

Adriano de Andrade Torrano

Reportagem: A Cidade Proibida

Revista Pesquisa (FAPESP) – Novembro 2006, Edição 129.

[www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br)

### **A Cidade Proibida**

Equipes brasileiras colaboram no esforço de reunir a física do infinitamente pequeno à do infinitamente grande.

Para dois objetos que colidem com baixa energia, a mecânica Newtoniana é suficiente para descrever as deformações sofridas. Se a energia da colisão for maior, a ponto de fundir ou despedaçar os objetos, um tratamento quântico será necessário para justificar as transformações ocorridas. Porém, se a energia for ainda maior, a ponto de pulverizar os átomos dos objetos que colidem em seus constituintes mais elementares, os quarks, não haveria teoria disponível para prever o comportamento da matéria.

Calcula-se que para isolar os *quarks* formadores de uma partícula, é necessário aquecê-la até cerca de 2 trilhões de graus, temperatura bilhões de vezes mais elevada que a do interior do Sol. É que só nesse nível de energia os componentes mais elementares da matéria conseguem superar as forças que os mantêm unidos no núcleo dos átomos. Tanta energia só deve existir em situações muito específicas, como os primeiros instantes após o Big Bang, ou ainda em regiões próximas a poderosos buracos negros.

De acordo com a teoria do Big Bang, à medida que se recua no tempo rumo a essa explosão primordial, encontra-se um Universo mais e mais quente e denso, com a matéria concentrada em um espaço cada vez menor. Mas a partir de determinado grau de condensação a Mecânica Quântica e a Relatividade Geral, que, respectivamente, tratam do mundo das partículas e do comportamento de estrelas, planetas e galáxias – simplesmente param de funcionar. E até o momento não há uma teoria aceita por todos; completa e consistente, capaz de explicar o que deve ter ocorrido em um período muito antes do primeiro segundo de vida do cosmo, no qual toda a matéria e energia que existem hoje já estiveram comprimidas em um espaço trilhões de vezes menor que a ponta de uma agulha.

Há uma incompatibilidade conceitual entre essas duas teorias. A diferença mais importante entre elas é que a primeira considera o espaço uma grandeza que se mede em valores contínuos – já a segunda descreve os fenômenos medidos em valores discretos.

Por causa dessa incompatibilidade, ainda hoje a Teoria do Tudo é para a física o que a Cidade Proibida, no coração de Pequim, foi para a população chinesa. Protegida por espessas muralhas, esse conjunto de palácios onde vivia o imperador permaneceu por séculos interdito à maioria dos chineses.

Do início da década de 1970 para cá, alguns físicos descobriram rachaduras nesse muro e vislumbraram o que ocorre do lado de lá. Não conseguiram a união completa da Mecânica Quântica com a Relatividade Geral, mas produziram uma teoria híbrida que incorpora parte de ambas e é conhecida como Teoria Quântica de Campos em Espaços-tempos Curvos, que estuda o comportamento de partículas em regiões do espaço em que a concentração de matéria ou energia é muito elevada, como os buracos negros.

O físico norte-americano Leonard Parker descobriu que em regiões com campo gravitacional muito intenso, como os buracos negros ou o Big Bang, haveria também criação de partículas.

O inglês Stephen Hawking constatou então que os buracos negros emitiam uma radiação especial – hoje chamada radiação Hawking – na forma de calor, evaporando lentamente, e publicou esses resultados em 1974 na *Nature*. Antes dessa descoberta se acreditava que a Relatividade Geral fosse suficiente para descrever com precisão um buraco negro, mas Hawking mostrou que só temos uma idéia precisa de como eles funcionam quando se acrescentam os ingredientes quânticos: produção de partículas.

Analisando os cálculos que haviam levado Hawking a identificar esse efeito, o físico canadense William Unruh descobriu um outro fenômeno do mundo microscópico que independe dos buracos negros, mas também pode ser aplicado a eles. Ele verificou que o espaço vazio (vácuo) pode, na realidade, estar repleto de partículas elementares, dependendo de como se movimenta quem observa essa região. Esse fenômeno, conhecido como efeito Unruh, decorre diretamente da Mecânica Quântica.

Segundo essa teoria, o vácuo está repleto de pares de partículas que surgem e se aniquilam tão rapidamente que não podem ser detectadas. Mas em regiões do espaço em que a densidade de matéria e energia são altas o suficiente para criar fronteiras de não-retorno, como em um buraco negro, uma partícula ou outra poderiam escapar do campo gravitacional e, em vez de se aniquilarem, tornarem-se reais. Unruh previu que um astronauta que estivesse caindo em um buraco negro – ou seja, estivesse livre da ação de outras forças – não veria nada além de espaço vazio. Mas, se sua nave estivesse com os propulsores ligados, contrabalançando a tendência de cair em direção ao buraco negro, esse mesmo astronauta enxergaria nuvens de partículas elementares.

Uma vez que não é possível enviar uma nave a um buraco negro para avaliar esse efeito, os físicos brasileiros Daniel Vanzella (IF-USP) e George Avraam Matsas (IF-Unesp) dispuseram-se a verificá-lo de outra forma: propuseram um experimento imaginário que comprovasse que sem o efeito Unruh a natureza não poderia ser como a conhecemos.

Testes em aceleradores de partículas já haviam demonstrado que o próton é estável quando viaja a velocidades constantes. Mas esse mesmo próton desintegra e se transforma em nêutron, quando é submetido a uma força que o faça se mover cada vez mais rápido ou o freie.

A partir de uma série de cálculos publicados em 2001 na *Physical Review D*, Vanzella e Matsas demonstraram que um próton sob a ação de uma força muito intensa, como a que o faz ficar parado e o impede que caia em um buraco negro, existiria por um período muito curto antes de se transformar em um nêutron. Esse comportamento seria óbvio apenas para alguém em queda livre rumo ao buraco negro que visse o próton parado nas proximidades. Era preciso descobrir o que encontraria um astronauta parado em relação ao próton.

Em princípio, o astronauta não veria o próton se desintegrar, uma vez que estão parados um em relação ao outro. Mas haveria então um paradoxo, pois alguém em queda livre observaria o próton, parado fora do buraco negro, se transformar em nêutron.

Uma vez que na natureza o próton não pode ao mesmo tempo se desintegrar e permanecer íntegro, Matsas e Vanzella comprovaram que também neste caso o próton se desintegra no mesmo intervalo de tempo que haviam previsto em trabalho anterior, originando um nêutron, mas agora por um mecanismo diferente: como consequência do efeito Unruh, um astronauta parado com o próton observa à sua volta a nuvem de partículas predita por Hawking. Essas partículas, então, poderiam interagir com o próton e levar ao surgimento do nêutron. O efeito Unruh é então fundamental para que esse paradoxo não ocorra. “Esse resultado ajuda a conhecer melhor não apenas o comportamento dos buracos negros, mas também das próprias partículas elementares”, comenta Matsas.

Vanzella, em colaboração com Parker, se dedica agora a aplicar a Teoria Quântica de Campos em Espaços-tempos Curvos na investigação de outro fenômeno cósmico: a atual fase de expansão acelerada do Universo, em que estrelas e galáxias se afastam cada vez mais rapidamente umas das outras. Está sendo desenvolvida a parte conceitual desse modelo, segundo a qual o próprio vácuo produziria, no processo de criação e aniquilação de partículas virtuais, a força que supera a gravidade e que faz os astros se afastarem uns dos outros de modo acelerado. Se o modelo estiver correto pode ter sido encontrada a origem da energia escura, correspondente a dois terços de tudo o que existe no cosmo. Mas calcular a energia do vácuo não é uma tarefa fácil, pois é necessário fazer várias aproximações que podem ser justificáveis ou não do ponto de vista da física.

Obviamente, ainda estamos longe de terminar esse trabalho de construção de outra forma de pensar a origem e o destino do Universo.