

## A HISTÓRIA DOS ACELERADORES NO BRASIL

John David Rogers  
Instituto de Física Gleb Wataghin - UNICAMP

### RESUMO

As principais características dos aceleradores de partículas instalados no Brasil desde os primeiros na década de 50 até o presente são resumidos. História-se o crescimento dos dois maiores grupos nesta área, o grupo do acelerador linear da USP, que começou em torno do Betatron adquirido pelo Prof. Marcello Damy de Souza Santos, e o Laboratório Pelletron, também da USP, que começou com a construção também na época dos 50's do primeiro acelerador eletrostático sob liderança do Prof. Oscar Sala. Também são discutidos o laboratório de Van de Graaff da PUC-RJ, os ciclotrons do IEN e IPEN, e o programa de aceleradores do CBPF. A história do projeto do sincro-ciclotron proposto em 1952 também é resumido. (Anexo)

O uso de aceleradores, especialmente na Física Nuclear, faz parte dos trabalhos iniciais de física experimental no Brasil, especialmente se incluímos como acelerador os efeitos naturais gerador de raios cósmicos, cujo estudo se dedicou o Prof. Gleb Wataghin e seus alunos antes da Segunda Guerra.

Foi efetivamente no grupo formado na USP por Gleb Wataghin que foi implantado os primeiros dois aceleradores, o Betatron pelo Marcello Damy de Souza Santos, e o acelerador eletrostático Van de Graaff pelo Oscar Sala (ver ref. 1). São os grupos que se formaram em torno destes dois aceleradores na época "heróica" da física nacional, que operam os dois principais aceleradores atuais, o acelerador eletrostático "Pelletron" e o acelerador linear de elétrons.

Nesta apresentação resumimos a história dos principais aceleradores propostos e/ou usados no Brasil, salientando a história dos grupos envolvidos, e resumindo as características principais de cada instrumento.

### LABORATÓRIO DO ACELERADOR LINEAR (IF-USP)

Este grupo iniciou suas atividades com a compra de um betatron de 25,4 MeV da Companhia Allis Chalmers efetuado em 1948 pelo Marcello Damy de Souza Santos. O acelerador foi adquirido

completamente "nu" e seus sistemas de controle e pesquisa desenvolvido no Brasil. Ele entrou em operação em 1952 após superado inúmeros problemas de infra-estrutura (estabilidade da frequência da força, dificuldades com a umidade excessiva, etc.). A história da sua implantação e uso foi apresentado em ref. 2.

O Betatron operou até meados da década de 60, quando foi conseguido a doação do acelerador linear Mark II da Universidade de Stanford pelo Prof. José Goldemberg. Embora classificado na época pelo próprio Prof. Goldemberg como semi-obsoleto, este instrumento, com energia máxima de 35 MeV (1 klystron) tem agregado um grupo ativo de físicos, que tem desenvolvido proveitosa linha de pesquisas em torno da contribuição de multipolos mais altos a ressonâncias gigantes  $E_1$ , e eletro- e foto-fissão.

No último ano, modificações no sistema de vácuo e a adição de um segundo klystron permitiu dobrar a energia máxima desta máquina com um considerável melhoramento no seu desempenho.

#### LABORATÓRIO PELLETRON (IF-USP)

Este grupo iniciou seu trabalho com a volta do Prof. Oscar Sala dos Estados Unidos perto de 1950, onde trabalhou com aceleradores Van de Graaff, principalmente na Universidade de Wisconsin. Iniciou-se então a construção do primeiro acelerador brasileiro, um acelerador Van de Graaff de 3,5 MeV. Esta máquina começou a operação efetiva em 1954/55, e para ter uma idéia das dificuldades encontradas naquela época podemos citar o fato que entre 1952 e 1954 conseguiu-se importar exatamente uma base para fotomultiplicador e mais nada. Uma conseqüência destas dificuldades é que as primeiras pesquisas em Física Nuclear propriamente dito foram realizados somente em 1958, quando uma verba concedida pela fundação Rockefeller permitiu adquirir instrumentação adequada.

No fim da década de 60, este grupo iniciou estudos para instalação de um acelerador mais moderno que resultou na inauguração em 1972 do primeiro acelerador Pelletron fabricado pela National Electrostatics Corp.

Embora este acelerador incorporasse importantes melhoramentos técnicos em comparação com outros aceleradores eletrostáticos existentes naquela época, e tem tido excepcional aceitação mundial depois de sua instalação em São Paulo. Mesmo assim es

te pioneirismo acarretou em vários anos de dificuldades técnicas que limitou seriamente sua produtividade, até que poderia atingir seu estágio atual em que foi classificado como o acelerador Pelletron com maior número de horas operacionais no ano de 1981 (135 dias efetivos de operação) e o de maior gradiente de tensão no tubo acelerador.

As principais linhas de pesquisa desenvolvidas em torno do Pelletron são associadas com reações com íons pesados. Várias aplicações de interesse tecnológico também tem sido desenvolvidos (PIXIE, RBS, etc.).

## CBPF

Os programas de pesquisa envolvendo aceleradores do CBPF começaram desde sua fundação, sendo que um dos primeiros aparelhos de porte comprado foi um acelerador Cockroft-Walton ( $\sim 1952$ ), para ser usado na calibração de emulsões nucleares. No entanto este acelerador nunca entrou em operação efetiva por várias razões, incluindo falta de infra-estrutura adequada e problemas com o clima tropical do Rio de Janeiro. Mais tarde este acelerador foi cedido ao IME, sem porém ainda ser posto em operação.

Mais tarde o grupo do Prof. Argus Moreira iniciou a construção nacional de aceleradores lineares de elétrons no CBPF. O primeiro modelo, terminado em 1963, tinha energia de 2 MeV e é principalmente usado em estado sólido. Posteriormente mais 2 aparelhos deste tipo foram construídos para o Instituto de Física e Química da USP - São Carlos e para o IME, também para uso em física do Estado Sólido.

Após este sucesso o grupo partiu para desenho e construção de um acelerador de 28 MeV, que entrou em operação em 1968. Embora tecnicamente um sucesso, este acelerador tem tido pouca aplicação, em parte porque faltam importantes aparelhos periféricos, especialmente um adequado ímã analisador.

Embora este grupo desenvolveu importantes capacidades tecnológicas, seu trabalho tem sido efetivamente paralisado desde a saída do Prof. Argus Moreira do CBPF alguns anos atrás.

## ACELERADOR VAN DE GRAAFF - PUC/RJ

Na década de 60, a Pontifícia Universidade Católica do Rio, por iniciativa do Padre Francisco Roser S.J., adquiriu um acelerador Van de Graaff de 4 MeV fabricado pelo High Voltage Engineering Co. Embora na época a PUC contasse com poucos físicos nucleares experimentais e com completa falta de infraestrutura, conseguiu instalar esta máquina, que iniciou operação em 1973 e começou a criação do seu atual grupo de pesquisas.

Atualmente este grupo trabalha principalmente em estudos de física atômica e molecular, tais como espectroscopia de elétrons Auger, Raios-X e Beam Foil Spectroscopy. Desenvolve também projetos aplicados tais como RBS.

## CICLOTRONS

Existe dois ciclotrons iguais instalado respectivamente no Instituto de Energia Nuclear na Ilha do Fundão (1975) e no IPEN (1982) em São Paulo.

Embora instalado em 1975, dificuldades institucionais limitaram seriamente a operação do ciclotron do IEN até que passou a responsabilidade do CNEN no fim da década de 70. Atualmente, o grupo de Física Nuclear da IF-UFRJ em colaboração com o IEN tem completado instalação de uma linha de feixe externo fora da área de radiação e iniciado uso do acelerador para pesquisas em fissão e reações nucleares. O ciclotron também tem completado sistemas de produção de radioisótopos para fins médicos e iniciado fornecimento a alguns hospitais em caráter experimental. Ele tem também fornecido fontes radioativas a vários laboratórios de física no país.

O ciclotron do IPEN foi recebido em 1978, e está mais que 95% operacional, faltando ainda algumas poucas obras de infraestrutura para permitir sua plena operação, que deverá ocorrer em 1984. É previsto fabricação de radioisótopos e estudos de danos de radiação.

## O SINCRÓ CICLOTRON

Não seria completo uma história dos aceleradores do Brasil sem discutir o projeto do sincro-ciclotron. Este projeto surgiu como consequência do Simpósio sobre Novas Técnicas em Física no Rio de Janeiro em 1952. A sugestão do projeto foi feita pelo Prof. Rabi, e teve como justificativa a possibilidade de atrair físicos internacionais de primeiro nível, em torno de uma máquina "state of the art" na época, e consistia essencialmente da construção de um sincro-ciclotron de 400 MeV igual ao acelerador da Universidade de Chicago.

A idéia foi encampada pelo CNPq e apoiado pelo Prof. Cesar Lattes do CBPF, e como primeiro passo foi escolhido um sítio para instalação em Niterói, e mandado um grupo de brasileiros para Chicago para ganhar experiência a partir da construção de um modelo em escala de 1/8.

No que diz respeito a organização no Brasil, este projeto malogrou devido a vários fatores, entre os quais pode-se reconhecer a dificuldade em providenciar a infra-estrutura necessária para o projeto, e a decisão posterior do CNPq a canalizar seus recursos para outras áreas. O grupo de brasileiros em Chicago, porém, teve maior sucesso, e a construção do modelo foi efetivamente terminado. Este acelerador se acha atualmente na Universidade Federal Fluminense em Niterói.

Do ponto de vista da física experimental no Brasil este instrumento embora que chegou a ser posto em funcionamento, foi de pouca utilidade. Tem baixa energia, e mais importante, várias características da máquina não foram otimizadas devido ao fato que o que foi construído foi um modelo em escala. Não se precisaria, por exemplo, frequência variável nesta energia.

Apesar do malogro do projeto, que em retrospecto parece grandioso para o nível da Física no Brasil naquela época, o projeto do sincro-ciclotron trouxe alguns benefícios secundários, particularmente nas áreas de mecânica fina, tecnologia de vácuo e eletrônica no CBPF. O projeto também influenciou o crescimento de um forte grupo de eletrônica no IF-UFRGS.

## AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Os aceleradores no Brasil tem tido uma influência importante no desenvolvimento da tecnologia, além da sua contribuição em Física. O grupo do Laboratório Pelletron tem feito importantes contribuições na construção de fontes de íons, tecnologia esta atualmente importante para a indústria de semicondutores; em vácuo; em eletrônica; e especialmente em computação e controle numérico de experiências. Considerável desenvolvimento em instrumentação e computação também foi feito em torno do acelerador linear na USP. A tecnologia de rádio-freqüência tem sido desenvolvido amplamente em São Paulo e na CBPF em torno dos aceleradores lineares até o ponto em que parece viável o desenho e construção de maiores aceleradores deste tipo no Brasil. Várias outras áreas e grupos poderiam ser mencionados neste respeito, incluindo IF-UFRJ, PUC-Rio e IF-UFRGS, em particular.

Apesar dos consideráveis sucessos dos principais aceleradores, deve ser reconhecido que investimento novo nesta área tem sido negligível nos últimos anos. Como consequência, os laboratórios principais começam a sofrer dificuldades em concorrer adequadamente em nível nacional. Problemas sérios existem no sistema de computação do acelerador Pelletron que prejudica sua plena utilização. Mesmo com as recentes modificações, o acelerador linear do IF-USP continua sendo uma máquina semi-obsoleta. O investimento no Van de Graaff da PUC/RJ é prejudicado por falta de pequenas melhorias e manutenção dos aparelhos periféricos.

Devido os portes dos aceleradores principais, alguns dos problemas endêmicos de toda a física os atingem de uma maneira particularmente forte. Um destes problemas é a relativa dificuldade em conseguir fundos para a operação e manutenção de laboratórios em contraste com fundos para investimentos grandes. Embora um investimento anual de ordem de 10% a 20% de capital investido para custos operacionais é consagrado internacionalmente, poucos laboratórios brasileiros atingem este nível. Um segundo problema estrutural grave é o baixo nível de remuneração de pessoal técnico (com poucas exceções), o que impossibilita fixação do pessoal qualificado, tão necessário para a operação satisfatória destas máquinas.

## REFERÊNCIAS

1. A situação da Física Experimental no Brasil  
J. Goldemberg, *Ciência e Cultura* 12 (1960) 3.
2. História de Física Fotonuclear no Brasil  
J. Goldemberg em Anais do Primeiro Simpósio sobre Física Fotonuclear 1983 IF-USP.
3. Sistema de Vácuo do Ciclotron CV-28 do IPEN  
G. Lucki, J.M.G. Santos, A.A. Zanchetta, *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo* 2 (1982) 201.

### ACELERADORES EM OPERAÇÃO 1983

Instrumento	Instituição	Data	Partícula	E (MeV)	i (µa)
Acel. Linear	IFUSP	72	$e^-$	6/70 <sup>1</sup>	0.2
Pelletron	IFUSP	72	P	4/16	~ 10
			$O^{16}$	12/64	≤ 10
			$\alpha, \alpha, C^{12}, N^{14}$		
Van der Graaff	PUC/RJ	-65	P	1/4	~ 10
			$\alpha$	1/8	-
			P	2/24	40-60
	IEN	75	d	4/14	50-100
Ciclotron	IPEN	83?	$He^3$	6/36	5-50
			$\alpha$	8/28	6-40
	CBPF	63			
Acel. Linear	IFQSC		$e^-$	/2	5
	IME				
Acel. Linear	CBPF	68	$e^-$	/28	20

1. 35 MeV com 1 klystron até 1983.
2. feixe externo, correntes internos 10 x maior.