



**CBPF - CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS**  
**Rio de Janeiro**

**Ciência e Sociedade**

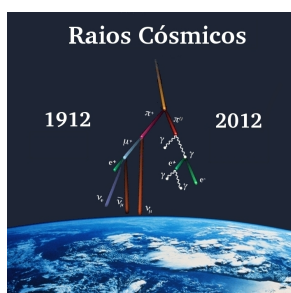
CBPF-CS-001/12

março 2012

**Contribuições para a História dos Raios Cósmicos no Brasil**

Antonio A. P. Videira & Cássio Leite Vieira

(organizadores)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



***Contribuições para a História dos  
Raios Cósmicos no Brasil***

*Antonio A. P. Videira*

&

*Cássio Leite Vieira*

(organizadores)

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF

Rua Dr. Xavier Sigaud, 150

22290-180 – Urca, RJ - Brasil

## SUMÁRIO

Ao encontro de um dos mais fascinantes mistérios do Universo: os raios cósmicos	
Luiz Freire (Para o Diario de Pernambuco).....	1
Reprodução do Texto Original.....	5
Luiz Freire: Semeador de vocações científicas	
Antonio Augusto Passos Videira & Cássio Leite Vieira (Instituto Ciência Hoje).....	6
Reprodução do Texto Original do Artigo Medidas do efeito de latitude para “showers” - Parte I	
G. Occhialini.....	15

## **Ao encontro de um dos mais fascinantes mistérios do Universo: os raios cósmicos**

*Luiz Freire*

(Para o Diário de Pernambuco)

Fomos ontem a bordo do Oceania ter com a missão científica enviada à Europa pela compreensão magnífica da Universidade de São Paulo.

Compõem-na o célebre Físico Occhialini, e os Drs. Mario Schoenberg e Damy Santos. Occhialini e Damy Santos com os seus aparelhos de alta física instalados a bordo fazem beneditinamente o estudo da radiação cósmica na zona equatorial.

Mario Schoenberg destina-se à Cambridge onde vai tomar um curso em seus laboratórios e bibliotecas orientado pelo Prof. Dirac, sem dúvida nenhuma, o mais notável representante da nova física teórica.

Tivemos a imensa honra de haver iniciado Mario Schoenberg no trato científico da matemática e da física não nos escapando, desde o primeiro contato que com ele tivemos – foi em 1932, quando então era ele menino de 15 anos – acharmo-nos em face dessas organizações privilegiadas de homem de ciência, raramente encontradas. As suas concepções, que não será ousadia de nossa parte classificá-las de geniais, certamente encontrarão na renomada Cambridge e junto ao grande Dirac, campo propício à sua completa expansão.

Quanto ao Prof. Occhialini, já conhecíamos os seus notáveis feitos em colaboração com os físicos de nome universal que são Chadwick e Blackett, de Cambridge.

Há poucos dias havíamos mesmo observado atentamente as suas fotografias que mostram pares formados de um pósitron e de um elétron de raios gamma de grande quantum absorvidos por elementos pesados.

É Occhialini, um jovem homem de ciência, cheio de bondade e simplicidade, que contando 30 anos de idade apenas, já tem o seu nome figurando nas publicações e memórias dos grandes pesquisadores da física moderna, os quais o consideram como seu igual.

Foi no ano de 1900 que o grande físico Wilson estabeleceu de modo incontestável que o ar seco encerrado em um vaso fechado não é um isolante elétrico perfeito, apresentando certa, embora fraca, condutividade.

E com um genial intuição, dizia, ainda ele, em 1901:

“Experiências que vamos compreender permitirão talvez ver se a produção de íons no ar desembaraçado de toda poeira é dividida a uma radiação de fontes exteriores à nossa atmosfera, provavelmente análoga às radiações Roentgen, ou aos raios catódicos, mas com um poder de penetração enormemente superior.”

A solução do problema aí posto foi bem menos rápida que as palavras de Wilson faziam supor.

Somente trinta anos depois é que adquirimos a certeza da existência de “raios cósmicos”, isto é, de radiações de penetração enormemente superior às catódicas ou às de Roentgen e de origem extra-terrestre. São os raios cósmicos que bombardeiam a terra em todas as direções, compostos de partículas carregadas de eletricidade negativa e positiva – elétrons negativos e positivos – possuindo uma energia que se não desconfiava poder existir na natureza.

A energia emitida pelas partículas das substâncias radioativas é pequena em face das dos raios cósmicos – a dessas irá certamente a ..... 100.000.000.000.000 de volts electron!

Arriscadas ascensões em balão tem sido feitas – e Picard foi o primeiro que penetrou mais fundo na estratosfera – assim como imersões em lagos profundos, tudo isso com o fim de determinar se a ionização produzida nas câmaras, em um lugar dado, dependia unicamente da camada de ar ou da água acima existente – a proposta foi afirmativa, o que teve como consequência firmar a convicção que os raios cósmicos vêm de cima para baixo através de nossa atmosfera e tem o poder de penetração na água, de 500 metros.

Dos assuntos atuais da Física que, alias, são em grande número, cada um dos quais mais sedutor, mais misterioso, é o dos raios cósmicos o que está dando lugar o maior número e vastidão de pesquisas.

Em 1930, uma organização mundial, sob a direção do notável físico Compton, empreendeu pesquisas no sentido de estabelecer aí se a intensidade da radiação cósmica varia ou não com a latitude.

Sessenta e nove estações foram distribuídas entre as latitudes 780N e 460S, à diferentes altitudes.

Os resultados das medidas colhidas ao longo dessa grande faixa indicaram variar a intensidade com a latitude, o que veio decidir da importante questão de saber se a radiação é de natureza eletro-magnética ou de natureza corpuscular.

É a radiação cósmica de natureza corpuscular, consistindo em partículas carregadas de eletricidade, pois, então, seriam desviadas pelo campo magnético terrestre, o que explicaria ser a intensidade da radiação cósmica nos polos maior que no equador, justamente o verificado nas medições organizadas por Compton.

O grande mistério dos raios cósmicos está na sua origem e mecanismo de produção.

Qual a fonte de que dimanam?

Como são produzidos?

Wilson formulou a hipótese de que tenham os raios cósmicos origem nos campos elétricos produzidos pelas tempestades.

Mas essa hipótese é incapaz de explicar a variação de intensidade da radiação cósmica com a latitude.

É difícil conceber outro processo terrestre de geração dos raios cósmicos. Assim, admite-se a sua origem extra-terrestre.

Será o nosso Sol a fonte dos raios cósmicos, ele ou uma outra estrela da nossa galáxia?

Não, pois, a constância no tempo da radiação – o que medições rigorosas já firmaram – conduz a admitir a sua completa isotropia no espaço inter-estrelar, o que não se coaduna com a distribuição do Sol e das estrelas de nosso sistema galáctico que não se faz uniformemente em torno da Terra.

E quanto as outras galáxias?

Não provindo os raios cósmicos da nossa galáxia, não é provável que provenham de outras.

O físico Regener, a quem se devem belos trabalhos sobre os raios cósmicos, emitiu a hipótese de que a radiação cósmica teria aparecido no começo da evolução do universo “tornado-se isotropa à força de viajar no interior do universo.”

Essa teoria “arqueológica” recebeu do Abbade Lemaitre a sua última demão, pela assimilação do universo em seu conjunto a um “imenso” átomo, o qual emitiria os raios cósmicos por uma espécie de processo super-radioativo.

E outras, e muitas outras hipóteses sobre a origem dos raios cósmicos, têm sido formuladas.

A exceção de uma única – a da origem terrestre –, todas elas se ligam à Cosmogonia.

Daí, dizer Blackett.

“Qualquer que seja a explicação correta da origem dos raios cósmicos, pode se pensar que quando nós a tivermos encontrado, teremos igualmente dado um grande passo para a solução do problema da evolução do universo.”

Às pesquisas sobre os raios cósmicos deve-se a descoberta do pósitron – o elétron positivo –, essa partícula eletrizada na qual se vê, com toda probabilidade, um constituinte de todo o Universo.

Na admirável “câmara de condensação” de Wilson – a que se devem todos os grandes sucessos da física das radiações –, constatou-se que a radiação cósmica se compunha de duas espécies de trajetórias, as carregadas negativamente e devidas a elétrons rápidos, e as carregadas positivamente.

De que natureza seriam essas partículas positivas?

Anderson, o grande físico de Pasadena, a quem se devem esses estudos verificou ser a trajetória longa demais para ser devida a um próton.

Aventou, então Anderson, a hipótese da “existência possível de uma partícula carregada positivamente e tendo uma massa comparável a do elétron” – era o elétron positivo, o pósitron.

Coube a Blackett e a Occhialini dar, com raro engenho, as provas da realidade da hipótese de Anderson.

Bastaria esse fato para inscrever o nome de Occhialini dentre os grandes da microfísica.

O conhecimento do pósitron veio abrir à ciência perspectivas das mais amplas e fecundas.

Não só nos raios cósmicos aparecem pósitrons.

Sob a ação dos raios gamma emitidos por fonte polonium-glucinium, os radiadores de peso atômico elevado, emitem, em grande proporção, elétrons positivos – já nos referimos a trabalhos de Occhialini também nesse sentido.

E segundo experiências ainda de Occhialini, tudo está a indicar que os neutrons, atravessando o chumbo, são capazes de provocar a emissão de pósitrons.

É bem possível, segundo os mais autorizados físicos, que os pósitrons resultem da materialização de fótons, e, inversamente, que o desaparecimento, desmaterialização do pósitron de nascimento a fótons – esse último fato resulta da teoria dos elétrons de Dirac.

Irene Joliotte- Curie vem com muita razão, na desmaterialização do pósitron, que se segue quase imediatamente à sua formação – a vida do pósitron é bem efêmera –, mais um modo de degradação das energia, atendendo ao fato da referida desmaterialização ser acompanhada de uma radiação de 500.000 volts-elétron. E assim parece que cada vez mais caminhamos para um morte certa.

# Do encontro dum dos mais fascinantes mistérios do Universo: os raios cósmicos

Luiz FREIRE

(Para o DIÁRIO DE PERNAMBUCO,

que publica a série de artigos de Luiz Freire sobre os raios cósmicos, sob o pseudônimo de "Luzes do Espaço")

Desde que o homem começou a estudar a natureza, sempre se interessou por fenômenos que lhe eram desconhecidos e misteriosos.

Hoje, com o auxílio dos instrumentos modernos, o homem está descobrindo cada vez mais os segredos da natureza.

Entre os fenômenos mais fascinantes descobertos recentemente, estão os raios cósmicos.

Esses raios, que vêm do espaço exterior, são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

Esses raios são constituídos de partículas atômicas que se deslocam com uma velocidade enorme.

Quando entram em contacto com a matéria, produzem efeitos muito interessantes, que são estudados pelos físicos modernos.

Os raios cósmicos são, portanto, um dos mais fascinantes mistérios do Universo que estão sendo desvendados hoje.

# O MOMENTO INTERNA

A luta por Oriente está aproximando-se de uma fase decisiva. A Inglaterra e os Estados Unidos, que se tornaram aliados, estão agora unidos para enfrentar o desafio japonês.

O momento é crítico para o mundo inteiro. Os países democráticos devem unir-se para conter a expansão do imperialismo japonês.

A situação em Oriente é extremamente tensa. O Japão continua a avançar, apesar das pressões internacionais.

Os Estados Unidos e a Inglaterra estão tomando medidas para fortalecer a defesa do território japonês.

É de grande importância para o mundo inteiro acompanhar o desenrolar desses acontecimentos.

Os países democráticos devem manter-se firmes e unidos para enfrentar os desafios do futuro.

A luta por Oriente é uma luta pela liberdade e pela democracia em todo o mundo.

Os países democráticos devem continuar a lutar até a vitória final sobre o imperialismo japonês.

A situação em Oriente é extremamente tensa. O Japão continua a avançar, apesar das pressões internacionais.

Os Estados Unidos e a Inglaterra estão tomando medidas para fortalecer a defesa do território japonês.

É de grande importância para o mundo inteiro acompanhar o desenrolar desses acontecimentos.

Os países democráticos devem manter-se firmes e unidos para enfrentar os desafios do futuro.

A luta por Oriente é uma luta pela liberdade e pela democracia em todo o mundo.

Os países democráticos devem continuar a lutar até a vitória final sobre o imperialismo japonês.

A situação em Oriente é extremamente tensa. O Japão continua a avançar, apesar das pressões internacionais.

Os Estados Unidos e a Inglaterra estão tomando medidas para fortalecer a defesa do território japonês.

É de grande importância para o mundo inteiro acompanhar o desenrolar desses acontecimentos.

Os países democráticos devem manter-se firmes e unidos para enfrentar os desafios do futuro.

A luta por Oriente é uma luta pela liberdade e pela democracia em todo o mundo.

Os países democráticos devem continuar a lutar até a vitória final sobre o imperialismo japonês.

A situação em Oriente é extremamente tensa. O Japão continua a avançar, apesar das pressões internacionais.

Os Estados Unidos e a Inglaterra estão tomando medidas para fortalecer a defesa do território japonês.

É de grande importância para o mundo inteiro acompanhar o desenrolar desses acontecimentos.

Os países democráticos devem manter-se firmes e unidos para enfrentar os desafios do futuro.

A luta por Oriente é uma luta pela liberdade e pela democracia em todo o mundo.

Os países democráticos devem continuar a lutar até a vitória final sobre o imperialismo japonês.

A situação em Oriente é extremamente tensa. O Japão continua a avançar, apesar das pressões internacionais.

Os Estados Unidos e a Inglaterra estão tomando medidas para fortalecer a defesa do território japonês.

É de grande importância para o mundo inteiro acompanhar o desenrolar desses acontecimentos.

tos das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

# CARNAVAL

C. O. SAPOS EM FOLIA

Foi fundado nesta cidade, o Club Carnavalesco Misto "Sapos em Folia" que se exhibirá no carnaval deste ano.

Foi eleita a seguinte diretoria: Presidente, Severino Barba; vice, Simplicio Neto; 1.º secretário, Luciano Pereira; 2.º secretário, Antonio Gomes; tesoureiro, Pedro Fernandes; vice, Benedito Vilas; diretor, Luiz Bernardini; diretor de cordão, Albano Morais; orador, Leovigildo Campos; vice, Argemiro Luis; comissão de cordão, Silvio Soares e João Simões; comissão de cordão, Manoel Belarmino; fiscal, Luiz Firmino.

O ano de 1938 que o grande carnaval carioca está se realizando neste ano, promete ser o mais brilhante de todos os tempos.

Os organizadores do carnaval estão trabalhando para proporcionar aos participantes o melhor momento da festa.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

O carnaval carioca é uma das maiores festas do mundo e atrai milhares de turistas de todos os países.

Os organizadores estão trabalhando para tornar este carnaval ainda mais maravilhoso e divertido.

Os visitantes são convidados a participar ativamente do carnaval e a aproveitar ao máximo esta oportunidade.

Tem 6 anos e já sabe distinguir: LACTA é o bom chocolate, o chocolate do melhor cacão, do melhor leite, do melhor açúcar.

LACTA CHOCOLATE E LEITE

Vida Militar

RELAÇÃO DE CLASSE DE RESERVISTAS DO INSTITUTO DE GUERRA

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Lista de nomes de reservistas do Instituto de Guerra, com seus respectivos dados pessoais e militares.

Com a sua luz limpa em poucas horas. 1.º — O sangue limpa de impurezas e hemorragias. 2.º — Desaparecimento de manifestações de sifilíticas. 3.º — Desaparecimento completo de RHEUMATISMOS e de cabeceras, de fundo sifilítico. 4.º — Desaparecimento das manifestações de sífilis e de incontinências de fundo sifilítico. 5.º — O aparelho gastro-intestinal perfeito. "ELIXIR 914" não mata o microbio e não contém substâncias purgativas que irritam os órgãos, de esp. e da Dispepsia Sifilítica. Depura e tonifica. VIDROS DUPLOS — Já se encontram à venda com líquido e custando menos 20% que o vidro simples.

# COLUMNA DE HIGIENE N.º

PROFILAXIA DO SUICÍDIO

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

Comunidade do Hospital de Higiene Mental

zeiro

evista

Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

Revista de Instrução

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,

do das mulheres  
gões internos,  
heras têm medo  
e estas terríveis  
terras, desde o  
cações internas,



## **Luiz Freire: Semeador de vocações científicas**

*Antonio Augusto Passos Videira (UERJ, CNPq)*

&

*Cássio Leite Vieira (Instituto Ciência Hoje)*

Em 1938, Luiz de Barros Freire publicou, num jornal de sua cidade natal (Recife), um artigo em que apresenta brevemente aos leitores uma das áreas da física mais intensamente estudadas à época: os raios cósmicos. A motivação para o engenheiro pernambucano escrever aquele texto veio de breve contato dele com três jovens físicos que estavam a bordo de um navio que seguia para a Europa e que fazia escala no porto daquela capital.

O *Oceania*, nome da embarcação onde se encontravam os três jovens – o italiano Giuseppe Occhialini, e os brasileiros Mário Schenberg e Marcelo Damy de Souza Santos, então pesquisadores da recém-fundada (1934) Universidade de São Paulo (USP) –, vinha do porto de Santos e havia servido como base para a realização de experiências feitas para a medição do efeito da latitude sobre a trajetória e a intensidade dos raios cósmicos<sup>1</sup> – sendo estes núcleos atômicos que, vindos do espaço, bombardeiam a todo instante a atmosfera terrestre, gerando, com essas colisões contra núcleos de elementos químicos do ar, ‘chuveiros’ de partículas energéticas que chegam ao solo.

Essas pesquisas experimentais haviam sido planejadas na USP, onde se encontrava, desde 1934, o físico italiano, de origem ucraniana, Gleb Wataghin. Os resultados dessas investigações tornaram-se públicos nos anos seguintes em publicações nacionais e internacionais – e foram responsáveis pela inserção da física do Brasil no cenário internacional.

O objetivo de Luiz Freire com seu artigo era duplo. Em primeiro lugar, queria chamar a atenção para a existência de um grupo de cientistas, no Brasil, interessados em se dedicar à chamada ciência pura: pesquisas compromissadas apenas com a compreensão da natureza, independentemente de aplicações práticas – o que hoje se denomina pesquisa básica. Freire, ao lado de outros poucos cientistas em nosso país, batia-se, há anos, pela consolidação das instituições necessárias para a existência, em

---

<sup>1</sup>) O artigo contendo os resultados desta expedição está reproduzido mais adiante, cf. Occhialini, p. 16.

solo brasileiro, da física e de outros ramos das ciências naturais. Seu segundo objetivo era apresentar, ao grande público, a existência desse fenômeno (os raios cósmicos), que atraía o interesse de praticamente todos os físicos importantes do mundo.

Com o seu artigo – talvez o primeiro sobre raios cósmicos a sair na imprensa brasileira –, Freire mostrava, aos seus conterrâneos, que o Brasil, em pouco tempo, havia conseguido se organizar, de modo a participar de pesquisas que se encontravam na linha de frente da física mundial.

Apesar de curto, o artigo de Freire é claro, inteligível e elegante – e está cheio de mensagens subliminares que valem ser aqui comentadas.

Sem exagerar nos adjetivos, Freire apresenta sua opinião sobre a importância da decisão da USP em apoiar a organização da viagem dos três cientistas “paulistas” – Occhialini, com vinhos, era italiano, e Schenberg, pernambucano. Freire pergunta-se: Quantas outras universidades brasileiras de então poderiam e queriam patrocinar ações semelhantes? A bem da verdade, nenhuma, dá a entender. Freire declara também que os três cientistas se comportavam beneditinamente ao realizarem as medidas. Em outras palavras, Freire acentuava a necessidade – forte à época – de todo e qualquer cientista se dedicar à *sua* ciência, impregnado dos mesmos valores daqueles que se guiavam por valores transcendentais. Para isso, era necessário ter sofrido a influência certa – no caso de Damy, surge o nome de Wataghin; no caso de Schenberg, além de Wataghin, o do próprio Freire, como veremos a seguir.

É nítida a preocupação de Freire em mostrar que dois dos três cientistas eram brasileiros e haviam sido formados aqui, na mesma USP, que apoiava a viagem. Damy, nascido em Campinas (SP), havia estudado engenharia e física na USP. Schenberg, talento precoce, descoberto por Freire, como tantos outros, também fora aluno da mesma universidade. Occhialini formara-se na Itália, trabalhara na Europa com grandes nomes da física e viera para o Brasil para escapar da política fascista, com a qual ele não concordava.

Damy e Schenberg haviam se transformado em físicos graças a Wataghin – para isso, muito concorreu o entusiasmo deste último. Todos aqueles que passaram pelas mãos do físico ítalo-ucraniano foram tocados por seu caráter apaixonado. Em menos de dois anos, Wataghin percebeu que, em São Paulo, não eram poucos os jovens interessados em questões científicas. Tal interesse, no entanto, não era capaz de sensibilizar os professores mais antigos e ligados à Escola de Engenharia. Em caso semelhante ao do próprio Freire – que foi um autodidata em questões científicas –, os

jovens brasileiros, até a chegada de Wataghin, não dispunham de mecanismos institucionais, nem da liderança competente de um cientista profissional, para se dedicarem à carreira científica.

Em 1975, Wataghin concedeu entrevista a um projeto de história oral – organizado por Simon Schwartzman e financiado pela FINEP – com o qual se procurava compreender as origens da ciência em nosso país. Nesse depoimento, Wataghin fez o seguinte comentário a respeito de seus primeiros alunos:

“Tive a sorte, já desde 36, de encontrar ótimos alunos e colaboradores. Chegando no Brasil, eu e Fantappié, nos pediram para fazer o curso completo. Fantappié fazia todas as matemáticas. Eu fazia a Física Experimental e Teórica e a Mecânica Teórica, o que é já muita coisa. Fazíamos bastante aulas. Além disso, me disseram: precisa criar um laboratório experimental. As minhas simpatias pessoais foram sempre para a teoria. A coisa que eu podia começar, que me interessava, eram os raios cósmicos, elevadas energias. Para isto, precisava um pouco de laboratório. E encontrei em duas pessoas – Marcello Damy de Souza Santos e Paulus Pompéia – uma ajuda fundamental. Eles eram experimentais verdadeiros, e sabiam construir circuitos elétricos, soldar, tudo isto. E depois tinha um mecânico, [Bentivoglio], de origem italiana, nascido em São Paulo, que foi um ótimo elemento que nos ajudou muito.”

Wataghin se mostrou capaz de perceber a presença de elementos humanos com competência suficiente para participarem de suas próprias pesquisas, as quais haviam sido concebidas ainda na Itália. Por esse aspecto, Wataghin é um exemplo da tese que defende a importância do meio para o sucesso de toda e qualquer empreitada humana. Quando comparado a ele, Freire – em que pese toda sua enorme capacidade de descobrir talentos e incentivá-los para a carreira científica – não conseguiu obter o mesmo resultado: fazer ciência em Recife era, então, muito mais complicado do que em São Paulo.

\* \* \*

Luiz de Barros Freire nasceu em Recife em 16 de março de 1896. Seu pai morreu quando ele tinha três anos de idade, o que fez com que ele se mudasse, com sua mãe, para a casa de seus avós maternos. Na adolescência, trabalhou na loja de um tio, entregando mercadorias. Desde essa época, lia muito sobre ciência, encontrando-se com um grupo de amigos para discutir temas de ciência e filosofia. Apesar de ter estudado engenharia, foi, sobretudo, um autodidata.

Freire estudou na Escola de Engenharia de Pernambuco entre 1914 e 1918, período exatamente correspondente ao da Primeira Guerra Mundial. Desde a década de 1920, interessou-se pela teoria da relatividade, chegando a publicar, em 1924 e 1928, dois artigos em que não apenas a divulgava, mas a defendia de seus críticos, como físico francês H. Bouasse. Além de Einstein, Freire entusiasmava-se com as ideias filosóficas de Russell, Poincaré e Whitehead. Sua produção científica espelha seu autodidatismo: escreveu artigos – muitos deles publicados em revistas pernambucanas – sobre diferentes temas.

Em 1933, torna-se, por indicação do neurocientista Miguel Ozório de Almeida, membro correspondente da Academia Brasileira de Ciências (ABC), frequentando, sempre que possível – geralmente, nas férias universitárias –, suas reuniões na cidade do Rio de Janeiro, onde está a sede da instituição.

Em 1938, foi nomeado diretor da recém-fundada Universidade do Distrito Federal, cargo que ocupou por pouco tempo, uma vez que essa universidade foi fechada no ano seguinte, pelo governo Vargas, que cedeu a pressões exercidas pelos círculos conservadores e católicos da capital. Retornou, então, ao Recife, lá permanecendo até o final de sua vida.

Ainda em 1919, foi nomeado professor catedrático da cadeira de geometria na Escola Normal Oficial de seu estado natal. Aí, conheceu Branca Palmeira Freire, com quem se casaria. Desse matrimônio, nasceram seis filhos. Ingressou como professor na Escola de Engenharia de Pernambuco em 1921, lá permanecendo por 42 anos, até sua morte, em 1963.

Como era comum à época, Freire viajou pouco ao exterior. Foi três vezes à Europa (1952, 1956 e 1958), quando as viagens de avião começaram a se tornar mais frequentes. Veio várias vezes ao Rio de Janeiro para participar também de reuniões do então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), do qual era membro integrante do Conselho Deliberativo.

Como seus vencimentos eram baixos, lecionou ainda no Ginásio Pernambucano (de 1925 a 1940) e nos colégios Carneiro Leão, Oswaldo Cruz e Prytaneu – este último mantinha publicação própria, na qual Freire publicou textos –, bem como no Liceu Pernambucano.

Em que pese sua competência didática e sua enorme cultura científica e filosófica, Freire se destacou por descobrir talentos entre jovens que moravam em Recife. É impressionante o número de jovens que encaminhou para centros mais avançados da época, para que pudessem aprofundar o estudo em matérias científicas, consolidando a opção por uma vida dedicada à ciência. Entre esses jovens, além de Schenberg, estão José Leite Lopes, Hervásio de Carvalho, Samuel MacDowell, Ricardo Ferreira, Ricardo Palmeira, Fernando de Souza Barros, Leopoldo Nachbin, Maria Laura Mousinho Leite Lopes, Manfredo Perdigão do Carmo, Jônio Lemos, Amaranto Lopes e Francisco de Assis Brandão. Poucos desses jovens acabaram se radicando em Pernambuco. Muitos foram para outros estados, e outros para o exterior.

À época de Freire, permaneciam muitas das dificuldades materiais (e ideológicas) que dificultavam a consolidação da ciência no Brasil. No entanto, uma delas já se mostrava sinais de atenuação: a capacidade de deslocamento. Já havia, ainda que de forma insuficiente, recursos financeiros (vindos, por vezes, do exterior) para financiar viagens, missões de trabalho, aperfeiçoamento e aprendizado em centros mais avançados, como afirma o próprio Wataghin:

“Na mesma época, decidi que a melhor coisa para o Brasil era formar aquele pouco que eu podia dar e depois mandar logo embora. Então eu estava em boas relações com representantes do chamado *British Council*, que se ocupava de bolsas de estudo. E pedi ao *British Council* para dar uma bolsa a Marcello Damy, para Cambridge. Ele foi lá, perguntaram a ele com quem queria trabalhar. Com Dirac não podia, porque [Damy] não era teórico. Ele escolheu um dos melhores experimentais da época, um certo Carmichel.”

Schenberg, em meados de 1938, saindo do Recife, seguiu para a Europa, mais precisamente para Cambridge, na Inglaterra, onde deveria trabalhar com Paul Dirac – ele, no entanto, não chegou tão longe, permanecendo, em Roma, com Enrico Fermi, e,

em Zurique, com Wolfgang Pauli. Damy foi para a Inglaterra e, de fato, lá permaneceu até o início da Segunda Guerra Mundial. Naquele país, aperfeiçoou técnicas experimentais importantes para as pesquisas brasileiras em raios cósmicos e que foram coroadas com a descoberta, poucos anos depois, dos chamados chuveiros penetrantes, fenômeno produzido pela interação dos raios cósmicos com a matéria presente na atmosfera terrestre.

\* \* \*

Os raios cósmicos tiveram sua existência comprovada por medidas realizadas em balões entre 1910 e 1912. Os físicos Albert Gockel e Victor Hess (1883-1964), na década de 1910, mostraram a existência de uma radiação de origem extraterrestre. Segundo a historiadora da física Martha Cecília Bustamante:

“Em 1910, realizando observações em balões com uma câmara de ionização e um eletroscópio, a uma altitude de 4.500 m, Gockel constatou que o seu aparelho se descarregava mais rapidamente do que em terra e que deveriam existir raios provenientes da atmosfera superior ou do espaço sideral. Em 1911, Hess conduziu observações do mesmo tipo e confirmou a existência dessa radiação extraterrestre. Os estudos seguintes trataram, sobretudo, dos aspectos geofísicos do fenômeno. Foi apenas nos anos 1920 que R. A. Millikan, nos Estados Unidos, realizou os trabalhos mais importantes a respeito dos [seus] aspectos físicos.”

Até a descoberta de novas técnicas, necessárias e apropriadas, essas investigações sofreram limitações importantes. Por volta da década de 1920 e do início da seguinte, apareceram desenvolvimentos na câmara de Wilson e no método de coincidência que fizeram com que novas características dos raios cósmicos se tornassem conhecidas.

Até o final da década de 1920, ainda que os dados experimentais corroborassem a origem extraterrestre da radiação cósmica, sua natureza ainda era tema para discussões acirradas. O norte-americano Robert Millikan, por exemplo, defendia que a origem dos raios cósmicos – por sinal, nome que ele atribuiu ao fenômeno – era devida aos raios

gama, e este, por sua vez, tinham origem na formação de novos elementos químicos no espaço, hipótese que ganhou o nome de ‘choro de nascimento dos átomos’.

Talvez o mais importante especialista em raios cósmicos na década de 1920, Millikan, nos anos seguintes, viu suas teorias – algumas delas muito especulativas para os padrões da ciência da época – serem paulatinamente corrigidas ou mesmo abandonadas.

O cientista holandês Jacob Clay mostrou que os raios cósmicos eram desviados pelo campo magnético terrestre. Porém, o golpe derradeiro para a hipótese de Millikan veio de resultados obtidos por seu compatriota Arthur H. Compton, que mostrou, com base em medidas feitas em diferentes pontos do globo terrestre, que havia mudanças nas intensidades dos raios cósmicos em função de variações geográficas. Compton, inclusive, veio ao Brasil, em 1941, quando participou de um simpósio sobre raios cósmicos organizado pela Academia Brasileira de Ciências, ao mesmo tempo em que participou de uma expedição científica a Bauru (SP), onde, junto com Wataghin e seus assistentes, lançou balões à atmosfera.

Contudo, no artigo de Luiz Freire, Compton não é mencionado. Curiosamente, ele menciona as pesquisas de outro cientista, certamente importante à época: o físico italiano Bruno Rossi. Este último, trabalhando na Itália, determinou, pouco tempo depois, que os raios cósmicos eram constituídos de partículas carregadas. Rossi também fez experiências sobre o desvio magnético, além de efetuar medidas da ação do campo magnético terrestre sobre a radiação primária incidente na atmosfera, contribuindo para refutar Millikan. Com a realização de uma série de experiências de coincidência entre contadores Geiger-Müller, Rossi forneceu evidências do grande poder de penetração dos raios cósmicos e mostrou que eles produziam grandes quantidades de radiação secundária ao atravessarem a matéria.

Uma das vantagens associadas aos raios cósmicos era a de que eles podiam ser investigados com equipamentos – ainda que sofisticados do ponto de vista técnico – relativamente baratos. Isso sem falar em sua relevância para a elucidação de problemas teóricos, associados à aplicação da mecânica quântica ao estudo da estrutura dos núcleos atômicos e ao comportamento da matéria em escala subatômica. No caso específico de Wataghin, seu interesse pelos raios cósmicos decorria de sua crença, esposada por outros como o alemão Werner Heisenberg, de que as leis da mecânica quântica deveriam sofrer profunda reformulação quando os fenômenos envolvessem energias muito elevadas.

Wataghin era principalmente um investigador por natureza. Seus métodos de ensino eram pouco convencionais para os padrões da época, pois privilegiavam a presença dos conteúdos de suas linhas de pesquisa em sala de aula, o que ele fazia por meio da prática de seminários. Para ele, a formação dos pesquisadores – isto é, a transformação de estudantes em agentes ativos no processo de formulação do conhecimento – deveria ser iniciada o mais cedo possível.

A linha de pesquisa que desenvolveu no Departamento de Física da USP era, na verdade, continuação daquilo que fazia na Itália. Aqui, Wataghin preocupava-se com a elaboração de formulação matemática consistente para a teoria quântica de campos, o que naquele tempo correspondia à quantização do campo eletromagnético. O principal obstáculo a ser superado dizia respeito à presença de infinitos que apareciam quando se tentava calcular processos físicos altamente energéticos. A atenção de Wataghin concentrava-se na interação do elétron com o seu próprio campo. Uma vez que o elétron era visto como pontual – o que era a hipótese fundamental da eletrodinâmica quântica –, essa interação tinha que ser necessariamente divergente.

Para formular uma solução para esse problema, Wataghin, já em 1934, propôs o uso de um ‘*cut off*’ relativístico, que consistia na modificação do hamiltoniano e, por conseguinte, das equações de Maxwell. Em breves palavras, a ideia de Wataghin era introduzir, no formalismo da teoria quântica, um operador, designado  $G$  e chamado fator de convergência ou de atenuação, que ‘cortava’ ou limitava as interações. Esse fator operaria sobre o termo que representa a interação entre a radiação e o elétron, presente na expressão corrente do hamiltoniano.

Ao receber a incumbência de criar um laboratório de física experimental, Wataghin, percebendo a competência que Damy e Pompeia na construção e manipulação de instrumentos eletrônicos, decidiu explorar os raios cósmicos, o que também estava de acordo com sua determinação de testar teoricamente os limites de validade da mecânica quântica. Em particular, Wataghin, seguindo sugestão feita anteriormente por Heisenberg, estudou a produção múltipla de partículas por meio de uma única interação entre a radiação cósmica e a matéria. Entre 1938 e 1940, muitas observações foram feitas em locais como o viaduto do Chá, na capital paulista, bem como numa antiga mina de ouro no Estado de Minas gerais, além das altitudes de Campos do Jordão (SP).



Essas observações revelaram e comprovaram a existência dos chuueiros penetrantes, a maior descoberta científica de Wataghin e colaboradores no domínio dos raios cósmicos.

\* \* \*

No início desta breve introdução, afirmamos que Freire, ao publicar o seu artigo no *Diário de Pernambuco*, também pretendia divulgar, junto ao público recifense, a existência dos raios cósmicos, bem como o interesse que esses fenômenos desempenhavam junto à comunidade de físicos. Esse interesse fica claro pelo grande número de cientistas mencionados por Freire. Não nos parece que ele quisesse impressionar seus leitores com todos aqueles nomes, nem mesmo soa como mero exercício de erudição. Parece, sim, que pretendia mostrar que, mesmo em centros menos consolidados e pujantes cientificamente, era possível aprender aqueles assuntos, seja por meio da leitura de textos, seja por meio do contato pessoal com aqueles que tinham esse conhecimento.

O artigo de Freire deve ser compreendido como exemplo da complexidade da constituição do ambiente científico – principalmente em um país como o Brasil da época –, ambiente complexo, instável e mutável, sendo, talvez, o mais importante de seus constituintes a vocação para a ciência.

Por sua vida e obra, Luiz Freire se mostrou particularmente notável na descoberta de futuros cientistas. Certamente, um dos grandes semeadores de vocações científicas que o Brasil conheceu até hoje.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
BOLETINS DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

V

FÍSICA N.º 1



1938

BOLETINS DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS  
E LETRAS  
DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

V

# FÍSICA N.º 1

## SUMARIO

- G. WATAGHIN e M. DAMY DE SOUZA SANTOS - Sobre a tecnica das medidas referentes a contagem de particulas elementares e a radiação cosmica.
- G. OCCHIALINI - Medida do effeito de latitude para showers.
- G. OCCHIALINI - Diffusão dos raios gamma do Thorium C".
- G. WATAGHIN - Sobre a teoria quantica e relatividade.
- G. WATAGHIN - Sobre a teoria da transformação das equações de Dirac e relatividade geral.

Maio 1938

# Medidas do efeito de latitude para "showers"

## Parte I

*G. Occhialini*

Departamento de Physica. Universidade de São Paulo.

No ano passado foi organizada no Departamento de Physica da Faculdade de Philosophia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, pelo prof. G. Wataghin, uma série de medidas na faixa equatorial e em regiões temperadas destinadas a determinação da grandeza do efeito de latitude para "showers". Na presente nota são citados os resultados da primeira expedição, na qual foi escolhida como faixa de observação a região compreendida entre a Baía e Trieste. Tais medidas foram realizadas a bordo da M. N. "Oceania", entre os dias 3 e 19 de Janeiro do corrente ano.

As pesquisas sobre o efeito de latitude dos raios cosmicos tem sido dedicadas principalmente ao estudo de particulas isoladas ou a medidas de ionisação. Ultimamente tem-se acumulado a evidência de que o efeito de latitude para os grupos de particulas secundarias simultâneas ("showers") é muito menor do que para a radiação primaria.

JOHNSON (1) achou, primeiramente a ausencia absoluta de qualquer efeito. Em seguida (%), em pesquisas sucessivas, obtiveram um efeito global de 6 % para os "showers" em relação a um efeito de 14 % para particulas primarias isoladas. Analogo resultado foi obtido por PICKERING (2).

Após ter sido realizada a primeira expedição, tivemos conhecimento de uma pesquisa semelhante realizada por NEHER e PICKERING (3). Esta pesquisa, levada a effeito quasi ao mesmo tempo

---

(1) JOHNSON, Phys. Rev. 47, 318 (1935). — JOHNSON e READ, Phys. Rev., 51, 557 (1937).

(2) NEHER e PICKERING, Phys. Rev. 53, 111 (1938).

(3) PICKERING, Phys. Rev., 49, 945 (1936).

e realisada de uma maneira mais completa do que a nossa, não torna a presente publicação desnecessária.

§ 1 — Em uma pesquisa realizada a bordo de um navio, encontram-se sempre dificuldades experimentais que julgamos útil pôr em evidência, porquanto elas não correspondem a dificuldades similares encontradas em um laboratório.

O Dr. Marcello Damy de Souza Santos collaborou nas medidas effectuadas entre Santos e Recife.

Para realização desta pesquisa foi utilizado o aparelho descrito na primeira parte do boletim do Departamento de Física (4).

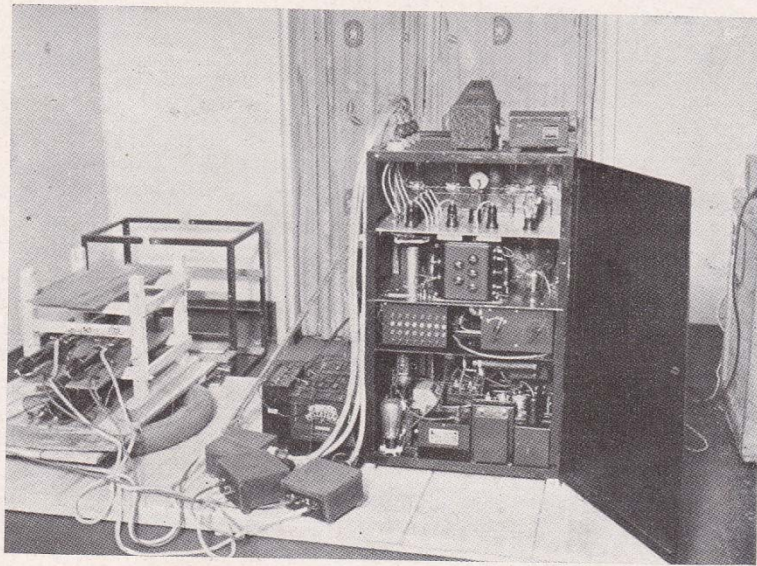


Fig. 1 — Photographia apanhada a bordo do "Ocean'a" durante a medida dos showers.

Dado o fato que a rede elétrica de alimentação do navio era de 110 volts DC, foi necessario utilizar um grupo conversor DC-AC de 110 v. e 200 watts. Nenhum metodo automatico de compensação foi utilizado. As alterações da voltagem de entrada no aparelho de raios cosmicos não produziã nenhum efeito apreciavel nas alimentações de placa das valvulas e na alimentação dos contadores, devido ao fato de que o aparelho se achava provido de estabilizadores adequados destinados a suprimir os efeitos dessas variações.

(4) G. WATAGHIN e M. DAMY DE SOUZA SANTOS, Boletim do Departamento de Physica da Universidade de São Paulo, N.º 1

Relativamente ás alimentações dos filamentos das valvulas, devido ao fato de ter sido introduzido no circuito adotado o metodo da "self-bias", era possível trabalhar com as valvulas sempre na mesma região da característica mesmo quando ocorria uma pequena variação da alimentação dos filamentos. Poude-se, porém, constatar que uma pequena alteração na tensão do filamento das valvulas 885, causada por uma variação da tensão no navio, traduzia numa alteração da contagem registrada. Em consequência, foi sempre necesario permanecer um observador atento ás variações de tensão, as quais eram corretas manualmente com auxílio de uma resistencia em série com o motor. A falta de uma compensação automática foi, sem duvida, a característica mais desagradavel da nossa viagem.

Todavia, a nossa experiência com um sistema de alimentação de AC por intermédio de um motor gerador, nos convenceu de que, em um lugar onde se possa contar com uma fonte constante de DC, um pequeno gerador é a fonte ideal de alimentação para os contadores, pois é isenta de bruscos saltos e lentas variações não previsíveis.

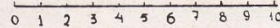
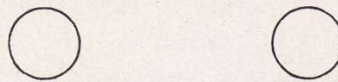
Durante a viagem, a altura da coluna barometrica permaneceu sensivelmente constante.

§ 2 — Os aparelhos contadores e registradores foram colocados na pôpa, numa sala de refeições da 2.<sup>a</sup> classe (\*). Sua posição era tal, que os mesmos se achavam sujeitos a uma oscilação contínua, que se traduzia em uma oscilação do fio interno. Um sistema simples de amortecimento que trabalhou com muita eficiência, foi obtido superpondo o sistema contante a uma câmara de ar de motocicleta. Com tal dispositivo, as vibrações foram completamente amortecidas.

Toda a montagem dos contadores foi realizada no navio devido ao fato de ser necessaria a sua instalação em um lugar onde o número das particulas difusas pelo corpo do navio e pelos objetos circunstantes não perturbasse as medidas. Os contadores utilizados, de 3 cm. x 35 cm., foram construidos, pelos Laboratorios Philips, segundo indicação dos Drs. COSYNS e GISOLF. As condições geométricas (v. fig. 2) da experiência foram escolhidas levando em consideração a presença de um efeito zero assáz notavel. Este efeito zero foi achado um pouco maior do que se deveria esperar do poder separador do aparelho (cerca de 15% a mais). Por outro lado, tal efeito additivo, que seria devido á radiação diffusa pelo corpo do navio, não foi determinado com uma muito grande precisão porque tal determinação acurada teria absorvido um grande espaço de tempo em detrimento das outras contagens.

---

(\*) Nessas condições o aparelhos tinha sobre si apenas uma coberta situada a 3m,50 de altura e correspondente a um estrato absorvente de 0m,5 de Pb.



Escala em cm.

Fig. 2

Para diminuir o efeito dessas coincidências acidentais, êste fato nos levou a manter os contadores a uma certa distância.

O poder resolutivo para coincidências duplas nos três ramos da regisração foi controlado durante a viagem, aumentando o número de impulsos com auxílio da emissão radioativa de um relógio fosforescente e foi achado assáz constante ( $1,2 \cdot 10^{-4}$  seg.).

§ 3 — Na interpretação de qualquer curva obtida para o efeito de latitude, o efeito zero deve ser levado em séria consideração. De fato, todos os observadores são acordes em reconhecer que, da região equatorial á temperada, a variação da ionisação nos aparelhos é da ordem de 10 % e tal variação deve produzir uma sensível alteração no número das coincidências causais, duplas, e, porisso, quando o scontadores estão proximos um do outro, o número de coincidências acidentais deve sofrer uma variação bastante sensível com a latitude, como se depreende das variações de 0,69 a 0,75 por minuto, obtidas quando se passou da Baía a Trieste.

Sendo o nosso efeito para "showers", no maximo da curva de ROSSI, da ordem do efeito zero, não nos era possível desprezar as

variações do início dessa curva em função da latitude. Por esse motivo, fomos levados a determinar o ponto do início da curva de ROSSI com uma razoavel precisão, ainda que essa determinação nos forçasse a obter uma menor precisão na determinação dos outros pontos dessa curva, dado o tempo limitado de que podiamos dispôr para a realização das medidas. No maximo da curva de ROSSI, o número de coincidências registrado foi de 1,5 por minuto.

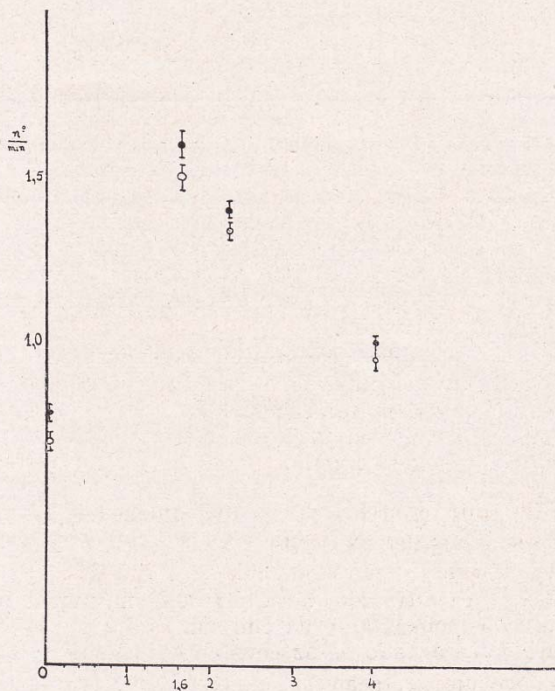


Fig. 3 Pontos pretos: zona temperada  
Pontos brancos: zona equatorial

As duas curvas (fig. 3) foram tomadas contando da Baía (13°S,40°) a (6°N,28°0) e de Gibraltar (35°N,8°0) a (43°N,14°E).

Esta divisão é justificada pelos resultados dos trabalhos de CLAY, E DE MILLIKAN e NEHER (efeito de longitude) bem como por uma medida direta por nós realizada, contando o número de impulsos individuais de um contador colocado sob uma longa camada absorvente de 4,5 cms. de Chumbo. (Tabela n.º 1)



<i>Impulsos por minuto</i>	<i>Posição Geográfica</i>	
154 ± 1	13° S	40° O
152 ± 2	2° S	35° O
155 ± 2	0°	30° O
154 ± 3	6° N	28° O
157 ± 2	14° N	24° O
164 ± 2	20° N	19° O
163 ± 2	28° N	17° O
162 ± 2	35° N	8° O
166 ± 2	37° N	3° E
165 ± 2	41° N	14° E
167 ± 2	43° N	14° E

A variação total era de ordem de 10 % e pode ser considerada como medida do efeito de latitude da Baía a Trieste, por partículas isoladas. Esta medida não corresponde a uma realidade geográfica e foi somente realizada para elemento de confronto com as medidas dos "showers". Tal medida indica apenas a variação do número de partículas que são capazes de atravessar 4,5 cms. de Pb, ( $E > 150$  MEV) uma grande parte das quais não é capaz de produzir "showers".

Por outro lado, a disposição assim realizada permitia a contagem de partículas provenientes de várias direções e, por esse motivo, êsses resultados podem ser comparados com os obtidos para os "showers" em melhor aproximação de que os obtidos na contagem de "showers" sob pequeno ângulo.

Fazendo essa seleção dos resultados obtidos, temos possivelmente uma variação de 2 % no número das partículas incidentes entre o início e o fim de cada uma das séries de medidas relativas às curvas.

Os pontos correspondentes aos "showers" na região geográfica intermediária, foram omitidos nas curvas.

A semelhança das duas curvas por nós obtidas parece provar que em grande parte os "showers" no nível do mar são produzidos por uma radiação que tem a mesma qualidade e a mesma intensidade na zona equatorial e na zona temperada.

§ 4 Podemos dizer que á uma variação da ordem de 9% na intensidade da radiação incidente tem-se uma variação certamente não superior a 3% nos "showers". Êste fato está de acôrdo com os resultados de JOHNSON e READ (1), PICKERING (2) e NEHER e PICKERING (3) não obstante que as considerações do § 3 nos levem a acreditar que o efeito encontrado destes ultimos autores deva ser considerado como um limite superior.

Não nos parece que a evidência experimental nos permita discriminar se esta propriedade é devida ao fato de serem os "sho-

wers", por nós estudados, produzidos por uma radiação que não é sensível á latitude ou porque é muito dura ou porque é de origem secundaria muito degenerada.

Na fig. 2 pode-se constatar que a disposição dos nossos contadores era tal que punha em evidência sómente "showers" de ao menos tres particulas, e "showers" com um grande "spread" angular, isto é, dispersos sob grandes angulos.

Por esse motivo somos levado a crer que o que medimos não foi o effeito equatorial dos "showers", mas antes o effeito relativo a estes "showers" selecionados.

Esta particularidade de seleção é, todavia, comum, em maneiras diversas, a todas as experiências realizadas em contadores, qualquer que seja a distancia entre os eixos. Este fato é devido ao grande comprimento do sistema contante, para o qual o angulo sólido é muito maior do que se pode avaliar pela secção normal dos desenhos da disposição dos contadores.

Esta falta de simetria central, segundo o nosso ponto de vista, é um sério obstaculo a toda tentativa de pôr em acôrdo os resultados obtidos com medidas realizadas com contadores com qualquer teoria da produção de "showers".

Este ponto de vista parece justificado pelas diferenças entre as curvas obtidas com contadores com pequenos angulos e as curvas de distribuição angular (spread) dos showers obtidas com camara de WILSON. Devemos fazer observar que as teorias de BHABHA-HEITLER e de CARLSON-OPPENHEIMER se aplicam muito bem a fenômenos tipicamente elementares e por isso todo confronto com um sistema analisador de contadores é muito difícil.

Em base a estas considerações, podemos esperar que as experiências de câmaras de WILSON, possam provar que tais teorias se adaptam perfeitamente aos fatos experimentais, mas não é demais insistirmos aqui que a câmara de WILSON dá necessariamente uma representação bi-dimensional do fenômeno, enquanto que um sistema de contadores das dimensões geralmente utilizadas é certamente mais favoravel a fenômenos complicados dispersos sob grandes angulos sólidos.

Enquanto as medidas não forem realizadas de maneira a distinguir as particulas de diferentes energias qualquer acôrdo ou desacôrdo quantitativo dos resultados com tais teorias não poderá ser estabelecido de uma maneira segura.

Uma tentativa deste tipo foi realizada pelo autor na viagem de volta, de Trieste a Santos a bordo da M N Neptunia. Todavia, um violento salto de tensão na rede de distribuição do navio ocasionou o rompimento de um condensador de filtro da alta tensão. Este fato, ocorrido em meio da viagem, nos forçou a interromper as medidas iniciadas.

Nos laboratórios do Departamento de Física desta Universidade, estão em curso pesquisas destinadas a elucidar esses pontos (5).

Para uma bibliographia mais completa v. ROSSI, B: Les rayons cosmiques (Hermann ed.) — BLACKETT, P M S: La Radiation Cosmique (Hermann ed.).

#### ABSTRACT

The shower intensity between Bahia (Brasil) and Trieste (Italy) and the Rossi curves for equatorial and temperate regions have been investigated with a three particles counter arrangement.

While the corpuscular intensity is affected by the latitude change by about 9%, the *measured* shower intensity is affected in a lower degree.

The Rossi curves have about the same shape.

This can be interpreted as meaning that showers are produced from a radiation that does not appreciably change in quality and quantity from tropical to temperate regions. It is pointed out that any definite quantitative conclusion is altogether subjected to caution due to the fact that any shower detector selects generally showers of great angular spread.

---

(5) M. DAMY DE SOUZA SANTOS - G. OCCHIALINI, em preparação.

Pedidos de cópias desta publicação devem ser enviados aos autores ou ao:

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
Área de Publicações  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 – 4<sup>o</sup> andar  
22290-180 – Rio de Janeiro, RJ  
Brasil  
E-mail: [socorro@cbpf.br](mailto:socorro@cbpf.br)/[valeria@cbpf.br](mailto:valeria@cbpf.br)  
[http://www.biblioteca.cbpf.br/index\\_2.html](http://www.biblioteca.cbpf.br/index_2.html)

Requests for copies of these reports should be addressed to:

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
Área de Publicações  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 – 4<sup>o</sup> andar  
22290-180 – Rio de Janeiro, RJ  
Brazil  
E-mail: [socorro@cbpf.br](mailto:socorro@cbpf.br)/[valeria@cbpf.br](mailto:valeria@cbpf.br)  
[http://www.biblioteca.cbpf.br/index\\_2.html](http://www.biblioteca.cbpf.br/index_2.html)