

# Na onda do Gráviton

## Brasil entra na corrida para captar ondas gravitacionais do Cosmos

Com o projeto Gráviton, coordenado por Odylio Aguiar, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), um grupo de pesquisadores pretende, pela primeira vez na história, detectar ondas gravitacionais no espaço. Iniciado em maio do ano passado com financiamento de cerca de US\$ 1 milhão da FAPESP, o projeto reúne um conjunto de instituições e começa com a construção de um poderoso detector de ondas com antena esferoidal que leva o nome do físico brasileiro Mario Schenberg (1914-1990). Além dos resultados a que chegar, é um projeto importante por desenvolver, no país, uma instrumentação que poderá ser útil também em outras áreas.

Ondas gravitacionais são deformações na estrutura do espaço-tempo produzidas por massas aceleradas – por exemplo, nas explosões de estrelas supernovas ou na órbita de um sistema binário formado por duas estrelas de nêutrons – e que, segundo a Teoria da Relatividade, se pro-

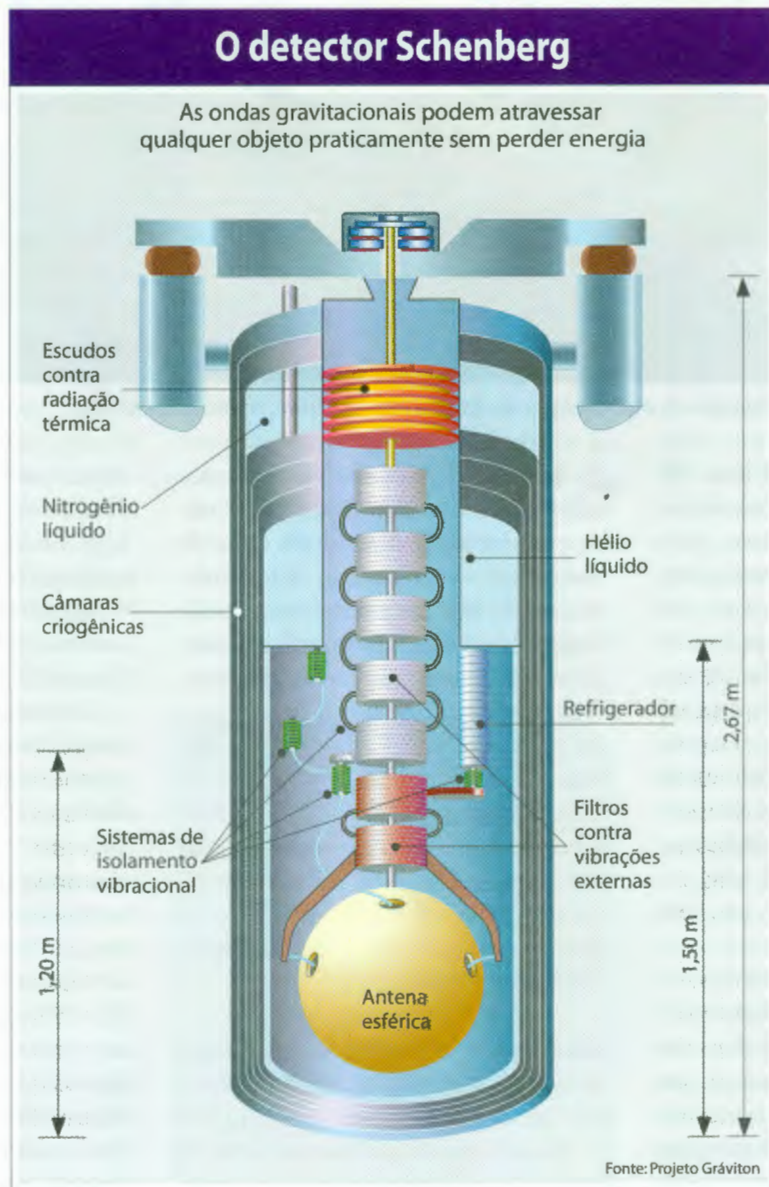
pagam com a velocidade da luz. Sugeridas, entre o final do século 19 e início do 20 por cientistas como Heaviside, Lorentz e Poincaré, elas foram previstas em 1916 pelas equações da Relatividade Geral de Albert Einstein.

Desde a década de 1960, quando os avanços tecnológicos permitiram que se pensasse em detectar essas ondas, os físicos imaginam dispositivos para isso e já há vários detectores envolvidos na tentativa. A proposta

brasileira é a de pesadas antenas esferoidais de cobre-alumínio que operem a temperaturas entre 15 e 20 mK (milikelvins) – poucos centésimos de grau acima do zero absoluto (-273,16°C), situação em que cessa toda a agitação atômica e, portanto, há uma ausência total de calor.

O projeto Gráviton abrange vários equipamentos do gênero. O primeiro é o detector Schenberg, que operará entre 3 e 3,4 kHz (quilohertz). Nessa faixa de frequências, “terá a sensibilidade dos grandes interferômetros de laser”, revela Aguiar, “com a vantagem de ser mais barato”. Os interferômetros de laser são detectores que custam em torno de US\$ 100 milhões, enquanto o Schenberg, do tipo ressonante, deve custar US\$ 1 milhão.

SIRIO J.B. CAMARGO



**Revolução** - Quem detectar as ondas gravitacionais deflagrará uma revolução de consequências imprevisíveis na Física, prevêem Aguiar, do Inpe, e seus coordenadores adjuntos Nei Oliveira Jr., do Laboratório de Estado Sólido e Baixas Temperaturas (LESBT) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), e Giorgio Frossati, da Universidade de Leiden (Holanda). Participam também pesquisadores da Universidade Bandeirantes, do Centro Federal de Ensino Tecno-

lógico de São Paulo e do Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Colaboram ainda seis outras instituições do exterior e outras tantas do Brasil.

“Não é uma tarefa fácil”, admite Aguiar. Fugidias como as ondas ele-

“são a força *forte*, responsável pela coesão das partículas nucleares e dos núcleos atômicos; a força *fraca*, que rege a transmutação entre partículas; a força *eletromagnética*, que possibilita a existência dos átomos

segundos ao ano na órbita do sistema binário PSR1913+16, formado por um pulsar e uma estrela de nêutrons, ambas estrelas colapsadas. A variação de rotação do sistema foi explicada pela emissão de ondas gravitacionais.

Segundo Frossati, a eventual detecção da ondulação do espaço-tempo “trará profundas reformulações do micro ao macrocosmo e na área da física de partículas, consolidando desde abordagens como a teoria das supercordas até um novo mapeamento e conhecimento do Universo”. A teoria das supercordas sustenta que os constituintes básicos da matéria, os quarks, nascem da vibração de cordas infinitamente pequenas – os tijolos básicos do mundo, gerados como as notas produzidas pela vibração das cordas de um piano. Da combinação de vários tipos de quarks são constituídos os prótons e nêutrons, partículas que formam o núcleo atômico e, envoltas por camadas de elétrons, compõem o mundo conhecido.

Frossati viveu no Brasil dos 8 aos 30 anos e estudou no Instituto de Física da USP. Hoje, enquanto observa a paisagem arborizada pelas janelas de vidro do edifício Mario Schenberg, na Cidade Universitária, ele adverte que o projeto “pode parecer pura ficção científica” e discorre sobre os desdobramentos possíveis da detecção de ondas gravitacionais, como a possibilidade de essas ondas “fugirem para outras dimensões”

**Liga de sino** - “Não só as primeiras detecções serão importantes”, afirma Aguiar. “A observação regular dessas ondas vai ser tão ou mais importante, pois elas carregam informação do Cosmos que não pode ser obtida através da detecção das ondas eletromagnéticas (microondas, infravermelho, luz, raios gama, etc). Portanto, a detecção dessas ondas gravitacionais vai abrir uma nova ‘janela’ para a observação do Universo.”

O desenvolvimento dessa nova geração de detectores de ondas gravitacionais baseia-se em antenas resso-



Aguiar e a peça da antena: abrindo uma nova janela para a observação do Universo

tromagnéticas, que viajam a 300 mil km/segundo, as gravitacionais são muito mais fracas: em torno de 36 ordens de magnitude a menos que a radiação eletromagnética. Frossati, físico italiano formado no Brasil e especialista em criogenia, faz uma analogia entre a radiação eletromagnética, decifrada entre os séculos 19 e 20, e a gravitacional: “As ondas eletromagnéticas podem ser vistas como bolas de bilhar que se deslocam na superfície plana da mesa, representando as dimensões que conhecemos, enquanto as ondas gravitacionais teriam a liberdade de perfurar o plano da mesa, para cima e para baixo”. Nesse padrão, elas fugiriam para outras dimensões, o que está de acordo com a teoria das supercordas, que defende a existência de múltiplas dimensões nos primeiros estágios do Universo, quando as quatro forças básicas da natureza teriam sido uma só. Tais forças, lembra Aguiar,

e das estruturas moleculares e cristalinas; e, finalmente, a força *gravitacional*, responsável pela formação das galáxias, estrelas, planetas e demais corpos no Universo”.

**Bruxaria** - O conhecimento da natureza das ondas gravitacionais seria a resposta que Isaac Newton não pôde dar, no século 17, aos críticos cartesianos que o acusaram de “bruxaria” quando anunciou sua Teoria da Gravitação Universal.

A distorção da estrutura espaço-tempo pela presença de um corpo de grande massa, prevista na Teoria da Relatividade Geral, foi confirmada em 29 de maio de 1919 no eclipse total do Sol observado por uma equipe internacional em Sobral, no Ceará.

Até agora, as evidências de ondas gravitacionais são indiretas. Na década de 70, cientistas americanos observaram, com o radiotelescópio de 305 metros de Arecibo, em Porto Rico, um decréscimo de 76 micros-

nantes esferoidais construídas com uma liga de cobre (94%) e alumínio (6%). “Em trabalho recente, o grupo da Holanda demonstrou que essa liga combina uma alta capacidade ressonante (como a liga de um sino) com uma alta condutividade térmica. Esta última propriedade permitirá que a antena seja resfriada até temperaturas tão baixas. Resfriar a antena é importantíssimo para minimizar o ruído térmico. Um dos grandes trunfos dessa nova geração de antenas é o de que serão resfriadas a temperaturas quase uma ordem de grandeza abaixo das antenas existentes – a mais fria delas, a Náutilus no Instituto Nacional de Física Nuclear (INFN), em Frascati, Itália, funciona a cerca de 100 mK”, salienta Oliveira.

**Projeto Ômega** - O plano mais ambicioso da equipe de Aguiar é produzir três detectores esferoidais no Brasil, de tamanhos diferentes e, conseqüentemente, faixas de fre-



Esquema das ondas gravitacionais: resultado de eventos como uma explosão de supernova

quência diferentes. O Schenberg é o primeiro; depois, virão o Newton e o Einstein, e o conjunto formará o Observatório Brasileiro de Ondas Gravitacionais.

Haverá três unidades do porte do detector Schenberg, com 65 centímetros de diâmetro e 1.150 quilogramas. A primeira já toma forma na fundição Italbronze, de Arujá. O Newton terá o dobro do diâmetro do Schenberg e o Einstein será ainda

maior: 3 metros de diâmetro e 100 toneladas. Cada versão significa um desafio, tanto de construção como de resfriamento.

As três unidades do primeiro tamanho de detector, todas produzidas na Italbronze, integrarão o projeto Ômega, uma rede internacional de detectores esferoidais. O Schenberg ficará no LESBT do Instituto de Física da USP, no edifício que leva o nome do físico brasileiro. Os outros, Mini-Grail e Sfera, serão instalados, respectivamente, na Universidade de Leiden, Holanda, e no Instituto Nacional de Física Nuclear em Frascati, Itália. O trabalho com três instrumentos similares, na mesma faixa de frequência, é necessário para assegurar a confiabilidade das medidas, justificam Frossati e Aguiar.

**Garrafa térmica** - Os desafios de construção e resfriamento começam com a fundição da liga cobre-alumínio, cuja composição Frossati define como a que oferece a melhor resso-

## Os detectores em ação

Há dois tipos principais de detectores de ondas gravitacionais em operação: os de ressonância de barra e os de *laser*. Atualmente, entre os mais sensíveis em operação há cinco de ressonância de barra e um de *laser*. Estão em fase final, para início de operação, quatro a *laser* (interferômetros) e em construção três esferoidais, entre eles o brasileiro Schenberg.

Em janeiro de 1960, o físico norte-americano Joseph Weber propôs os instrumentos de ressonância de barra e o primeiro entrou em operação cinco anos depois. Um detector de barra é deformado por uma onda gravitacional: transdutores, ou acele-

rômetros, acoplados à sua superfície, transformam essa deformação num sinal elétrico que pode ser interpretado.

Uma analogia para um detector de ressonância são as bolas infláveis de aniversário. Uma pessoa que ponha as mãos sobre sua superfície pode sentir as vibrações sonoras – que são deformações no ar – produzidas por uma fonte como música em alto volume. No caso, os transdutores seriam as mãos, que transportam um sinal mecânico para o cérebro.

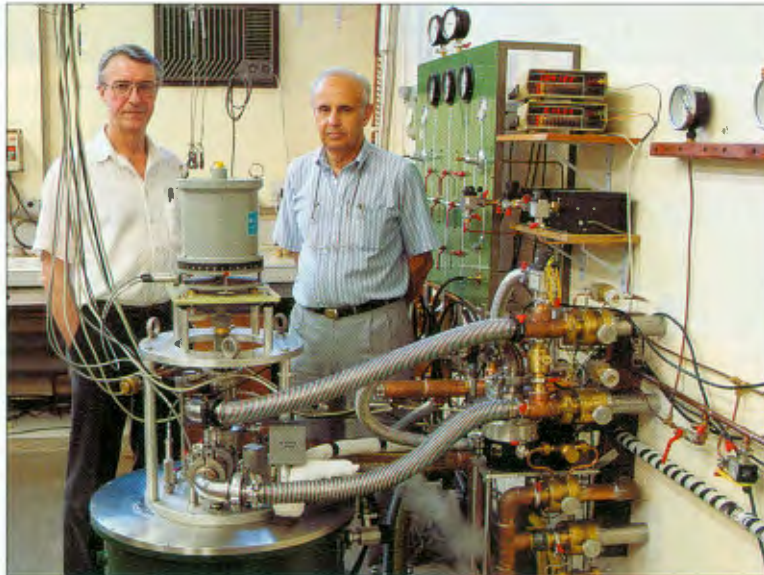
Detectores esferoidais atuam baseados no mesmo princípio dos de barra, com a diferença de, em princípio, poderem registrar ondas originárias de qualquer di-

reção, enquanto os de barra estão restritos a observações em direções próximas dos planos perpendiculares à barra. Os de *laser* podem registrar diretamente as deformações do espaço-tempo, mas têm custos proibitivos para a realidade brasileira. Aguiar acrescenta: “Além disso, os detectores esferoidais são capazes de determinar, cada um deles sozinho, a direção de onde vem a onda e a sua polarização (sua forma de deformar o espaço). Os detectores *laser*, por exemplo, precisam estar trabalhando em conjunto (pelo menos quatro deles), para obter a direção e a polarização da onda. A grande vantagem dos interferômetros *laser*, que justifica o grande custo deles, é a observação simultânea de uma grande faixa de frequências num único detector”.

nância para as ondas gravitacionais. Mas fundir um corpo como esse, reconhece, “envolve dificuldades como o aparecimento de defeitos capazes de alterar os padrões mecânicos desejados”. A solução encontrada pela Italbronz foi fundir blocos em forma de cilindro, em que eventuais falhas estruturais tendem a se deslocar para as partes superiores da peça, que “estão sendo cortadas como recurso para eliminar as falhas e assegurar o desempenho desejado”, informa Aguiar.

O resfriamento de uma peça de mais de uma tonelada a poucos centésimos de grau acima do zero absoluto requer uma infra-estrutura de criogenia considerável. Por isso a antena será montada no LESBT da USP, liderado por Nei Oliveira. “Será a maior massa já resfriada a essa temperatura em todo o mundo” diz. E acrescenta que com projetos desse tipo “o Brasil participa do circuito internacional de alta tecnologia científica”.

Após o Schenberg, as dificuldades com as antenas maiores devem aumentar, tanto nos processos de fundição como nos de resfriamento. Aguiar se refere ao trabalho de resfriar não uma, mas 100 toneladas, num curto período de tempo. Para isso, o Schenberg estará confinado numa espécie de garrafa térmica gigante, no laboratório de criogenia. Banhado por gás hélio, numa técnica conhecida como convecção forçada, em três dias e meio terá atingido a temperatura de operação. Esse curto tempo de resfriamento é uma das principais vantagens desse detector, argumenta Oliveira. Em caso de mudança de configuração, acrescenta, “não será necessário esperar os meses que seriam exigidos para os detectores maiores”.



Frossati e Oliveira: em busca da “foto instantânea” do Big Bang

**No Guinness** - No resfriamento entram as habilidades de Frossati, que nos anos 80 bateu o recorde na obtenção de baixas temperaturas contínuas, conseguindo menos de dois milikelvin acima do zero absoluto, e assim entrou para o *Guinness Book*, o livro dos records.

Para desenvolver o Einstein, no entanto, o tempo de resfriamento deverá aumentar para um mês e a “garrafa térmica” onde ele deve ser acondicionado crescer para um volume significativo. Isso, segundo Aguiar, “exigirá um edifício muito maior que o do laboratório da USP, equipado com guindastes especiais para fazer seu deslocamento”. O Einstein, diz, deverá aumentar a sensibilidade em energia de detecção do Schenberg por um fator 100

e seu custo deve subir para US\$ 7 milhões.

Começar com detectores menores e mais baratos, com a intenção de chegar aos grandes, mais sofisticados e eficientes, é o rumo do projeto Gráviton. Mesmo o Schenberg deve passar por duas fases: a *Granted*, formada pelas iniciais, em inglês, de “demonstração tecnológica de antena para radiação gravitacional”; e a *Detector*, quando o instrumen-

to entrar em operação, o que deve ocorrer antes de maio de 2004.

“Na faixa de 3.0 a 3.4 kHz, o brasileiro Schenberg, o holandês Mini-Grail e o italiano Sfera têm tudo para virem a ser os mais sensíveis do mundo, pois todos os interferômetros *laser* de longo caminho óptico que estão entrando em operação vão ter muito ruído nessa faixa”, afirma Aguiar. “Além disso, vamos aprender como fazer detectores ainda mais sensíveis em outras faixas de frequências”, completa Aguiar.

Os pesquisadores comparam a detecção de ondas gravitacionais ao surgimento da radioastronomia. “Se observar o Universo em comprimentos de ondas rádio desenhou um novo mapa do Cosmos, a observação de ondas gravitacionais deverá ampliar esses horizontes”, afirma Frossati. Ele acha que, como a radioastronomia fez utilizando as microondas, também será possível registrar ondas gravitacionais do Big Bang, a explosão inicial da criação do Universo.

“A diferença”, diz Oliveira, “é que, enquanto as ondas eletromagnéticas fornecem uma ‘foto’ de quando o Universo tinha 300 mil aninhos de idade, as ondas gravitacionais em microondas vão fornecer a ‘foto’ do Universo no momento exato do seu nascimento. Algo que não poderá deixar de ir para o álbum da ciência”.

## O PROJETO

*O Detector Mário Schenberg: Proposta para o Projeto, Construção e Operação de um Detector de Ondas Esferoidal de 0,6 Metro de Diâmetro*

### MODALIDADE

Auxílio a projeto de pesquisa

### COORDENADOR

ODYLIO DENYS DE AGUIAR – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

### INVESTIMENTO

R\$ 820.551,75 e US\$ 563.000,00