

Expansão sem centro

O princípio de Copérnico

Todos os modelos religiosos do cosmos tem centros. Isso ocorre tanto nos modelos construídos na cultura ocidental como na oriental.

Um dos pontos de partida básicos da cosmologia moderna é a noção de que o Universo não tem centro ou, mais precisamente,

Nenhum ponto no Universo é preferencial; todas as posições têm a mesma importância.

Essa afirmação é chamada de Princípio de Copérnico. Na verdade ela não é encontrada nos escritos de Copernico. Chamamo-a assim para comemorar sua negação pioneira da visão geométrica. Em sua proposta heliocêntrica o modelo do universo ainda tinha um centro. Somente mais tarde foi o Sol encontrado não estar no centro do Universo. Embora o Sol tenha uma posição predominante no Sistema Solar ele é apenas uma estrela ordinária quando visto em uma escala maior e sua posição de modo algum é privilegiada. Indo um passo além reconhecemos que nenhum ponto no Universo é preferencial. Essa é a origem da noção do Princípio de Copernico.

Outra base para o princípio vem da mecânica. Na mecânica estamos acostumados a tratar problemas da seguinte maneira: quando estudamos corpos em queda consideramos apenas a gravitação da Terra e desprezamos todas as outras influências. Quando estudamos os planetas consideramos somente a gravitação do Sol e desprezamos todas as outras. Isso é, nós estudamos cada objeto em isolamento. Esse procedimento é suspeito em princípio pois todos os objetos no Universo participam na gravitação e, uma vez que a gravitação é uma força de longo alcance, o efeito sobre um corpo em queda devido a todos os outros objetos no Universo não é necessariamente menor do que aquele da Terra. O efeito sobre um planeta devido a todos os outros corpos do Universo não precisa ser menor do que aquele do Sol. Entretanto, os resultados que obtemos quando desprezamos *o efeito de todos os corpos do Universo* são muito bons. Isso mostra que o efeito resultante total de todos os corpos cósmicos sobre o corpo que cai ou o planeta é zero ou muito pequeno.

A partir das propriedades da força gravitacional sabemos que somente quando a matéria no Universo está uniformemente distribuída, seu efeito combinado total sobre corpos em queda ou planetas é zero. Mais geralmente a razão porque podemos tratar cada sistema isoladamente na mecânica e não precisar de considerar o efeito das outras partes do Universo é precisamente porque o Universo é uniforme sem qualquer ponto privilegiado.

Evidência observacional suporta a idéia de uniformidade do Universo isto é, há pouca anisotropia na radiação de fundo de microondas.

A geometria da conferência da "mesa redonda"

O Princípio de Copernico exige que todas as posições tenham direitos iguais. O termo *direitos iguais* tem origem na política. Sua implicação é a igualdade dos seres humanos e a coisa interessante é que os direitos iguais dos humanos algumas vezes tem que ser simbolizado pelos direitos iguais de posições.

A história remonta épocas remotas quando alguns reis e rainhas de igual status tiveram que se encontrar. Isso colocou suas comitivas alvoroçadas - como eles deveriam arranjar as cadeiras de modo a não mostrar qualquer superioridade? Finalmente eles encontraram uma solução: arranjando as cadeiras em torno de uma mesa redonda essa dificuldade era satisfatoriamente superada. Essa é a origem da conferência de mesa redonda.

A figura abaixo nos mostra cinco participantes em uma conferência em mesa redonda. De um ponto de vista geométrico uma mesa redonda tem as seguintes propriedades:

- vista como um todo nenhum dos participantes tem uma posição privilegiada, isto é, nenhum está no centro da conferência.
- cada participante vê dois outros participantes sentados simetricamente em ambos os seus lados, isto é, o arranjo de pessoas sentadas visto por cada participante é o mesmo.
- cada participante sente que el/ela está no centro e que os outros o estão circundando com ele/ela como o centro.

Em resumo, a sutileza de uma conferência de mesa redonda é que ela consegue um estado sem centro fazendo cada um pensar que eles estão no centro. Essa é a essência da geometria da conferência de mesa redonda.

A geometria do Universo é muito similar àquela da conferência de mesa redonda.

A descrição cósmica

A geometria da conferência de mesa redonda é determinada pelas relações entre os participantes; do mesmo modo a geometria do Universo é determinada pelas relações entre as estrelas. Cada estrela é um participante do Universo. Cada observador colocado em cada uma delas pode efetuar uma série de observações sobre a distribuição e movimentos dos corpos celestes circunvizinhos e obter uma descrição dos corpos celestes no espaço e tempo. Essa descrição é chamada uma *descrição cósmica*.

Como no caso da conferência de mesa redonda, se todas as posições têm direitos iguais então a descrição cósmica vista por todas as estrelas deve ser a mesma, isto é, a propriedade 2 listada acima deve ser obtida por cada estrela. A mesma distribuição e movimentos das estrelas são vistos.

Essa é a primeira conclusão proveniente do Princípio de Copernico. Obviamente a cosmologia de Ptolomeu está em desacordo com essa dedução. No sistema de Ptolomeu observadores diferentes verão descrições diferentes dos cosmos. Por exemplo, a partir da Terra nós veríamos todos os corpos celestes em revoluções regulares enquanto seres em outras estrelas verão movimentos muito mais complicados de seu céu estrelado. Nesse sistema a Terra está no centro.

A conclusão da uniformidade de todas as descrições cósmicas tem implicações de longo alcance. Ela mostra que podemos estudar a totalidade do Universo a partir de suas propriedades locais. O objetivo da cosmologia é estudar todo o Universo mas nossas observações estão limitadas a uma região local, isto é, somente podemos tomar a Terra como o ponto de partida de nossas observações e o que nós vemos é a descrição cósmica centrada na Terra. Dai, parece muito difícil estudar o todo mas a conclusão acima nos diz que a descrição cósmica vista da Terra é uma descrição típica. Por *típica* queremos dizer que ela claramente possui propriedades comuns, que certamente representam de certo modo propriedades globais. Assim, isso esclarece o caminho para o conhecimento do universo inteiro a partir de observações locais, sediadas na Terra.

Pode ser provado que uma vez que as posições têm direitos iguais, segue necessariamente que a densidade é uniforme. Há uma relação lógica direta entre *direitos iguais* e uniformidade.

Uma mesa redonda variável

Vamos retornar à conferência de mesa redonda. Suponha que a mesa é elástica e seu raio pode aumentar ou diminuir. As posições dos participantes então variam adequadamente.

Obviamente se o raio da mesa redonda aumenta ou diminui, as relações geométricas entre os participantes ainda mantêm as três propriedades mencionadas anteriormente ou seja, o princípio de direitos iguais de posições ainda é mantido. Em outras palavras tais variações como expansão e contração da mesa redonda são compatíveis com o princípio de direitos iguais.

À medida que a mesa redonda se expande ou contrai cada participante a partir de seu próprio ponto de vista ainda sempre vê ele mesmo como o centro e as pessoas em ambos os lados se afastam ou se aproximam

simetricamente isto é, a descrição que ele vê é uma expansão ou contração em torno dele mesmo como o centro. Essa expansão ou contração é muito regular, com os participantes mais próximos ao observador tendo pequenas velocidades e vice versa. Falando quantitativamente, a velocidade v de uma partícula em relação ao observador é diretamente proporcional à distância d entre eles

$$v = k d$$

onde k é uma constante.

A velocidade do Universo

Pode ser mostrado que essa exigência é satisfeita somente quando v tem a seguinte forma:

$$\mathbf{v(r,t) = \dot{f}(t)r}$$

A descrição de velocidade expressa pela equação acima é simples e pode ser dividida em três casos:

$f(t) = 0$	nesse caso $v(r,t) = 0$ ou seja, o Universo todo é estático
$f(t) > 0$	o Universo está se expandindo. Isso é, visto do ponto O todas as estrelas se deslocam radialmente para fora (ao longo de r) e com uma velocidade diretamente proporcional à distância.
$f(t) < 0$	o Universo está contraindo. Ou seja, visto do ponto O todas as estrelas se aproximam de O ao longo da direção radial. A velocidade é outra vez proporcional à distância.