

# Transcrição da intervenção

## do Dr. António Ramalho e do Prof. Cândido Marciano da Silva

**A. Ramalho (AR)** – Eu quero agradecer a todos os presentes nesta reunião que vão ter a infelicidade de me ouvir, visto que eu não tenho nada para dizer, o resultado é que espero não vos mace muito.

Pedi-me o meu amigo José Marques para recordar a primeira experiência crítica (ver anexo). Recordar a primeira experiência crítica, é, de facto, voltar a 25 de Abril de 1961. Por razões diversas não foi possível realizá-la mais cedo como tinha sido meu interesse uma vez que sempre parti do princípio que as coisas podiam correr mal quando chegasse a altura de se tentar pôr o reactor em operação.

A experiência acabou por ser planeada para 24 de Abril e para termos tempo de a realizar durante esse dia tínhamos que a começar cedo e decidimo-nos pelas 7:30 da manhã. Não começámos todos ao mesmo tempo, porque havia a preparação do equipamento, que implicava um desfasamento entre aqueles indivíduos em que eu e aquele jovem que está ali de cabelos brancos chamado Fernando de Almeida, nos encontrávamos e os restantes. Chegámos às 7:30 da manhã e começámos a ligar o sistema de comando, o resto da equipa da qual faziam parte estes dois parceiros que estão aqui ao meu lado [Frederico Carvalho, Cândido Marciano] chegou ligeiramente mais tarde.

A equipa total envolvida na experiência compreende três grupos que estavam localizados, um na sala de comando, os outros dois no recinto do reactor. Destes grupos um era constituído pelo Dr. Cândido Marciano e pelo Eng. Frederico de Carvalho, e tinha como tarefas fazer as medições com o sistema de detecção auxiliar e manter actualizados os registos das previsões da massa crítica que iam sendo lançados no quadro negro localizado no 3º piso, junto ao quadro de carga; o outro grupo era constituído pelo Eng. Magalhães e pelo Fernando Almeida, e

tinha como função proceder ao carregamento do combustível e manter actualizado o quadro de carga.

**J. Galvão** – Eu também pus um elemento de combustível ...

**AR** – Ah! Também puseste – foi um em nove. Na sala de comando estavam o Eng. Cordeiro Lopes que fazia de operador, o Eng. Andreson, eu, e o Eng. Menezes, que era responsável pelo canal de arranque do reactor, onde nós seguíamos a evolução da contagem na aproximação da massa crítica e, portanto, da criticalidade do reactor. Bom, ainda entro em conflito com alguém, porque nunca gostei da criticidade, e toda a minha vida disse criticalidade.

Nós planeámos, como referido, o início dos trabalhos para as 7:30 da manhã, como diz o excerto do livro de comando no qual eu pretendia que fosse escrito tudo o que acontecia com o reactor a todo o tempo, para que se criasse uma história para que pudéssemos aproveitar dessa experiência. É que, como é sabido, as avarias têm uma certa tendência a repetir-se e as acções a serem necessárias têm uma certa tendência a serem as mesmas, mais uns pontos para aqui, mais uns pontos para ali, mas as coisas tendem a ser semelhantes, por isso eu queria que ficasse tudo escrito. Porém, o parceiro que estava na mesa de comando achou que era muito trabalho e não escreveu, de modo que para esse dia 24 de Abril, que era o dia inicial da experiência, o que consta é que começámos às 7:30 da manhã e, depois, com a avaria do sistema dos registadores e dos amplificadores ficámos por ali, não posso dizer dormindo, porque acho que nós não dormimos, andámos por ali sempre ocupados. A comida não sei como é que foi, já não me lembro como aconteceu, porque os trabalhos acabaram por se prolongar todo o dia e os registadores e os amplificadores só ficaram a funcionar por volta de uma hora da manhã do dia 25, e é pois nessa altura que se inicia a experiência crítica.

A experiência crítica fez-se na Secção II da piscina e não na secção I, que era a secção mais normal de funcionamento do reactor. A Secção II tinha sido prevista predominantemente

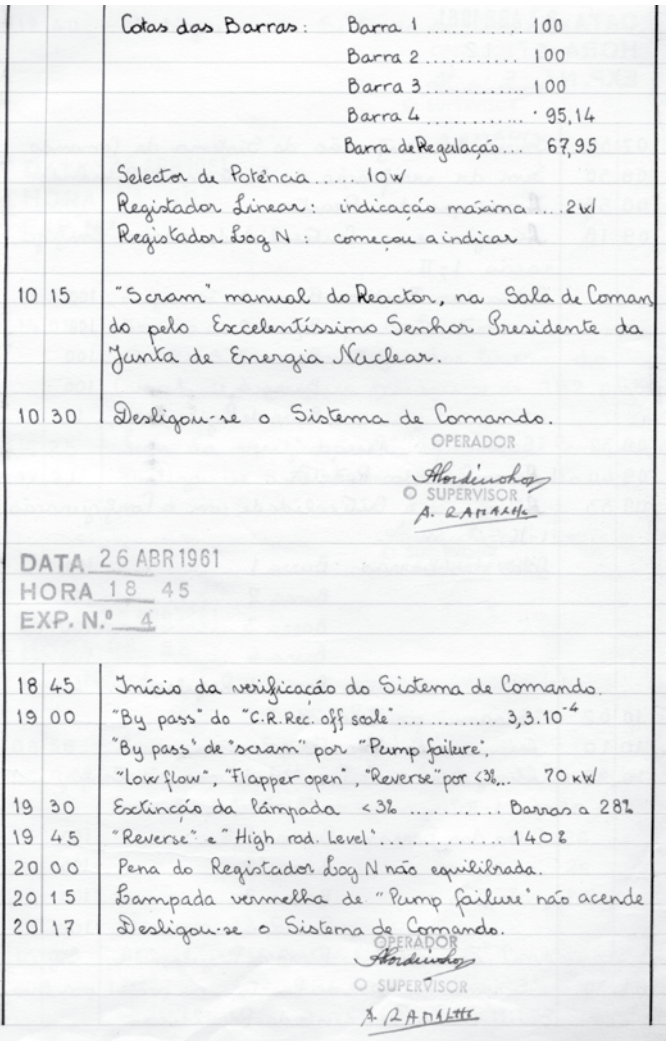


Fig. 1 - Imagem do livro de comando do RPI, com as acções realizadas nos dias 24, 25 e 26 de abril

para experiências de grandes dimensões, como se fizeram a certa altura. Foi porém decidido fazer a experiência crítica na secção II, porque teríamos um núcleo totalmente reflectido por água e evitávamos assim os problemas que a presença de grafite nos pudesse criar, dando lugar a uma massa crítica menor do que a que teria um reactor completamente reflectido a água. Noto que, na altura, não era fácil estimar teoricamente o efeito do reflector parcial (em uma só face) do reactor.

Iniciamos a experiência, partindo com nove elementos (ver Figura 1), que era pouco mais que um terço dos elementos esperados como necessários. A configuração foi escolhida de maneira a poder ser transplantada depois para a Secção I. Teríamos então que retirar alguns elementos e colocar outros mas o genérico da configuração era mantido. Foi então quase às duas horas da manhã que nós começámos a carregar o combustível no reactor e dessa função estavam encarregados o Fernando Almeida e o Eng. Magalhães.

**C. Marciano (CM)** – Essa parte passou-se lá na sala da mesa de comando; o que eu sei é que eu estava quase dentro do reactor, mas já lá vamos a isso. Eles é que estavam lá.

**AR** – Eles é que estavam lá e tinham que ir à pesca dos ele-

mentos às grades de armazenamento, A, B, C onde os elementos estavam armazenados. Eles tinham que os ir lá buscar e colocar nos sítios próprios pre-determinados que lhes eram indicados da sala de comando e eles conferiam pelas notas que tinham. Noto que esta localização do reactor dificultava o acesso ao combustível localizado nas grades.

**CM** – Só para esclarecer a audiência, eu ainda hoje não sei porque é que fui convocado para aquela sessão; talvez porque tinha algum jeito para brincar com as máquinas de calcular e era preciso alguém a medir o fluxo de neutrões junto à piscina, e eu sabia fazer contas. Mas colocaram-me debaixo da escada que dá acesso ao reactor; se eu estivesse num barril de pólvora não estava melhor, mas estava lá, a medir o fluxo de neutrões e a transformar aqueles números em coisas inteligíveis para a mesa de comando; quer dizer, tinha que fazer umas contas sobre os valores observados e depois ia apontar na ardósia (Figura 2), que já desapareceu, o nosso quadro preto que como vocês vêm é de alta tecnologia da época.

**AR** – Na figura agora projectada (Figura 1) está indicada a configuração final e também a carga

ADICÃO	CANAL	$\bar{C}$	$\frac{C_1}{C_N}$	MASSA CRÍTICA
89,35	56136	56643	00263	4,35
P1	57150	56643	00262	4,38
TOTAL	CANAL	$\bar{C}$	$\frac{C_1}{C_N}$	MASSA CRÍTICA
359288	46304	46575	2,5 <sup>-5</sup>	4,57
	46846	46575	2,5 <sup>-5</sup>	4,43

Fig. 2 - Ardósia onde se registavam os resultados da experiência emitida.

inicial do reactor. No quadro preto (Figura 2), que seria uma peça de museu, figuram os resultados das estimativas da massa crítica obtidos a partir das contagens.

**CM** – Como podem imaginar a alta tecnologia é o que melhor satisfaz as necessidades da altura, e esta satisfaz perfeitamente porque a maior parte dos problemas estavam todos na cabeça aqui do nosso amigo Ramalho e conseqüentemente aquele quadro preto serviu perfeitamente para registar, passo a passo, a evolução do modelo de carga inicialmente concebido.

Mas eu permito-me interromper aqui, porque eu acho que é preciso pôr um pouquinho de perspectiva nesta conversa e há duas questões que eu gostava de apontar, muito embora o destino e as circunstâncias tenham ditado que só estamos aqui os dois a falar, embora haja mais pessoas presentes que estiveram nessa operação.

Uma das questões de perspectiva é a de que é preciso ver o aparecimento do reactor no contexto político-científico nacional e essa não é uma tarefa simples; é uma tarefa que está cometida nesta altura aí aos historiadores da ciência e para a qual o Jaime de Oliveira tem contribuído com muitos elementos, que já são úteis por si e serão úteis para quem pegar neles e os estudar mais aprofundadamente; e a outra questão de perspectiva é a dos membros da equipa que foram escolhidos para falar hoje aqui. Não se podia ter escolhido pessoas mais afastadas no espectro científico. Eu era um caloiro na altura acabado de se licenciar, e o Ramalho já era um técnico encartado.

**AR** – Até tinha de facto um diploma de operador, passado após um exame feito pela Comissão de Energia Atómica dos Estados Unidos.

**CM** – Mas tinha mais do que isso. Há duas memórias que eu tenho e que têm que ver com esta

segunda circunstância e vou deixar para o fim a questão da posição político-científica.

Eu espero que o Ramalho não me leve a mal eu ir falar em desastres, mas o primeiro desastre que tem que ver com esta noção que eu vos quero transmitir decorre da explosão do *Space Shuttle Challenger*. O Richard Feynman foi designado na altura para integrar a comissão Rogers, que investigou o acidente. Na sua atitude de sempre, muito autónoma, borrifou-se para a comissão que estava enredada em burocracias, meteu-se no comboio e foi falar com os engenheiros da NASA para saber qual era a razão porque o Shuttle tinha explodido. Chegou à conclusão, com as explicações que eles deram, de que tinha sido um *o-ring* que tinha partido por ter congelado em contacto com o azoto líquido. Moral da história (Feynman disse-o claramente nas suas memórias): “Quem sabe são os engenheiros”. É esta a imagem, do engenheiro competente, que nos tínhamos habituado a reconhecer no Ramalho, nesta altura da criticidade. Competência essa que depois continuará a ser demonstrada na excelente carreira que realizou na Agência Internacional de Energia Atómica, em Viena.

Outra memória está associada a um filme, não sei se algum de vocês se lembrará dele, que se chama “O Síndrome da China”, que surgiu na altura do acidente nuclear de Three Mile Island. Este filme explora a possibilidade teórica de um núcleo fundido, por exemplo, um *meltdown* de um reactor americano, atravessar a Terra e ir parar à China. Se falo nisto, é só para dizer que o Ramalho está magistralmente interpretado pelo Jack Lemmon nesse filme. Se alguma vez tiverem oportunidade de ver o filme, podem admirar o personagem a que nos tínhamos já habituado.

Quanto a mim, no meu caso eu já disse que nunca percebi porque fui designado para estar lá naquela operação crítica.

**AR** – Era necessário reunir uma equipa, tal como constava do plano oportunamente apresentado ao Director-Geral.

**CM** – Exactamente.

**AR** – Como era necessário arranjar uma equipa, a sugestão foi recorrer ao pessoal na área da física.

**CM** – E daí, também lá estar, como sábio da Electrónica, aqui o Frederico de Carvalho.

**AR** – Era necessário ter dois sistemas de detecção a funcionar e eu tinha pessoal do reactor para um, mas para o segundo já não arranjava. Para além disso precisava de mais alguém que estivesse a movimentar os elementos de combustível, de maneira que quando elaborei o plano fui ter com o Dr. Carlos Cacho, que é uma pessoa com quem eu sempre tive uma relação excelente e a quem presto a minha homenagem, embora ele nesta casa tenha sido mal tratado, uma coisa que eu lamento profundamente, porque não mereceu, foi um bocado o ser chefe que o castigou não foi mais nenhuma coisa, mas ele era um homem extraordinário com quem tive sempre uma relação maravilhosa, de maneira que eu fui ter com ele, e disse-lhe: eu preciso de mais gente, o pessoal do reactor não chega, preciso de ter pelo menos dois canais a funcionar, infelizmente nós não temos equipamento extra, o único equipamento que nós temos



é o equipamento de reserva do sistema de comando, de maneira com esse equipamento de reserva do sistema de comando nós podemos montar outro canal, porém precisamos de ter gente para operar esse canal; então ele como era o patrão da casa, julgo que falou convosco e disse-me assim: “Olhe! Você vai ao Cândido Marciano, vai ao Frederico de Carvalho e eles dão-lhe umas dicas de com quem é que pode contar”; eu não fiz mais nada, obedeci e ele por seu turno também falou convosco.

**CM** – Deixe-me dizer o seguinte, eu lá estava junto às escadas do reactor, sentado ali com uma máquina de calcular daquelas que só não se dava à manivela porque já era electrificada, estava longe da sala de controlo, portanto eu não sabia muito bem o que se passava; ouviam-se imensos barulhos, e vocês imaginam que algo não corria bem, numa operação que estava prevista começar logo de manhã para atingir a criticalidade por volta da hora do jantar. Por volta da hora do jantar realmente apareceram as individualidades políticas que vinham presenciar o evento mas durante o dia tinha havido ali uma série de avarias que motivavam um frenesim e de tal maneira que a palavra que se ouvia mais correntemente, em voz alta, era a palavra *scram*<sup>1</sup>. As pessoas do reactor sabem o que quer dizer a palavra *scram* mas as que não são do reactor se calhar não sabem; é um daqueles termos de “calão técnico” que corresponde a uma acção de paragem rápida (com queda automática das barras de segurança), por causa de qualquer coisa que não está a funcionar bem.

Os políticos, como percebem muito bem como e quando é que se exerce o poder, sabem que o poder passa por assimilar o jargão técnico, e portanto não foi grande surpresa para mim quando o próprio Eng. Frederico Ulrich, naquela visita por volta da hora de jantar, quando ocorreu um *scram* na altura em que ele se passeava com o Dr. Carlos Cacho, junto à piscina, com o resto da comitiva, se voltou para trás exclamando em voz alta: *scram!* Como quem diz: “eu sei o que é um *scram*, o que é que vocês estão aí a falar”? Enfim, isto era só para transmitir um pouco do ambiente que ali se vivia nessa altura, visto e sentido por mim perto da escada da ponte da piscina, ...

**AR** – Só por causa da questão do *scram*: uma das razões porque muitas vezes se ouvia *scram*, era porque os registadores, devido a avaria, levavam a um *scram* do reactor. Por isso tínhamos de ter a certeza que os registadores estavam efectivamente a funcionar, pois no caso de haver uma pseudo-excursão de potência durante a experiência crítica, eles actuariam mais rapidamente que o operador. Teoricamente isso podia acontecer. Nós tínhamos os detectores numa posição muito sensível, o mais sensível possível, mas isto tem que ser feito por etapas. Há uma etapa em que se determina que o sistema funciona, outra em que se garante que todo o equipamento responde da maneira que nós esperamos e depois se pode continuar.

**CM** – E já está tudo a funcionar! Para além dos registadores o problema maior ainda foi um amplificador que decidiu não funcionar e aqui o nosso amigo Frederico de Carvalho assumiu que era responsabilidade sua reparar aquele amplificador. Isto era no tempo que reparávamos os equipamentos *on-line*, digamos assim. É um facto! Era preciso identificar qual era a válvula, ou a resistência ou o condensador da parte do circuito que tinha falhado e substituí-lo, soldando aquilo com o tradicional ferro de soldar; tirar o velho e por o novo. Como tal, aquela operação não estava pronta a horas de jantar por causa principalmente do amplificador e o Frederico de Carvalho, numa certa altura, já depois das dez horas da noite, resolve a questão conseguindo identificar a causa da avaria e repor o amplificador a trabalhar. Mas entretanto o homem da AMF, o engenheiro Anderson, tinha arranjado uma outra solução “canibalizando”<sup>2</sup> outros equipamentos. Deste modo, eu nunca cheguei a saber se o facto de ter havido sucesso ao conseguir-se iniciar a essa hora o caminho para atingir a criticalidade se deveu ao Frederico de Carvalho ou se deveu ao americano. Enfim, hoje já é tarde para se conseguir apurar essas circunstâncias, mas o que é um facto é que isto dá uma ideia não só do ambiente que decorreu durante todo o dia com estas peripécias. Já nem sei se o pessoal envolvido chegou a comer (julgo que não, à parte alguma sanduíche). O que é um facto é que cada um permaneceu no seu posto de trabalho todo o tempo até estar tudo em ordem e começar-se a fazer o registo da subida de potência, na “pedra” de ardósia, à medida que a experiência prosseguia.

Muito bem! A outra questão que eu tinha pensado referir aqui é a que respeita à atitude político-científica em 1960, era outra muito diferente daquela que vocês estão habituados a ouvir hoje. Estou principalmente a falar para os mais jovens que não presenciaram nada disto. Mas tenho que dizer o seguinte: que de facto, no passado, a intervenção do Estado na investigação sempre se caracterizou por critérios mais políticos do que realmente científicos. Diria mesmo que neste caso, da Física Nuclear, levaria quase a apagar completamente o esforço de investigação que havia no país e a rede de contactos existentes no final da década de quarenta. A maior parte das pessoas presentes provavelmente não sabe que nós tínhamos, nos anos 1930-40, um excelente grupo de Física Nuclear a trabalhar em competição internacional com bons resultados, com boa colaboração, com boa internacionalização como hoje se diz. Com bons contactos com Paris e com Itália, que não foram indiferentes à passagem

<sup>1</sup> Termo inglês para a paragem de emergência de um reactor nuclear (N. Ed.)

<sup>2</sup> *Canibalizar*, em contexto técnico, significa resolver temporariamente uma avaria num equipamento essencial através da reutilização de peças ou sub-sistemas compatíveis, retirados de equipamentos que não estão a ser utilizados (N. Ed.).

por Portugal de alguns físicos bem conhecidos, por exemplo Rosenblum, Benedetti e Guido Beck, que aqui passaram algum tempo, refugiados da guerra, aguardando boa oportunidade para viajarem para a América. Todo esse grupo de investigadores portugueses foi expulso do país, das universidades portuguesas, por decreto, e as universidades viram-se privadas de uma contribuição importante para a ciência, o que veio a dar os seus maus resultados. Passados anos, o Governo apercebe-se que não pode ignorar a necessidade de ter um programa na área nuclear. De facto nessa altura tinham-se constituído no mundo ocidental várias Comissões: o CEA (Comissariado de Energia Atómica) em França, a AEC (*Atomic Energy Commission*) nos EUA, Harwell no Reino Unido, etc. Percebia-se que quem queria acompanhar o desenvolvimento do nuclear tinha que criar uma comissão de energia atómica, e em Portugal criou-se a Junta de Energia Nuclear e um programa de actividade. Como parte desse programa, era preciso preparar gente para trabalhar nesse ambiente, como disse há pouco o Dr. Pistacchini Galvão. Foram assim criados junto das universidades centros de estudos de energia nuclear, cuja missão era proporcionar condições de trabalho para preparar as pessoas que haviam de transitar para os Laboratórios da Junta de Energia Nuclear. Muitas transitaram, mas algumas universidades agarraram-se avidamente a uma coisa que nunca tinham tido, que era um centro de investigação financiado, e algumas não quiseram vir para Sacavém. Alguns desses centros de investigação permaneceram e desenvolveram-se depois nas universidades, e deram origem àquilo que foram mais tarde os centros do Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC). Algumas pessoas aqui presentes ainda se lembrarão que houve uma instituição do Ministério da Educação chamada INIC que era responsável por financiar a investigação nas universidades, e tinha centros de investigação que emanavam dos que haviam sido originalmente criados para apoiar a Junta de Energia Nuclear. Entretanto fora criada por Leite Pinto a Junta Nacional de Investigação Científica Tecnológica (JNICT), com a finalidade diferente de promover a investigação na indústria e de aproximar esta da investigação em curso nas universidades. Provavelmente, na altura em que o INIC foi integrado na JNICT, já esta, na realidade, concentrava todos os esforços de financiamento da investigação mediante contrato. Quando o próprio INIC é integrado na JNICT, a junção dá origem àquilo que hoje é a Fundação para a Ciência e a Tecnologia, com o ambiente que todos conhecemos. Portanto, reparem bem que as raízes são longínquas, embora se tenha passado por um período difícil. A Ciência, desde que de boa qualidade e internacionalização, pode sofrer revezes, mas depois acaba por recuperar e por se desenvolver.

No entanto, eu acho que este hiato que houve,

resultante da expulsão dos professores da Universidade de Lisboa, teve efeitos nefastos. As gerações seguintes de cientistas nasceram órfãs do que podia ter sido os seus grandes mestres, portanto nós quando entramos para o Laboratório de Física e Engenharia Nuclear não tínhamos tido sequer Física Nuclear nas Universidades. Tivemos que vir aqui e começar a aprendê-la. Veio cá o Prof. Veiga Simão ensinar o que era uma reacção nuclear, veio o Prof. Moreira Araújo ensinar Mecânica Quântica, veio o Prof. Sebastião e Silva ensinar-nos as matemáticas modernas, e o Prof. Rogério Nunes a Electrónica, etc. Portanto nós tivemos aqui um primeiro ambiente de Instituto de, como se diz, um *Summer Institute*, mas que durou uns anos.

O resultado disso é que quando ingressámos neste laboratório (eu costumo dizer, que os estudiosos da história da ciência pode ser que algum dia esclareçam melhor estes meandros) o programa de trabalho inseria-se na estratégia do programa “Átomos para a Paz”. Nessa altura parecia haver uma espécie de *kit* que todos os países deviam ter: era um reactor nuclear de investigação de baixa potência, era um acelerador de Cockroft-Walton para produzir neutrões com energias bem definidas e um acelerador de Van de Graaff. Felizmente para mim havia o Van de Graaff, era a máquina de eleição embora na altura já se estivesse na linha descendente da investigação em Física Nuclear, já pouco ou nada se podia fazer com um acelerador de 2 MeV. Toda a gente trabalhava com um Van de Graaff de 5 MeV. Foi para isso que eu fui trabalhar para Manchester e foi isso que depois se tentou criar cá. Chegou a haver nos anos sessenta equipas na Faculdade de Ciências também, com o João Sousa Lopes, que foram avaliar a possibilidade de se programar a instalação de um Van de Graaff de 5 MeV no país. Felizmente, a reorientação do actual Van de Graaff para trabalhos de Física Nuclear aplicada à Física do Estado Sólido permitiu ainda utilizar esse aparelho e produzir significativo trabalho científico de qualidade. Felizmente, já percebi que hoje temos um Tandem e que esse Tandem pode introduzir aqui uma nova perspectiva de trabalho, e estaremos provavelmente numa curva ascendente quando passámos por um mínimo nos anos sessenta.

E eu não queria dizer mais nada; já disse mais do que queria.

**AR** – Muito obrigado (palmas).

## ANEXO

### Experiência crítica

#### a) Configuração do núcleo

Fizeram-se experiências críticas para dois tipos de configuração e nas duas posições de operação do reactor. A experiência crítica inicial foi levada a efeito na Secção II da piscina (núcleo completamente reflectido por água) porquanto nessa Secção a massa crítica não seria essencialmente dependente da existência de qualquer reflector, além da água, nem de influências cuja análise, “a priori”, fosse difícil. Visava-se, também, para essa experiência, uma con-

figuração tal que a massa crítica fosse mínima, isto é, uma configuração próxima da cilíndrica.

Nesta como em todas as experiências críticas, posteriores mantiveram-se instaladas no reactor todas as barras de comando.

### b) Aproximação de criticidade

Todas as aproximações de criticidade foram executadas da mesma forma, e, todas elas, também, foram iniciadas só depois de se verificar que o funcionamento de todo o equipamento, a utilizar na experiência, era perfeitamente satisfatório.

Como sistema de detecção de neutrões, durante as experiências críticas, usaram-se o canal de arranque do reactor e um canal auxiliar constituído pelo equipamento de reserva do canal de arranque. Os detectores destes sistemas foram localizados como se mostra na Figura 1 (Indicação CC, junto da posição 61 e na posição 65 da grelha do núcleo).

A marcha seguida nas aproximações de criticidade, sempre a mesma, consistia em:

1. Com o reactor carregado, até à carga inicial (ver Figura 1), subiam-se simultaneamente, todas as barras de segurança até à posição 50 %;
2. Com as barras na posição atrás indicada, e o reactor estabilizado, executavam-se, em cada um dos citados canais de detecção de neutrões, duas contagens de dois minutos;
3. Terminada a etapa precedente subiam-se, simultaneamente, as barras de segurança até à posição 100 %;
4. Com as barras de segurança na posição indicada em 3 e o reactor estabilizado, executaram-se, como em 2, duas contagens de 2 minutos;
5. Feitas as contagens mencionadas em 4, subia-se a barra de regulação até à posição 100 %;
6. Com todas as barras a 100 % e o reactor estabilizado, executavam-se, novamente, duas contagens de 2 minutos;
7. Introduziram-se, simultaneamente, todas as barras, até às posições de 50 % e 0 %, respectivamente, para as de segurança e para a de regulação;
8. Com as barras na situação indicada em 7, procedia-se ao carregamento de um elemento de combustível;
9. Após a estabilização do reactor, executavam-se novamente, duas contagens de 2 minutos;
  - determinava-se o inverso da contagem;
  - efectuava-se o traçado da curva – inverso da contagem “versus” massa de urânio carregada no reactor;
  - fazia-se a estimativa da massa crítica;
10. Terminada a etapa precedente procedia-se à subida simultânea das barras de segurança até à posição 100 %;
11. Com as barras de segurança na posição indicada em 10 e o reactor estabilizado, executavam-se duas contagens

de 2 minutos e obtinham-se as informações indicadas em 9 e, bem assim, o “valor do banco de barras”, expresso em gramas de U-235 (diferença entre as massas críticas correspondentes às situações de barras de segurança a 50 % e 100 %);

12. Mantendo as barras de segurança a 100 % subia-se a barra de regulação até 100 %;

13. Com todas as barras a 100 % e o reactor estabilizado, executavam-se duas contagens de 2 minutos; obtinham-se as informações mencionadas em 9, e bem assim, o “valor da barra de regulação”, expresso em gramas de U-235 (diferença entre as massas críticas correspondentes às situações de barras de segurança a 100 % e de regulação a 0 % e de barras de segurança a 100 % e de regulação a 100 %);

14. Introduziam-se as barras no reactor, pela forma que se descreveu em 7, e repetiram-se as etapas 8 a 14 até atingir a criticidade.