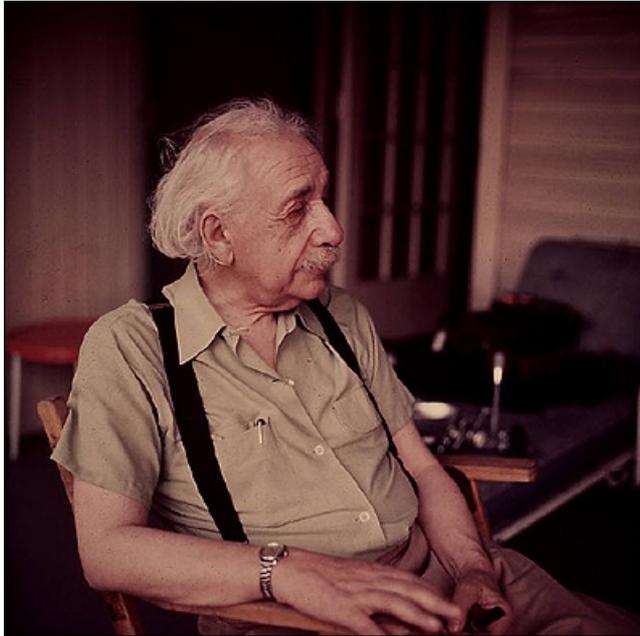


## O ESPAÇO, O TEMPO E A MATÉRIA DEPOIS DE EINSTEIN.

Há cem anos Einstein publicou os primeiros dos seus célebres trabalhos. Adquiriu, posteriormente, notoriedade e a reputação de ter sido um dos maiores gênios da Humanidade. Com o intuito de lembrar Einstein e suas idéias revolucionárias a ONU declarou 2005 como o ANO MUNDIAL DA FÍSICA.



Os trabalhos de Einstein provocaram uma revolução no conhecimento de que se dispunha, até então, do mundo Físico. Procuraremos explicar, resumidamente, as contribuições de Einstein que resultaram num melhor entendimento das propriedades do Espaço, do Tempo e da Matéria.

Usualmente, a matéria é definida como qualquer aglomerado de átomos. Com a percepção de que o átomo é, ele mesmo, um aglomerado de partículas, esta definição foi generalizada para designar matéria como qualquer aglomerado de partículas que possuam massa. A Interação eletromagnética das partículas que compõem a matéria se dá através da troca de uma outra partícula, conhecida como Fóton. Einstein sugeriu que o efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir da natureza corpuscular da luz . Para efeitos práticos, Einstein descobriu o Fóton. Recebeu, por essa descoberta, o premio Nobel em 1922.

Aglomerados de átomos podem existir em três estados físicos distintos: sólido, líquido e gasoso. Em 1920 Einstein previu, concomitantemente com Bose, que os átomos podem se aglomerar (ou condensar) de uma maneira distinta das usuais. Nessa nova forma de aglomeração, os átomos, que

normalmente têm características distintas, passam a ter uma mesma característica (por exemplo, a mesma velocidade). Em linguagem científica, diz-se ocupar um único estado quântico do sistema. Einstein analisou a possibilidade de um estado em que os átomos teriam velocidade nula. Verificou que isto seria possível.

Percebeu-se, e muito tempo depois, que essa nova forma de aglutinação de átomos representa um novo estado da matéria, uma vez que exhibe propriedades totalmente distintas das usuais. Einstein anteviu, em resumo, um novo estado da matéria.

Outra contribuição importante, no que tange à matéria, diz respeito à equivalência entre a quantidade de matéria determinada pela sua massa e o equivalente dessa quantidade em energia. Trata-se da famosa relação entre massa e energia ( $E=mc^2$ ). Assim, em processos físicos nos quais há perda de massa, haveria, necessariamente, liberação de uma certa quantidade de energia. Com esta descoberta, estava aberto o caminho para a exploração (para o bem ou para o mal) de novas fontes de energia.

O espaço é o palco no qual ocorrem todos os fenômenos. A posição de um ponto do espaço é especificada através das suas coordenadas. E estas pressupõem a existência de um sistema de referência, ou um referencial. Três coordenadas (largura altura e profundidade) são necessárias, uma vez que o espaço é tridimensional. Como as coordenadas dependem do referencial, elas não têm um caráter absoluto.

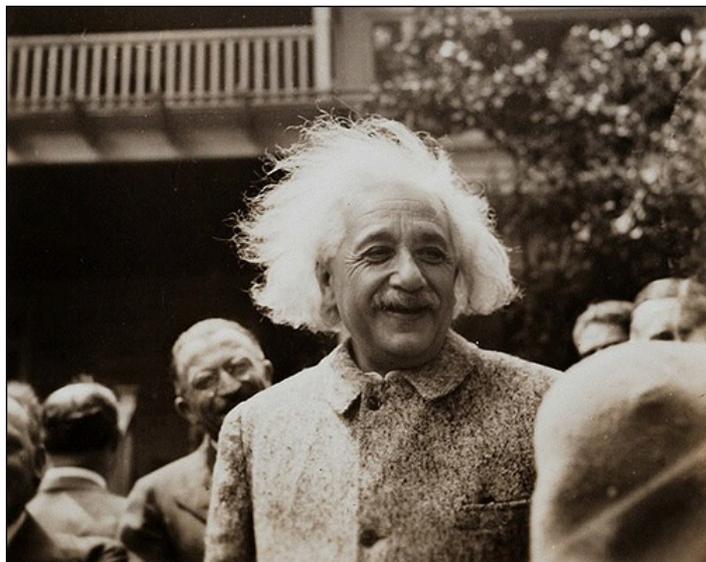
Para entendermos as teorias da relatividade formuladas por Einstein, imaginemos dois sistemas de referência (podemos imaginar dois sistemas de referência como sendo duas naves espaciais). Consideremos agora esses referenciais (as duas naves espaciais) em movimento relativo. Um determinado fenômeno pode ser investigado através de medidas realizadas pelos observadores localizados em cada um dos referenciais.

O resultado das medidas levadas a efeito em referenciais diferentes (em cada uma das naves) permite-nos classificar as grandezas físicas em duas grandes categorias. As grandezas absolutas são aquelas para as quais as medidas levam sempre ao mesmo resultado (ao mesmo valor), independentemente dos referenciais. As grandezas relativas são aquelas, como o nome indica, que dependem do sistema de referência. O tempo, por exemplo, é absoluto? Isto é, intervalos de tempo dependem do referencial escolhido? Astronautas em naves diferentes registram intervalos de tempo iguais para um mesmo evento? Até o trabalho de Einstein, agora lembrado pela ONU, o tempo era absoluto, conforme fora decretado por Newton.

A questão central da teoria da relatividade pode ser concentrada em três indagações: Que grandezas físicas têm um caráter absoluto? Como se relacionam as diversas grandezas físicas relativas (as coordenadas e o tempo de ocorrência de um evento, por exemplo) medidas em cada um dos sistemas de referências? Como se escrevem as equações nos diversos referenciais? Einstein procurou dar respostas a estas questões a partir do que teria, na sua concepção, um caráter absoluto. Sugeriu que a velocidade da luz e a forma das equações teriam um caráter absoluto. Sua teoria tem como base para sua formulação esses dois pressupostos (ou postulados).

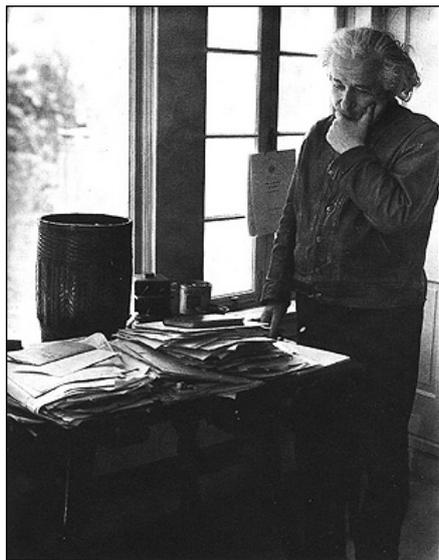
Na teoria da relatividade restrita, o objetivo de Einstein era o de descrever os fenômenos analisados a partir de sistemas de referência, que se movem com velocidade constante e em linha reta, um em relação ao outro. O fato de a velocidade destes ser constante, e o movimento retilíneo, fazia com que a sua teoria da relatividade fosse mais restrita (donde o nome). Dez anos depois Einstein elaborou uma teoria mais geral (sua Teoria Geral da Relatividade).

No primeiro postulado, sobre a constância da velocidade da luz, Einstein revela sua genialidade. Pois se tratava de algo completamente inusitado e pouco intuitivo, pois é completamente diferente do que se observa no cotidiano. Como se sabe hoje, em matéria de velocidade, isto se aplica apenas à velocidade da luz. Conferiu à velocidade da luz, e não ao tempo, um caráter absoluto.



Einstein percebeu, ao formular sua teoria, o que era essencial para a descrição da natureza. A partir dessas duas hipóteses é possível fazer uma série de deduções. Deduz-se, por exemplo, que existe uma relação entre as coordenadas de um evento e o tempo de ocorrência num e noutro sistema de referências. Assim, a teoria da relatividade restrita introduz uma

interdependência entre espaço e tempo. Essa interdependência faz com que, para caracterizar um evento, tenhamos que determinar as três coordenadas e o tempo de ocorrência desse evento. É como se o espaço tivesse mais uma dimensão (a do tempo). Daí a idéia de um espaço-tempo quadridimensional que emerge naturalmente da teoria de Einstein. O tempo perde o caráter absoluto. O tempo no qual um evento ocorre é relativo. Conseqüentemente, é também relativo o conceito de simultaneidade.



Na sua Teoria da Relatividade Geral, Einstein chamou a atenção para uma outra propriedade relevante do espaço físico. Trata-se da curvatura do espaço. Num espaço plano a menor distância entre dois pontos do espaço é aquela que é determinada por um segmento de reta que passa por esses pontos. Num espaço curvo isto não é verdade. A grande novidade introduzida por Einstein, nessa teoria mais geral, é que a mera presença de matéria no espaço muda as propriedades desse espaço. A matéria acarreta a existência de uma curvatura do espaço físico. É uma espécie de enrugamento do espaço. Através de conceitos geométricos, Einstein formulou uma nova Teoria da Gravitação. Estava aberto, com essa teoria, o caminho para previsões surpreendentes tais como a existência de Buracos Negros e a possibilidade de que o universo esteja em expansão. Tais previsões resultam da análise de soluções das equações de Einstein.

Einstein trouxe assim novas concepções para o mundo físico, as quais permitiram entender algumas propriedades do Tempo, do Espaço e da Matéria. Merece ser lembrado mais uma vez. E, desta vez, ao longo de um ano inteiro.

*Jornal da USP, Ano XX, nº. 712, de 10 a 16 de janeiro de 2005.*