 351 pessoas.

#### B - NO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

IEN

3.08.05

MONITORAÇÃO PESSOAL E ANÁLISES AMBIENTAL

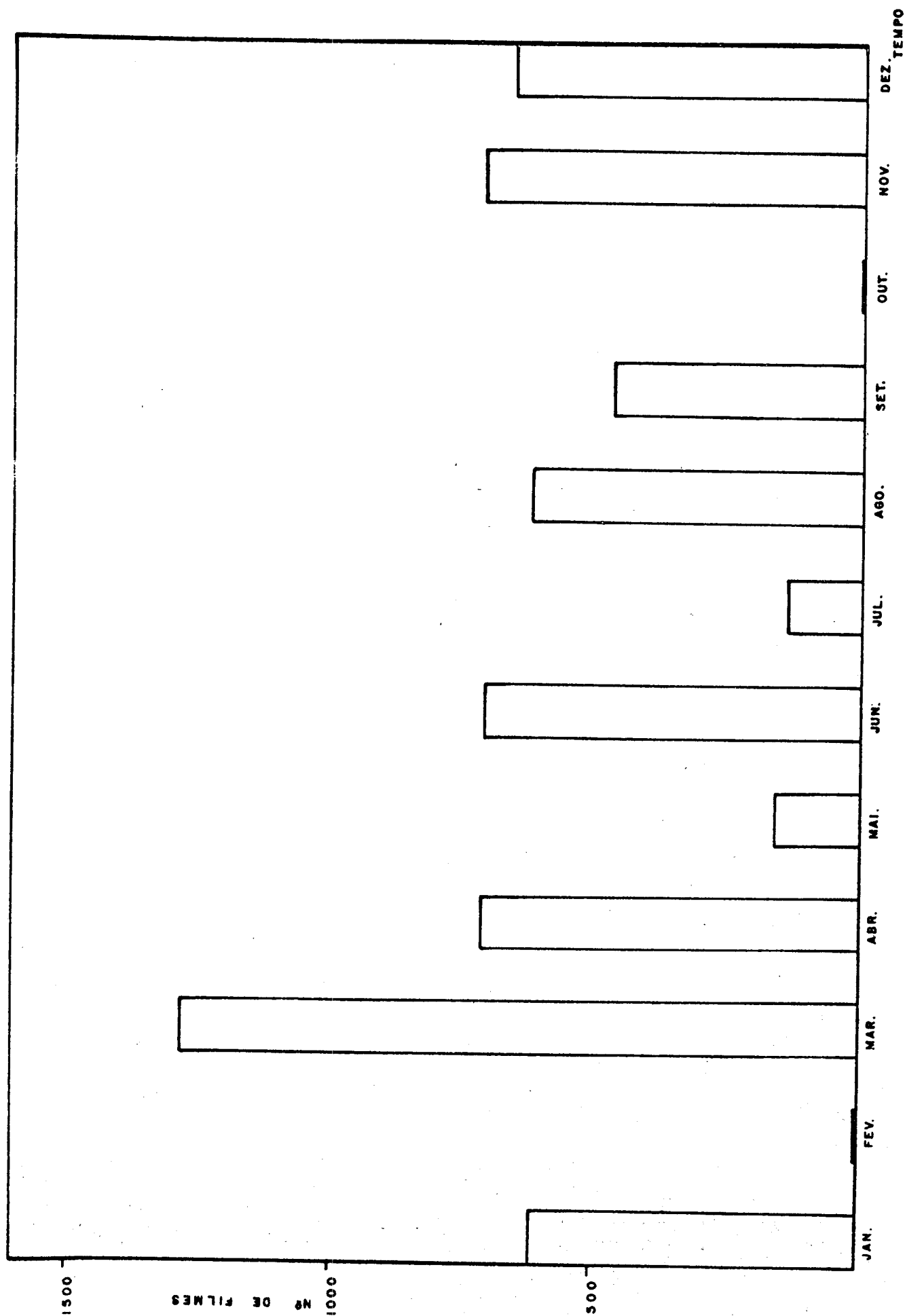


FIG. 8.1- FILME DOSIMÉTRICO REVELADOS NO IEA EM 1971

Procedeu-se a fiscalização diária das doses recebidas por indivíduos que trabalham em áreas controladas, por intermédio de dosímetros de bolso e filmes dosimétricos de uso individual. Cerca de 1.080 filmes dosimétricos foram utilizados nessa finalidade.

Realizou-se o controle de doses acumuladas através de fichas individuais; a monitoração do salão do reator, com um total de 342 medidas; o controle dos rejeitos radioativos; a verificação do decaimento da radiação gama no reator; bem como 198 testes dos monitores gama dos reatores.

Procedeu-se às aferições dos instrumentos portáteis para medidas de alto nível de radiação gama no núcleo do reator.

#### C - NO INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

IPR

4.08.01

##### PROTEÇÃO CONTRA AS RADIAÇÕES

Em 1971, o Laboratório de Dosimetria Fotográfica distribuiu 5.390 filmes dosimétricos, bem como processou, leu, interpretou e divulgou os resultados das doses de radiação de 4.895 daqueles filmes, utilizados pelo pessoal do IPR e de trinta outras instituições.

Prosseguem os trabalhos de rotina do Setor de Controle de Níveis e Doses de Radiação, a fim de assegurar a implantação e cumprimento das Normas de Segurança e Radioproteção, tanto no IPR quanto em outras instituições.

Realizaram-se levantamentos radiométricos em diversas clínicas, hospitais e consultórios médicos particulares.

#### D - NO LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA

LD

1.73.05

##### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

As atividades do LD, neste setor, visam principalmente, à proteção do indivíduo, em face do risco ocupacional no ciclo da produção de urânio, a começar pelos trabalhos de prospecção em Poços de Caldas. Com tal finalidade elaborou-se:

- Código de prática, a ser cumprido pelo pessoal empregado nesta atividade;
- Métodos de medida de radioatividade no ar e no meio ambiental;
- Inspeções periódicas de controle e treinamento a estas instalações;
- Implantação de dosimetria individual;

Os resultados, embora imediatos, só se farão sentir após alguns anos, porque a consequência da não observância dos pontos acima resultará uma maior incidência de casos de câncer de pulmão no pessoal empregado nesta atividade.

Em consequência, deve-se verificar a correta aplicação dos itens acima e desenvolver métodos de maior sensibilidade que levem a um melhor aproveitamento do pessoal, com maior segurança.

- Monitoração no LD e de usuários externos

Foram igualmente realizados a monitoração individual e o controle de níveis de radiação nos ambientes de trabalho do LD e de usuários externos.

Para a monitoração individual, foram empregados dosímetros tipo "dosímetro Radiográfico", que são preparados, enviados aos usuários, calibrados e processados no Laboratório. Atualmente, atende-se a 28 instituições diferentes, tais como, hospitais e universidades. Este serviço foi implantado em meados de 1971, tendo saído, presentemente, da fase experimental para a de rotina.

Quanto à monitoração dos ambientes de trabalho, foram utilizados monitores portáteis e dosímetros termoluminescentes. Atualmente, dispõe-se de sistema leitor para tais dosímetros e de cerca de 1000 dosímetros de diferentes tamanhos para diversas aplicações. Também está se estudando a possibilidade de emprego de material termoluminescente produzido no Brasil, visando a substituição do dosímetro Radiográfico por este outro tipo, principalmente pelas vantagens que oferece quando comparado aos filmes.

IB

5.02.01

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

- PROTEÇÃO RADIOLÓGICA: DOSAGEM DE RADÔNIO

As atividades foram dirigidas visando à montagem, padronização e otimização de sistemas de contagem de baixa atividade e de espectroscopia gama para servir a objetivos específicos do programa de Proteção Radiológica e Controle da Contaminação Ambiental.

Foi construído e colocado em operação um sistema de dosagem de  $Ra^{226}$  pelo método de emanção de Radônio-222, baseado na absorção deste gás em carvão ativado a  $-80^{\circ}C$ , transferência do  $Rn^{222}$  por fluxo de hélio para câmara de cintilação e radiometria alfa. A sensibilidade do sistema é de 0,01 pCi e o método foi utilizado para analisar o  $Ra^{226}$  em vários materiais biológicos.

Com a finalidade de utilização na medida de torônio e descendentes, em ambientes industriais, foi construído um sistema de retenção de  $Rn^{220}$  em carvão ativado e  $Pb^{212}$  e descendentes em filtros de papel. No primeiro caso, a radiometria é realizada por espectroscopia gama e no segundo por cintilometria alfa. O cálculo da atividade  $Pb^{212}$  na atmosfera é realizado após correção de crescimento do  $Bi^{212}$  e decaimento do  $Pb^{212}$ .

Para utilização na medida de radônio em ambientes industriais e minas subterrâneas, está sendo aperfeiçoado um detector portátil (dosímetro) para o  $Rn^{222}$ . O aparelho se baseia na difusão passiva do ar contaminado com  $Rn^{222}$ , coleta eletrotática de seus produtos de decaimento sobre sulfato de zinco e impressão fotográfica da cintilação induzida por partículas alfa. A calibração preliminar do instrumento demonstrou falhas na lei de reciprocidade em emulsão fotográfica, introduzindo erros que têm que ser determinados e compensados. A avaliação desses erros vem sendo realizada por emprego de fontes emissoras de alfa, de atividade conhecida.

- Operários de Usina de Processamento de Areia Monazítica

a) Consequências Biológicas

Foram realizados estudos com o objetivo de detectar possíveis alterações cromossômicas em operários de uma usina de processamento de areia monazítica, trabalhando em um ambiente de "back-ground" radioativo mais alto que o normal, porém em níveis abaixo dos máximos permitíveis. A análise citogenética realizada em linfócitos de sangue circulante é capaz de revelar alterações cromossômicas somáticas, não sendo, portanto, medida do efeito genético das radiações.

O estudo é realizado em culturas de células estimuladas pela fitohemaglutinina e cuja divisão é interrompida em metáfase após 72 horas de incubação. As alterações são detetadas ao microscópio ótico e fotografadas com aumento de 1.600 vezes.

As alterações cromossômicas são classificadas em dois grandes grupos que diferem em sua cinética de aparecimento e, portanto, na relação dose/efeito. No primeiro grupo incluem-se as deleções, ou simples quebras, e no segundo os chamados anéis dicêntricos e translocações. Os resultados obtidos são comparados com os de uma população controle, constituída por pessoas vivendo em ambiente de "back-ground" radioativo normal. Até a presente data, os resultados obtidos são os seguintes:

QUALIFICAÇÃO	Nº CELS.	Nº CASOS	2n/46	DELEÇÃO	ANEIS + DIC. E TRANSLOCAÇÕES
OPERÁRIOS	3.228	39	212	33	15

Devido ao número relativamente pequeno de operários estudados e a não estratificação da amostra colhida, nenhuma conclusão definitiva pode ser feita na atual situação.

#### b) Níveis de Radiação

O processamento de areia monazítica, bem como a utilização industrial do nitrato de tório, constituem problemas de proteção radiológica de interesse particular, de vez que o Brasil é um dos poucos países no mundo que manipula minerais contendo tório em elevada concentração. Há interesse em verificar os níveis de irradiação externa e interna a que estão expostos os operários que manipulam mi

nérios ou substâncias radioativas, bem como compreender os problemas do comportamento dos nuclídeos radioativos da série do tório no meio ambiente.

Dois setores da indústria têm sido objeto destes estudos:

- A Usina da Administração da Produção da Monazita (APM) da CNEN, em São Paulo;
- Uma fábrica que utiliza o nitrato de tório, proveniente da APM, na confecção de mantas para lâmpadas a que-rozene, no Rio de Janeiro (Fábrica Aladin).

Os resultados preliminares obtidos são:

- Amostragem e medida dos níveis de radioatividade suspensos no ar sob a forma de aerossóis associados a produtos de decaimento do  $Rn^{220}$  (torônio) inaláveis. O Quadro I mostra um resumo dos níveis de  $Pb^{212}$  presentes na atmosfera de trabalho da APM e da Aladin. Verifica-se que estes valores, embora elevados, estão abaixo da concentração máxima permissível (ICRP) para o ar em ambientes industriais controlados.
- O levantamento dos níveis externos de radiação gama por meio de câmaras de ionização portáteis mostrou que, em alguns pontos da usina da APM, os valores chegam a 10mR/h. Justifica-se portanto a elaboração e execução de um programa para determinar doses individuais acumuladas em todas as pessoas que trabalham na usina.
- Identificação das fontes de emissão de  $Rn^{220}$ , através da medida direta deste gás na atmosfera de trabalho, para tanto foi desenvolvida uma técnica que permitirá a medida de  $Rn^{220}$  em concentrações até 0,1% de sua CMP. Os resultados são parciais até o momento.
- Avaliação da distribuição, por tamanho destes aerossóis radioativos, por meio de um impactor em cascata, mostrou que cerca de 85 a 90% da radioatividade alfa suspensa no ar está associada a partículas com diâmetros menores que 0,4 $\mu$  e, portanto, capazes de se difundirem para o sangue, via pulmões.
- A determinação e identificação dos aerossóis contendo radionuclídeos naturais de meia vida longa (série do tório) é dificultada pela baixa atividade específica deste material.

rial. Até o momento, os resultados são parciais mas demonstram que a concentração está abaixo da CMP (Quadro I).

#### 8.2.2 - Segurança das Instalações

##### A - NO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA  
2.09.02

##### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

Este tipo de controle de segurança é efetuado rotineiramente nas instalações do IEA e esporadicamente em outras instituições, a pedido do cliente. A seguir, são dados os serviços realizados no IEA para segurança de suas instalações.

##### - Prédio do reator

A segurança das instalações dentro do prédio do reator é verificada de maneira permanente e quase que exclusivamente pelo controle de radiação gama.



QUADRO I

ÁREA DE AMOSTRAGEM	N	pCi/1 de Ar					
		Mínimo	Médio $^{212}\text{Pb}$	Máximo	Mínimo	Médio $^{232}\text{Th}$	Máximo
CONTROLE (Rio)	6	0.002	0.020	0.060	-	-	-
APM (S. Paulo)							
CIRCULAÇÃO	11	0.002	0.124	0.739	$6 \times 10^{-6}$	$4.5 \times 10^{-5}$	$2.7 \times 10^{-4}$
AMBLIGONITA	4	0.005	0.011	0.021	$7 \times 10^{-6}$	$4.3 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-4}$
MONAZITA (Física)	7	0.011	0.080	0.174	$1.3 \times 10^{-4}$	$6.5 \times 10^{-3}$	$4.4 \times 10^{-2}$
MONAZITA (Química)	7	0.336	0.621	0.835	$7.5 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Th e U (Extração)	15	0.504	1.445	3.865	$1.1 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-4}$	$2.4 \times 10^{-3}$
DEPÓSITO	4	0.021	0.089	0.263	$1.4 \times 10^{-6}$	$4.0 \times 10^{-5}$	$7.5 \times 10^{-5}$
ALADIM (Rio)							
PREPARAÇÃO							
DO Th $(\text{OH})_4$	6	0.16	1.83	4.8	-	-	-
(CMP) Ar		-	-	-	-	-	$1 \times 10^{-2}$

Em vista de existirem 14 tubos de irradiação no 1º andar e a maioria estar em uso contínuo, este sistema permanente de verificação não é totalmente eficiente, tornando-se, então, necessário efetuar monitorações periódicas (2 vezes ao dia) para a radiação gama, para os nêutrons rápidos e para os nêutrons térmicos. Estas são feitas junto aos tubos de irradiação e em locais próximos aos aparelhos experimentais, no 1º andar do reator, ou junto à piscina ou ponte do reator, no terceiro andar.

As monitorações para radiação gama e beta, nêutrons e nêutrons térmicos estão indicadas abaixo:

#### QUADRO II

LOCAL	nº de levant. (*)	TOTAL
Junto aos tubos de irradiação	2	376
Áreas c/dispos.de experiências	2	376

(\*) Para cada operação do reator

Na figura 8.2 apresenta-se um croquis da localização dos pontos de medida.

- Sala de Processamento de Radioisótopos

Neste laboratório existe o seguinte equipamento permanente, todo ele para radiação gama:

- 1 contador de contaminação do ar atmosférico
- 1 detetor portátil
- 1 detetor "Geiger-Muller" com registrador, na chaminé de saída do ar contaminado das capelas de processamento.

Além disso, tornam-se necessárias monitorações periódicas. Estas medidas são feitas diariamente em 18 locais.

- Laboratório quente

Neste laboratório, o equipamento permanente é constituído de um medidor de radiação gama e de um detetor portátil, usado no laboratório de processamento de radioisótopos.

As monitorações foram feitas em 9 locais. Neste serviço, SPMR, ao todo foram feitas 278 monitorações em cada dependência.

- Divisão de Radiobiologia

No laboratório de moléculas marcadas desta divisão existe um monitor de mãos e roupas e um medidor portátil, ambos para radiação gama. São feitas também monitorações diárias em 8 locais.

Durante o ano foram feitas, neste laboratório, 178 monitorações.

- Divisão de Rádio-Química

No laboratório semi-quente desta divisão existe um medidor de taxa de radiação gama e, no corredor de acesso, um medidor de contaminação de pés, mãos e roupas. Foram feitas 161 monitorações em 5 locais.

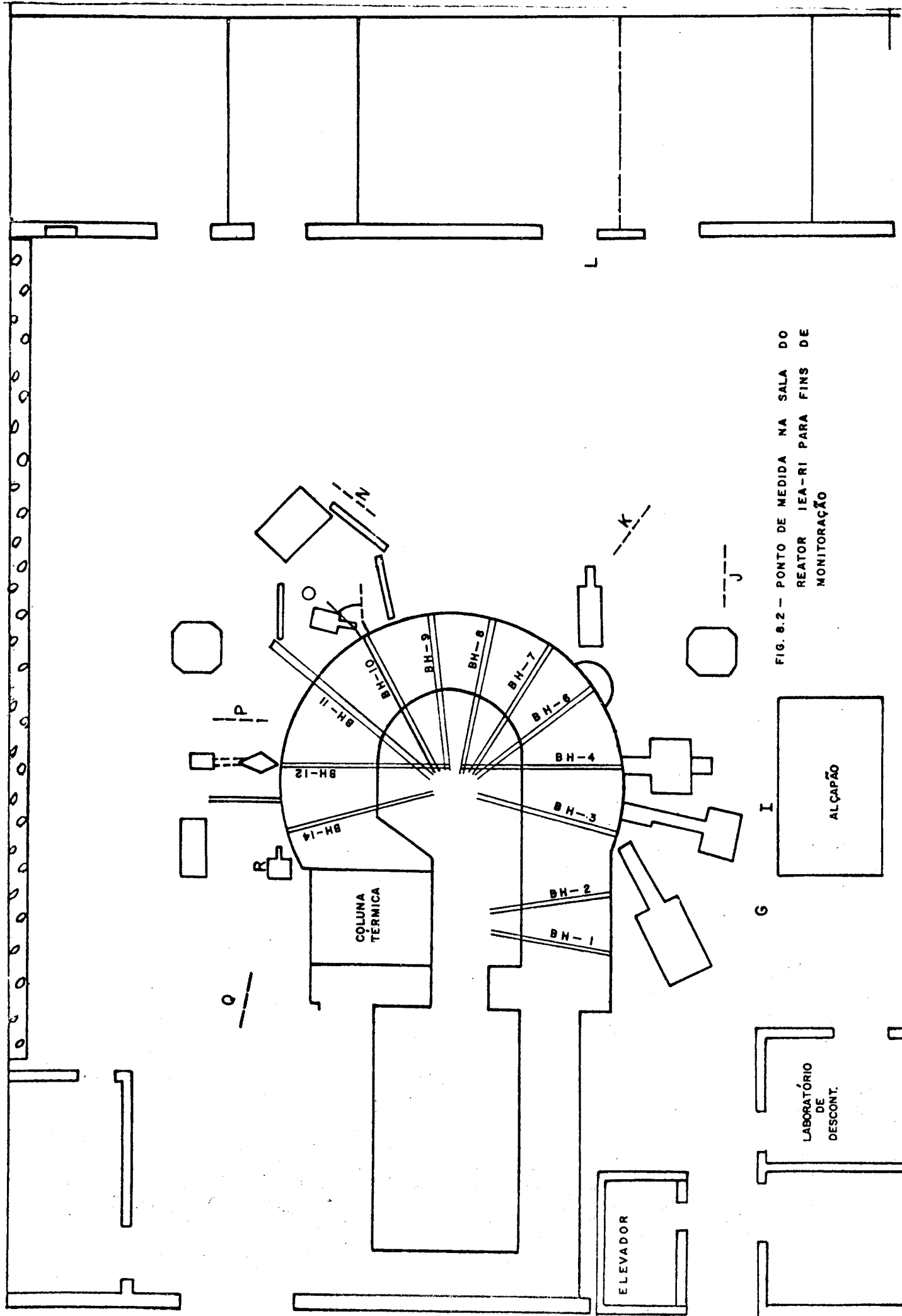


FIG. 8.2 - PONTO DE MEDIDA NA SALA DO REATOR IEA-RI PARA FINS DE MONITORAÇÃO

- Divisão de Engenharia Química

Neste ano, foi iniciada proteção radiológica sistemática nesta divisão, bem como foram instalados:

- 1 monitor de contaminação de ar atmosférico para emissoras alfa de meia vida longa,
- 1 monitor de mãos e roupas,
- 1 detetor portátil com várias sondas para radiação alfa, beta e gama.

Foram feitos esforços para o fornecimento de vestimenta adequada de proteção. Foi organizada a coleta de lixo radioativo e a eliminação e/ou guarda dos resíduos de processamento do Diuranato de Sódio (DUS), bem como a determinação da área destinada ao armamento de DUÁ (Diuranato de Amônio) e DUS em movimentação na Divisão de Engenharia Química.

Realizaram-se 53 monitorações em aproximadamente 12 locais.

- Divisão de Metalurgia Nuclear

Foi iniciada este ano a monitoração desta Divisão, sendo para isto instalados:

- 1 monitor de mãos e roupas
- 1 detetor portátil, com várias sondas para radiação alfa, beta e gama

O número de monitorações efetuadas, em aproximadamente 9 locais, foi de 36.

- Divisão de Física Nuclear

No laboratório de medidas absolutas está instalado um monitor de contaminação de mãos e roupas para uso do pessoal que lá trabalha.

Neste laboratório, manuseiam-se fontes não seladas de baixa atividade.

IEA

02.08.06

PROJETO, CONSTRUÇÃO, INSTALAÇÃO E ENSAIOS DE DISPOSITIVOS PARA MANUSEIO, ESTOCAGEM, IDENTIFICAÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO.

- Instalação de aparelho destinado a medir atividade de fontes para gamagrafia; "Curiômetro" - Para se obter melhor precisão e reprodutibilidade nas medidas das atividades das fontes radioativas, foi construído um dispositivo especial.

Consta de uma câmara de ionização tipo PCP, à qual foi adaptada uma bandeja centralizadora das fontes, e, um micromicroamperímetro. A câmara se situa a 1,80 metros abaixo da superfície da piscina, conseguindo-se, dessa forma, praticamente, a eliminação nas doses de radiação recebida pelos operadores, porque as fontes não necessitam sair d'água para medida da atividade. Foram efetuadas calibrações especiais para cada um dos seguintes radioisótopos: It-192, Co-60 e Ca-137. O intervalo de funcionamento abrange desde alguns milicuries até dezenas de Curies, para esses três radioisótopos.

- Adaptação de mangotes para sucção de ar - No sistema de exaustão de ar contaminado de 3º andar do prédio do reator, foi adaptado um mangote de plástico flexível (4"). O bocal desse mangote irá até o local onde se processa abertura dos elementos de irradiação dos tipos EISPA, EIE, EIFS, EIS. Dessa forma, pela remoção de gases radioativos como por exemplo o A-41, melhoraram as condições de segurança dos operadores na remoção das amostras irradiadas. Idêntico sistema e com o mesmo objetivo foi implantado no 1º andar, junto às portas dos tubos de irradiação (beam-holes).
- Blindagem de chumbo: a) Foi projetada e construída uma blindagem de chumbo para transportar uma fonte de Co-60 de 2 Curies para o CEN-UFP; b) Em caráter de emergência, em vista da urgência necessária, foi construída uma blindagem de chumbo para o transporte de cápsulas de brometo de amônia (Br-82) utilizadas para o estudo de poluição da Bahia de Guanabara; c) Foram construída 50 blindagens de chumbo com 7 mm de espessura de parede, 50 com 10 mm e 50 com 19mm. Estas blindagens são eventualmente usadas para o transporte de amostras irradiadas e servem para a estocagem provisória de diversos radioisótopos.
- Melhoramento em blindagem de terceiros: Foram efetuadas diversas adaptações, reforços com chumbo, serviços de manutenção e melhoramentos em blindagens de fontes para gamagrafia de diversas firmas e instalações.

- Placas de Lucite: Foi efetuada a substituição do lucite, remoção para o lado oposto da piscina da placa situada a 2 metros abaixo do nível d'água e destinada a estocagem provisória de fontes e manuseio com o Mufo. Foi instalada uma nova placa de lucite localizada a 1,7 metros abaixo do nível d'água e destinada a operações com elementos do tipo EIF de Irídio, Cobalto e Tulium.
- Dispositivos para carregamento de fontes: - Para se facilitar a realização do carregamento de fontes em irradiadores que possuem torpedos, foram construídos os seguintes dispositivos : a) Ferramenta tipo cachimbo que serve para fixar, em baixo d'água, os torpedos durante a abertura e fechamento dos mesmos; b) Ferramenta tipo garfo e outra de aperto para se retirar e colocar as tampas do torpedo; c) Dispositivo especial para manuseio dos porta-fontes da firma NDT. Estes porta-fontes possuem o torpedo fixo ao irradiador, sendo necessário, durante o carregamento da fonte, um dispositivo para fixação e sustentação do mesmo.

### 8.2.3 - Controle de Materiais Radioativos

#### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.09.02

#### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

O SPRD tem sob custódia todos os materiais radioativos com exceção das fontes industriais construídas no IEA, que pertencem à DOMR. Estes materiais estão armazenados em blindagens e acham-se registrados. Para o fornecimento destes materiais, é efetuado pelo SPRD um exame do local onde o material é usado, bem como é feita uma monitoração para verificar se tudo está de acordo com as normas de proteção radiológica.

O SPRD é ainda encarregado de :

- receber todas as amostras a serem irradiadas para terceiros;
- providenciar a sua irradiação, fazendo o cálculo do tempo necessário para a atividade desejada;
- examinar as amostras, após a irradiação e antes de serem devolvidas ao cliente, para verificar se estão de acordo com o pedido formulado e com as normas de

proteção radiológica.

No decorrer do ano, foram registradas 680 entradas e 848 saídas dos tubos de armazenamento.

#### 8.2.4 - Tratamento de Rejeitos

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.09.02

#### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

O SPRD é encarregado do recolhimento, armazenamento, tratamento e eliminação de todos os resíduos radioativos, líquidos e sólidos, produzidos nos laboratórios do IEA. Sua quantidade é relativamente pequena, tornando, dessa maneira, fácil a sua eliminação.

A seguir, damos os dados quantitativos:

##### Material recolhido (líquido)

Cr-51 (do SPMR)	50 litros
Mistura do Co, Sr e outros (DFN)	1,2 litros
Au-198 (SPMR)	79 litros
I-131 (SPMR)	42 litros
Água de lavagem	10 litros
P-32 (SPMR)	50 litros
Mistura de I-131 e ácido telúrico	10 litros
Mistura de I-131 e cromo	10 litros
Mistura I-131, telúrico, tecnécio, cromo	15 litros
Mistura de urânio e molibdênio	0,1 litros
Água contaminada (DRB)	20 litros

##### Material liberado (líquido)

Tanques de retenção:

Volume total	1.890.000 litros
Atividade média	$5,63 \cdot 10^{-5}$ uCi/ml
Atividade máxima	$6,92 \cdot 10^{-5}$ uCi/ml
Atividade mínima	$2,10 \cdot 10^{-5}$ uCi/ml
PH médio: 6,4	



### Material Eliminado (líquido)

Au-198

15 litros

Água contaminada (DRB)

20 litros

Os materiais sólidos são armazenados, e uma vez que sua atividade seja condizente com as normas de proteção radiológica, são sepultados em lugar próprio, completamente cercado, para evitar a entrada de estranhos. Os resíduos combustíveis são incinerados antes do sepultamento. Em 1971, foram recolhidos e eliminados 133 sacos e 16 "cas telos", das diversas divisões do IEA.

IEA

2.02.05

### PURIFICAÇÃO DE URÂNIO POR EXTRAÇÃO COM TBP-VAR SOL; PRECIPITAÇÃO CONTÍNUA DE DIURANATO DE URÂNIO.

Na usina-piloto de purificação de urânio por extração com solventes, resultam dois tipos de soluções que devem ser dispostas e/ou aproveitadas, dependendo da presença de urânio, tório, lantanídeos e radioisótopos descendentes das famílias naturais.

O primeiro tipo de efluentes aparece na saída da coluna de extração de urânio (1a. coluna) na unidade-piloto. Esta solução contém urânio, variando de poucos miligramas/litro até poucas gramas por litro, dependendo de desempenho da coluna; contém praticamente todo o tório que estava presente na solução de nitrato de uranila (influyente) e contém, também, todas as terras raras presentes no nitrato de uranila a ser purificado. Não pode, portanto, ser disposta simplesmente nos esgotos. Além dos elementos mencionados, este efluente é radioativo, contendo principalmente tório-234 (UXI), descendente do urânio-238, prevendo-se ainda a possibilidade de contaminações pela presença de protactínio, radio-chumbo e radiobismuto naturais. Este efluente é acumulado num depósito de aço inoxidável e periodicamente tratado com hidróxido de sódio, com o que são precipitados o urânio, o tório e as terras raras. O precipitado é removido por filtração e estocado. O filtrado pode ser disposto no esgoto comum. O precipitado é redissolvido aos poucos, juntamente com o diuranato de sódio, para reaproveitamento do urânio.

O segundo tipo de efluente resulta da filtração do diuranato de amônio de elevada pureza química. Este filtrado é constituído, principalmente, de nitrato de amônio.

Pode conter no máximo 20 mg U por litro (20 ppm U), condição esta que permitem dispô-lo no esgoto comum. Acima de 20 mg U/l é reprecipitado, juntamente com o 1º efluente, para recuperação do urânio-fato raro, mas que poderá o correr.

De um modo geral, os resíduos líquidos (efluentes) não trazem nenhum problema à unidade de purificação de urânio, todos eles estando isentos de rádio, que é retido na abertura do minério (monazita).

#### 8.2.5 - Descontaminação

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.09.02

##### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA PESSOAL

O SPRD é encarregado de todas as operações necessárias à descontaminação de pisos, bancadas, roupas e utensílios.

A seguir transcreve-se os dados quantitativos a respeito das descontaminação efetuadas:

QUADRO III

NATUREZA	NÚMERO DE UNIDADES
Pisos e bancadas	31
Capela	1
Tanques de retenção	188
Roupas	282
Utensílios	422

#### 8.3 - Controle Ambiental

##### 8.3.1 - Radioatividade Natural

##### A - No INSTITUTO DE BIOFÍSICA

IB

5.02.01

##### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Foi terminado o estudo de transporte de rádio e cálcio na etapa solo-planta de cadeia alimentar. Observou-se, para couves crescendo em solos radioativos da região de Araxá-Tapira, M.G., uma correlação linear positiva entre a relação  $^{228}\text{Ra}/\text{Ca}$  nas couves e aquela existente na fração trocável dos solos. Está em andamento uma pesquisa de laboratório visando a determinar o grau de incorporação de rádio gerado por decaimento do tório e urânio existente na monazita e em plantas comestíveis. Este estudo visa a esclarecer divergências entre resultados obtidos localmente no Brasil (Guarapará) e na Índia (Kerala). No Brasil não se encontrou radioativo apreciável em plantas crescendo na região de areia monazitica, ao passo que, na Índia, os teores de rádio observados em plantas produzidas na região de Kerala foram apreciáveis.

#### 8.3.2. - No Controle do "Fall-Out"

##### A - No LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA

LD

1.73.01

#### RADIOQUÍMICA E CONTROLE AMBIENTAL E DOSIMETRIA QUÍMICA

O propósito final nesta área de ação é o controle da precipitação radioativa produzida por testes de artefatos nucleares no meio ambiente. Para isto, recolheram-se amostras de ar, água de chuva, leite, alimentos e certos materiais biológicos, os quais depois de tratados quimicamente são analisados radiometricamente.

Este tipo de programa é uma rotina já implantada, que faz a catalogação das precipitações radioativas no Brasil e, principalmente, no Rio de Janeiro.

Também o estudo de métodos e medidas de proteção em áreas circunvizinhas a instalações nucleares está em estudo e desenvolvimento, tendo em vista o surgimento desta nova especialização no País.

##### B - No INSTITUTO DE BIOFÍSICA

IB

5.02.01

#### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Como contribuição ao melhor conhecimento

da distribuição, em alimentos brasileiros, dos principais produtos de fissão de vida longa, proveniente das explosões nucleares, foram realizadas análises de  $Cs^{137}$  e  $Sr^{90}$  em inúmeros componentes importantes da dieta média brasileira e numa amostra de ossos humanos do Rio de Janeiro. Concomitantemente analisou-se  $Ra^{226}$ .

Os alimentos com maiores teores destes radionuclídeos foram os seguintes:

- $Sr^{90}$  - taioba, farinha de mandioca, inhame, chicória;
- $Cs^{137}$  - fígado e carne bovina, leite, batata, chicória;
- $Ra^{226}$  - farinha de mandioca, aipim, feijão, couve.

A concentração média de  $Ra^{226}$  em ossos humanos da amostra analisada foi de 0,035% pCi/g cinzas que é 2,3 a 3,5 vezes maior que a média universal (0,010 a 0,015 pCi/g cinzas). Esta média mais elevada é possivelmente devida à relação  $Ra^{226}/Ca$  na dieta brasileira, onde predominam alimentos como feijão, aipim e farinha de mandioca com elevado teor de  $Ra^{226}$ .

Contando com a colaboração de várias instituições, foram instaladas colunas trocadoras de ions para coleta de "fall-out" em água de chuva, nas cidades do Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Belém e Recife. Os resultados da deposição de  $Sr^{90}$  para os anos de 1969-70-71 são apresentados na Fig. 8.3.

Pode-se observar que, após a série de explosões francesas de 1970, houve uma elevação apreciável na deposição de  $Sr^{90}$  que, em seguida decresceu gradualmente.

### 8.3.3. - Controle Ambiental para Centrais Nucleares

#### A - No INSTITUTO DE BIOFÍSICA

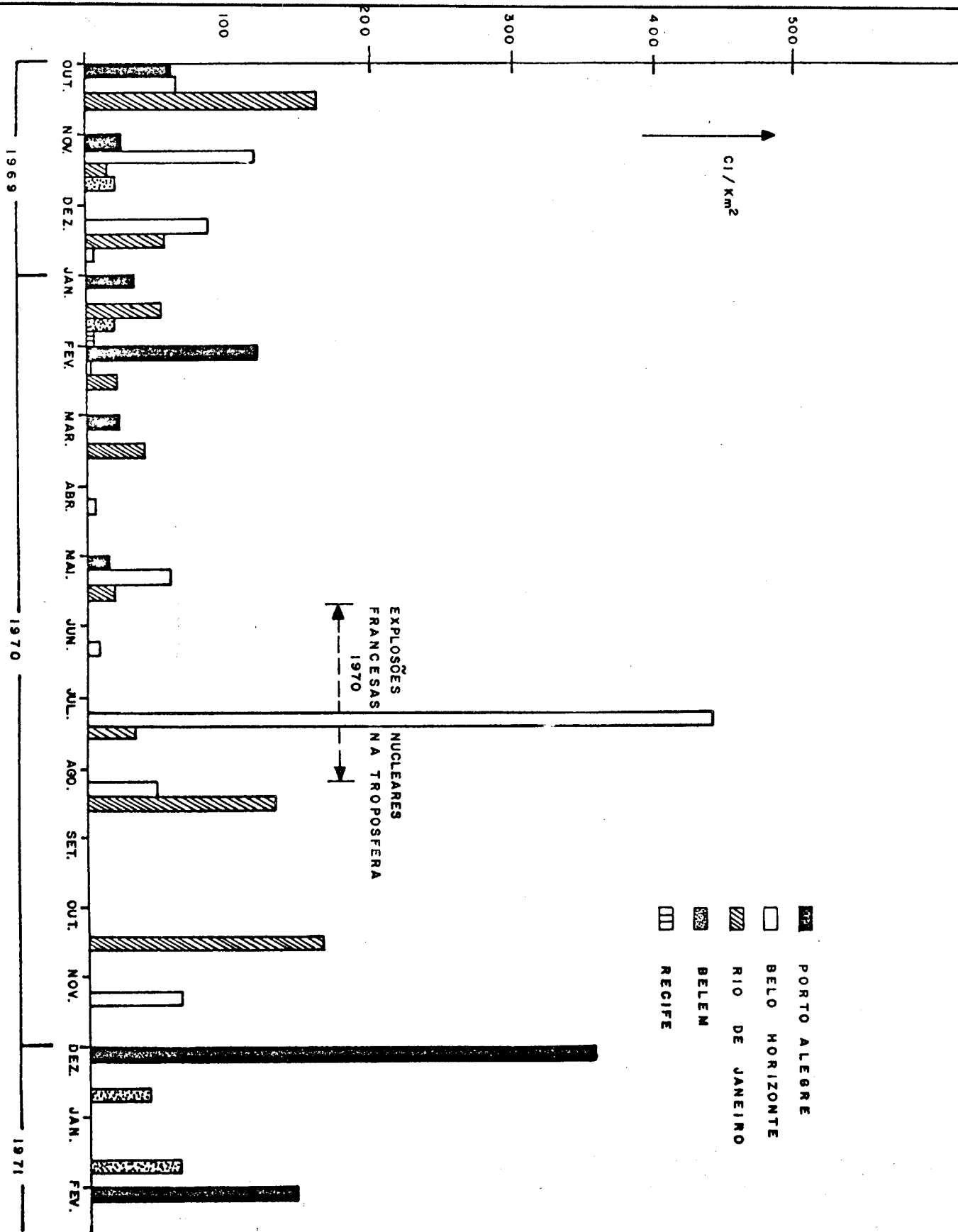
IB

5.02.01

#### PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Com o objetivo de selecionar um método de análise apropriado à análise de  $Cs^{137}$  em baixo nível, em materiais ambientais, particularmente organismos marinhos, necessário ao levantamento pré-operacional do reator nuclear da Central de Angra, foi iniciada em outubro uma

FIG. 8.3- PRECIPITAÇÃO DE SI-90 EM AGUA DE CHUVA



comparação sistemática de diversos processos radioquímicos completos ou métodos de enriquecimento prévio de  $\text{Cs}^{137}$  para posterior espectroscopia gama. Os métodos mais promissores em exame são os seguintes:

- Coprecipitação do  $\text{Cs}^{137}$  como cloro-estannato de cério ou fenil borato e posterior radiometria beta;
- Enriquecimento prévio do  $\text{Cs}^{137}$  por absorção em trocadores iônicos inorgânicos, resinas catiônicas ou extração por solvente orgânico seguida de espectroscopia gama.

Além disso, nas baías vizinhas à região de Itaorna, foi iniciado o levantamento pré-operacional ambiental do reator de potência a ser instalado. As medidas já realizadas compreendem atividade alfa total, beta total, potássio em organismos marinhos e produtividade primária no mar por determinação de incorporação de  $\text{C}^{14}$  (como bicarbonato) pelo fito-plancton. Planeja-se analisar ainda  $\text{Cs}^{137}$  e  $\text{Sr}^{90}$ , microconstituintes estáveis (Fe, Mn, Zn, Co). Inúmeras amostras foram coletadas pelo pessoal do Instituto de Pesquisas da Marinha, em convênio com as Centrais Elétricas de Furnas, mas não foi procedida a abertura química das mesmas por não ter o Instituto de Biofísica recebido ainda o espectrofotômetro de absorção atômica necessário às análises dos elementos estáveis. Os resultados disponíveis são muito preliminares para divulgação.

#### 8.3.4 - Controle Ambiental para Reatores de Pesquisa

##### A - No INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

IEA

2.07.10

#### DETERMINAÇÃO DO "FALL-OUT" EM SÃO PAULO

Na Divisão de Radioquímica, os trabalhos correspondentes a esta tarefa desenvolveram-se normalmente. A finalidade da tarefa é o controle da atividade do estrôncio 90 na água da chuva da cidade Universitária de São Paulo, a fim de que possa garantir sempre não haver liberação de tal produto pelo IEA-R1.

O quadro IV mostra o resultado das análises efetuadas.

QUADRO IV

Coleta		Volume (l)	Precipitação Pluvio- métrica (mm)	Ativ. Específica		Local de Coleta	Observação
Início	Fim			pCi/l	mCi/km <sup>2</sup>		
3/10/70	8/11/70	220	150	0,50 0,55	0,075 0,080	R-87 O-88	
7/11/70	14/12/70	220	150	0,60 0,50	0,094 0,078	R-88 O-89	
14/12/70	18/12/70	220	150	0,65 0,60	0,097 0,090	R-89 O-90	
18/12/70	7/01/71	220	155	0,70 0,55	0,108 0,100	R-90 O-91	
7/01/71	13/01/71	220	200	0,55 0,60	0,110 0,120	R-91 O-92	Limpeza do coletor
18/01/71	25/01/71	220	200	0,65 0,60	0,130 0,120	R-92 O-93	
25/01/71	10/02/71	220	200	0,70 0,65	0,140 0,130	R-93 O-94	
10/02/71	26/02/71	220	250	0,50 0,55	0,125 0,137	R-94 O-95	
26/02/71	12/03/71	220	200	0,45 0,50	0,090 0,100	R-95 O-96	
12/03/71	02/04/71	220	150	0,55 0,50	0,082 0,075	R-96 O-97	
02/04/71	12/04/71	220	200	0,60 0,55	0,120 0,110	R-97 O-98	
12/04/71	30/04/71	220	100	0,50 0,40	0,050 0,040	R-98 O-99	
30/04/71	25/05/71	220	100	0,60 0,65	0,060 0,065	R-99 O-100	
25/05/71	14/06/71	220	60	0,70 0,65	0,042 0,039	R-100 O-101	
14/06/71	24/06/71	220	80	0,75 0,70	0,060 0,056	R-101 O-102	Limpeza do coletor
24/06/71	02/07/71	220	100	0,80 0,70	0,080 0,080	R-102 O-103	
02/07/71	08/09/71	220	90	0,65 0,70	0,058 0,063	R-103 O-104	
08/09/71	27/09/71	220	65	0,50 0,55	0,033 0,035	R-104 O-105	
27/09/71	11/10/71	220	120	0,45 0,40	0,054 0,048	R-105 O-106	
11/10/71	08/11/71	220	100	-	-	R-106 O-107	Em proces- samento
08/11/71	03/12/71	220	105	-	-	R-107 O-108	Em proces- samento
03/12/71	15/12/71	220	80	-	-	R-108 O-109	Em proces- samento

OBS.: R - Coletor no jardim do I. E. A.

O - Coletor atrás do Bloco 00 (I. E. A.)