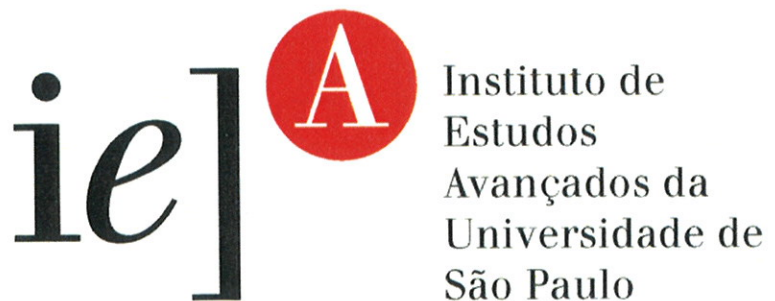


**Estudos sobre o Tempo: 1)
O Tempo na Astronomia;
2) O Tempo na
Matemática; 3) O Tempo
na Biologia**

*José Antônio de Freitas Pacheco; 2) Francisco Miraglia;
3) Erasmo Garcia Mendes*



Apresentação

A dimensão temporal dos fenômenos constitui-se em preocupação filosófica, metodológica e experimental para diversas áreas do conhecimento, tanto no campo das artes e das ciências humanas, quanto no das ciências exatas e naturais. Pode ser analisada do ponto de vista de sua generalidade, enquanto dimensão da natureza, através de questões de ordem filosófica sobre a sua essência. Pode, por outro lado, discutir as diferentes apropriações do tempo realizadas por diversas disciplinas, através de questões sobre como o tempo é incorporado e tratado pelas diversas áreas do conhecimento humano.

A proposta de abordagem interdisciplinar para discutir estas e outras questões sobre a questão do tempo levou à constituição, em fevereiro de 1989, do GET - Grupo de Estudos sobre o Tempo, ligado ao Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.

Desde então este Grupo de Estudos tem se reunido sistematicamente na sede do IEA/USP para seminários e debates sobre diversos aspectos da questão do tempo nas diversas disciplinas, sempre com uma perspectiva de interação interdisciplinar. Organizou também diversas mesas-redondas e conferências públicas, dentro e fora da USP.

Um dos resultados do trabalho deste grupo está agora em suas mãos. Temos a grata satisfação de iniciar a publicação de documentos produzidos pelo GET através desta série especial da Coleção Documentos do IEA. Pretendemos com isto apresentar ao público a transcrição das diversas mesas-redondas, conferências, simpósios e debates internos que o GET tem organizado e participado em diversas instâncias.

Nelson Marques e Luiz Menna-Barreto
coordenadores do Grupo
de Estudos sobre o Tempo - IEA/USP

O TEMPO NAS CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS

L.B.CLAUZET: Desde 1988 um grupo multidisciplinar tem se reunido para discutir as questões do tempo. Este grupo, patrocinado pelo Instituto de Estudos Avançados da USP e coordenado pelos colegas Nelson Marques e Menna-Barreto, vem realizando mensalmente debates em que são convidados especialistas de diferentes áreas. O objetivo desses debates é que cada participante, mesmo não trabalhando diretamente com o tema, aborde, em apresentação informal, dirigida a um público mais amplo, aspectos relacionados à problemática do tempo, do ponto de vista de sua área de trabalho. É com muita satisfação que coordeno a nossa mesa-redonda de hoje, intitulada **O tempo nas ciências naturais e exatas**. Foram escolhidas como representativas as áreas de Astronomia, Matemática e Biologia, intrinsecamente relacionadas com o tempo. O professor Erasmo Garcia Mendes é figura sobejamente conhecida, dir-se-á um patrimônio científico desta Universidade, dispensando maiores apresentações. O doutor Francisco Miraglia é daquelas pessoas raras, na qual coexistem o humanismo de contemplação com incansável humanismo de ação, transmitindo sempre a todos a chama de um possível mundo melhor. O professor José Antônio de Freitas Pacheco, um dos mais dinâmicos e atuantes astrônomos da atualidade, é um dos responsáveis pela moderna Astronomia desenvolvida hoje no Brasil. Agradeço muito a presença de todos. Passarei a palavra ao Pacheco, em seguida ao Miraglia e ao Erasmo, seguindo a ordem cronológica histórica do surgimento das disciplinas em que trabalham.

Com a palavra o professor Freitas Pacheco, que falará sobre **O TEMPO NA ASTRONOMIA**.

J.A.F.PACHECO: Inicialmente, eu gostaria de dizer que não sou um especialista em assuntos do tempo. E também fiquei na dúvida, quando o Clauzet me convidou, se o que deveria falar aqui é opinião de um astrônomo, neste caso particular eu, que teria sido convidado a falar sobre o tempo, ou efetivamente a opinião de um astrônomo sobre tempo em Astronomia. Eu vou acabar fazendo acho que uma mistura das duas coisas. O tempo para a Astronomia, ou

para os astrônomos, ou para quem trabalha em Astronomia, praticamente não difere do conceito de tempo que vem da Física, conceito que se aplica à Biofísica, já que os processos físicos envolvidos implicam em equações que são, em sua essência, as mesmas, já que são essencialmente os mesmos princípios físicos que estão em causa. Nossa conceituação do tempo vem do fato de que o tempo procura caracterizar algo que se modifica no decorrer da evolução de um sistema. Todo sistema físico, seja lá qual for, evolui, se altera, e nós procuramos, de alguma forma, associar essas alterações com algum tipo de descrição, com algum tipo de variável. Nós que estamos aqui num auditório de cinema, podemos considerar, como exemplo, uma sequência de eventos que ocorrem num filme, que estão representados em cada quadro. Então, vamos imaginar que, por uma ação diabólica, alguém apanhe o filme que nós estamos considerando e o picote, quadro a quadro. Vamos supor também, que o editor deste filme, que não o conhecia anteriormente, tenha feito agora uma nova edição de todos os quadros completamente ao acaso. É evidente que, se formos assistir o filme agora, podemos ter uma seqüência (se o filme for de "bang-bang"), onde nós poderemos ver o bandido cair antes do mocinho dar o tiro. Então, é evidente que, quando falamos de tempo, está implícita uma seqüência de eventos, que está ligada intrinsecamente com uma relação entre causa e efeito. Não é possível o bandido morrer antes que o mocinho tenha dado o tiro. Então, nessa seqüência do tempo, nessa ordenação dos quadros, está implícita uma relação de fundamental importância para qualquer teoria física, que é uma relação de causa e efeito, quer dizer, o bandido só pode cair depois que o mocinho der o tiro. Uma relação de causa e efeito está fundamentalmente relacionada com o fato de nós podermos ordenar a seqüência temporal. É evidente que também, ao invés de picotar o filme, poderíamos pensar em passar o filme ao inverso (sem cortá-lo, simplesmente projetá-lo ao inverso), onde nós veríamos também "falhar" a relação entre causa e efeito. Em outras palavras, posso eu voltar atrás no tempo? Para que possamos entender um pouco melhor essa conceituação, vamos examinar o seguinte: se tomarmos na Astronomia, como exemplo, o movimento de um planeta em torno do sol, as equações que descrevem o movimento planetário, as equações da dinâmica, me permitem, desde que eu conheça as condições iniciais, ou seja, uma dada configuração do

planeta em relação ao Sol, prever qual será a posição desse planeta num instante qualquer do futuro. Se alguém tem alguma dúvida disto, basta lembrar que, algumas semanas atrás, sabia-se que iria ocorrer um eclipse, que teve uma hora e meia de duração (de fato foi uma previsão anterior, uma previsão do "futuro" que me permitiu dizer: olha, dia tal vai ocorrer um eclipse; significa que a Lua vai passar atrás do cone de sombra da Terra e vai permanecer lá um determinado tempo). As soluções da dinâmica me permitem assim prever uma situação futura. Da mesma forma, eu poderia pensar na seguinte situação: a história diz que durante o nascimento de Cristo houve uma estrela brilhante no céu e poderíamos nos perguntar se essa estrela, essa fonte de luz, poderia estar associada, por exemplo, ao cometa Halley. Então, ao invés de fazer uma previsão futura, eu poderia fazer uma "previsão" do passado. Em outras palavras, conhecendo as condições da órbita do cometa Halley hoje, eu posso perguntar se, há dois mil anos atrás, o Halley estava numa situação favorável para que aparecesse de forma luminosa, na época do nascimento do Cristo (sabe-se que isso não corresponde à realidade - se foi um cometa, certamente não foi o Halley). Mas, implica que eu posso mudar o sinal do tempo e conhecer uma situação há dois mil anos atrás. Aqui dei um exemplo onde eu tenho um sistema dinâmico, em que se eu colocar um valor de t positivo, posso prever o futuro e se colocar um valor de t negativo, posso conhecer a situação passada. Agora, vamos examinar uma outra situação, um outro exemplo. Vamos imaginar um copo, completamente transparente, para que se possa examinar a água, que vou chamar de substrato. Neste copo, cuidadosamente, eu pego uma seringa com um líquido colorido e coloco uma gota do líquido no centro do copo e deixo este copo completamente imóvel aqui. Eu me fixo agora exclusivamente ao movimento térmico das moléculas: esse líquido, essa tinta, vai entrar num processo de difusão no seio do substrato. Em outras palavras, a concentração que era enorme, que estava máxima no centro do copo, vai ser diluída no substrato. De maneira que, eu posso sempre, num dado instante, resolvendo uma equação adequada que o Miraglia conhece bem, a equação de difusão, eu posso saber, num instante qualquer do tempo, qual vai ser a concentração de partículas. Mas agora vamos imaginar, que tivesse chegado um assistente retardatário, uma hora depois de eu ter iniciado a minha experiência. Ele olharia a

concentração de líquido no copo, e sabendo qual é a equação que o processo obedece, poderia nos perguntar: Muito bem, qual era a concentração inicial do líquido há uma hora atrás? Em princípio, se poderia pensar que bastaria, na equação que descreve o processo, trocar t por $-t$. Mas acontece que, se isto for feito, eu obtenho uma outra equação: o processo não é reversível. Significa que, nesse processo físico que eu acabei de descrever, é absolutamente impossível, a partir das condições conhecidas num dado momento, conhecer o passado. Eu não posso voltar atrás: eu posso conhecer o futuro, mas não posso conhecer o passado, porque meu processo é irreversível. A existência de um processo seqüencial, que eu mencionei antes, está profundamente relacionada com o fato que nós temos uma relação de causa e efeito. Essa experiência, que acabei de mencionar, mostra que existem processos reversíveis e processos irreversíveis que estão associados com a segunda lei da termodinâmica. A segunda lei da termodinâmica diz que quando eu passo de uma dada configuração A para uma dada configuração B, se durante essa passagem a entropia aumenta, esse processo é irreversível, eu não posso mais retornar a A. Se a entropia for mantida constante, esse processo é reversível, eu posso retornar ao processo A. Então, o processo que acabei de descrever é um processo cuja entropia aumenta: dessa forma eu não posso retornar a A, porque estaria violando a segunda lei da termodinâmica (eu teria que voltar a um estado, cujo valor da entropia é menor do que o estado final). Então, de uma certa forma, a orientação do eixo do tempo, nos processos irreversíveis, está relacionada com o fato de que, se eu tenho um processo cuja entropia aumenta, esse processo é irreversível. Durante muito tempo, por exemplo, em Astronomia, usou-se como relógio, como marcador de tempo, o movimento de rotação da terra. Mas acontece que a rotação da terra não é um movimento perfeitamente isentrópico, isto é, de entropia constante, portanto reversível. A rotação da terra devido a influência da lua, do sol, que provocam forças de maré, dissipam energia, portanto o movimento não é isentrópico, não é feito com entropia constante, sendo um processo irreversível (nesse caso a Terra não seria um relógio ideal; eu não posso voltar atrás, porque quando eu passo de um estado A para B, a entropia se altera). Aliás, o tempo, na sua definição física hoje, é feito em cima de uma definição atômica, uma definição na qual eu uso como padrão de frequência, a

emissão de um átomo (por exemplo, o átomo de césio ou um cristal de rubi, que tem uma frequência muito bem determinada). A outra questão que nós podemos colocar é se esse tempo, mesmo esse tempo que é medido atômicamente, que é definido atômicamente, é uniforme e é o mesmo para todos os observadores. O Fleming, em artigo que fez para a Revista da USP, mencionou que o tempo corre de forma diversa, segundo o sistema de referência do observador e eu não vou voltar a discutir o que ele apresentou naquele artigo. Mas existe ainda um outro efeito: a estrutura do nosso espaço-tempo é determinada pela distribuição das massas gravitacionais, ou seja, pela distribuição de matéria no universo. Sem entrar em maiores detalhes sobre esse problema, a frequência do átomo depende da presença próxima ou não da matéria. Em outras palavras, se eu tiver um relógio atômico, um césio aqui na terra, onde existe uma certa distribuição de matéria e aproximar esse mesmo relógio, agora, do Sol que tem uma concentração de matéria muito maior, o que vai ocorrer? A frequência da transição vai aumentar. Se eu me afastar do Sol, ela diminui. Esse é um efeito previsto pela teoria geral da relatividade, o chamado "desvio para o vermelho gravitacional", que depende única e exclusivamente da distribuição de matéria. Ele pode ser melhor pensado ou examinado, na sua maior dramaticidade, se nós olharmos o efeito de uma estrela que colapsa, dando origem a um buraco negro. Podemos imaginar o caso de um observador que esteja na superfície de uma estrela que está se afundando com seu relógio local de quartzo, e outro observador, bem distante, que se encontra muito mais seguro, e que não vai afundar junto com a estrela. O que ocorre? Como eu disse, quem está na presença de um campo gravitacional intenso tem o seu relógio andando com uma frequência muito mais rápida. Para o que está mais distante, a frequência é mais baixa. Então, esse observador distante vai observar o processo de colapso: o "astrônomo" caindo dentro da superfície do horizonte dessa estrela. Isso só vai ocorrer, para esse observador distante, num tempo infinito. Na prática ele nunca vai ver isto ocorrer, porque o objeto vai deixar de ser visível, por outras razões. Mas, se ele pudesse observar ad eternum o observador distante, que está na superfície do objeto, veria o "astrônomo" só atingir efetivamente a superfície do horizonte (quer dizer, quando se completa o colapso), num tempo infinito. Mas, para o observador que está na superfície,

afundando junto com a estrela, como a frequência do seu relógio depende do campo gravitacional e esse campo aumenta cada vez mais conforme a estrela se colapsa, ele vê, num tempo finito, o colapso ocorrer. É evidente que o escoamento do tempo, embora se tenha um padrão atômico, depende fisicamente da presença de um campo gravitacional. E isso influencia, inclusive, o andamento biológico. Não é apenas um efeito aparente: porque, se ele influencia a "vibração" atômica, ele influencia também as frequências naturais, os processos químicos e biológicos. É claro que nós, biologicamente, sentiríamos essa alteração temporal, que ocorre para um observador distante e para um observador próximo a um campo gravitacional intenso. Uma outra questão, um outro aspecto importante a ser abordado (agora que nós já vimos mais ou menos que o escoamento do tempo está relacionado com causalidade, com entropia, e que o escoamento não é uniforme para observadores situados em regiões diferentes no espaço), refere-se a origem do tempo. Quero dizer, existiu um instante inicial do ponto de vista cosmológico? Ou a contagem do tempo se faz ad infinitum, do passado para um futuro, também sem perspectivas de fim - um universo eterno. Do ponto de vista da Astronomia existem pelo menos três razões completamente independentes entre si, que nos levam a supor a existência de um princípio. A primeira delas está relacionada com o afastamento recíproco das galáxias, que é interpretado como sendo devido à expansão do universo. Além do afastamento recíproco das galáxias, uma outra evidência da expansão do universo está relacionada com o fato de que a noite é escura. Se não houvesse uma região chamada horizonte, nos quais as galáxias se afastam com a velocidade da luz, a noite seria clara e não escura. E porque a noite é escura (um fato comprovado, observacional), implica que o universo está em expansão. E se, então utilizarmos uma medida direta da expansão recíproca das galáxias, temos a possibilidade de determinar uma escala de tempo, a partir da qual o universo teria iniciado a sua expansão. Isso teria ocorrido, dentro das incertezas dessas medidas, num tempo da ordem de quatorze mais ou menos três bilhões de anos de idade. Mas não é só isso. A outra evidência é a partir do estudo das estrelas mais velhas, localizadas em aglomerados globulares (são as estrelas da primeira geração de nossa galáxia). Nós podemos determinar a idade dessas estrelas exclusivamente a partir de processos nucleares.

Conhecemos a eficiência das relações nucleares, sabemos da eficiência das reações que produzem a energia, medimos a quantidade de energia que essas estrelas estão produzindo, e poderemos, portanto, determinar uma escala de tempo, uma escala de tempo nuclear. E essa escala de tempo é da ordem de quatorze mais ou menos três bilhões de anos de idade. Vejam que esses dois números, que são determinados de forma completamente independentes, apesar das incertezas, estão em muito bom acordo. Mas também existe uma outra evidência de que o universo teve um princípio: é o fato que ainda existem na Terra e em outros planetas do sistema solar, elementos radioativos, por exemplo, o urânio, o tório. Esses elementos, apesar de terem uma vida média extremamente longa, da ordem de bilhões de anos, se o universo fosse infinito, há muito tempo não seriam mais observáveis; teriam se transformado em chumbo. Pelo fato de existir ainda elementos radioativos nós podemos ter a certeza de que houve um início, houve um fiat-lux. E como nós conhecemos, através da Física nuclear, qual é a capacidade que as estrelas tem de produzir elementos pesados, nós podemos também, a partir da quantidade de elementos pesados em relação ao chumbo, determinar uma idade para a galáxia, que resulta ser da ordem de treze mais ou menos quatro bilhões de anos. Então, nós vemos que, a partir de processos, de medidas, de observações distintas, somos levados a números que concordam entre si, que nos fazem crer que houve um fiat-lux mais ou menos há quinze bilhões de anos atrás, com uma incerteza, digamos, de três bilhões de anos. Uma outra questão interessante que pode ser levantada é que, se hoje o conhecimento que nós temos da Física nos permite dar uma descrição do início, é possível ter-se uma idéia do futuro que nos espera? Qual vai ser o fim do universo? Em quanto tempo nós vamos atingir um estado de máxima entropia, onde então nada mais será possível? Não haverão mais processos reversíveis, não haverá mais nenhuma forma a partir da qual nós poderemos extrair energia do universo? Existem algumas fases relacionadas ao futuro que nós podemos mencionar. Se o universo vai seguir uma história por um caminho A ou por um caminho B, depende das teorias modernas de unificação, se estão corretas ou não. Essas teorias que levam à unificação das diferentes forças da natureza, prevêm, por exemplo, que o próton não é uma partícula estável e teria uma vida média da ordem de 10^{33} anos. Acontece que, embora o

universo seja muito mais jovem (a idade que eu mencionei é da ordem de dez a quinze bilhões de anos, praticamente poucos prótons teriam decaído), é possível medir uma fração extremamente pequena dos prótons que teriam se desintegrado. Isso seria mensurável. Até agora isso não foi medido em laboratório. Se não ocorrer o decaimento do próton (se as teorias não estiverem corretas), o universo vai continuar sua vida além de 10^{33} anos. Então, nós podemos perguntar quais são as etapas futuras. Quem teve a oportunidade de ler "**Uma história sobre o tempo**", aprendeu que Hawking imaginou um processo através do qual, devido a um efeito puramente quântico, os buracos negros, mesmo os de grande massa, de tempos em tempos, emitem uma partícula. A evaporação, devido ao efeito Hawking, dos eventuais buracos negros que possam existir em nossa galáxia (são estados de mínima energia, e a natureza sempre procura estados de mínima energia, para situações estáveis) levaria cerca de 10^{64} anos. Depois disso, nós ainda temos uma outra possibilidade de pensar uma forma onde a natureza vai procurar níveis de energia ainda mais baixos. Os planetas e as estrelas, que tem uma configuração muito densa, podem ser imaginados como um "cristal". Existe uma probabilidade diferente de zero, de que o átomo que esteja fixo nessa rede cristalina possa dela escapar. Isso representa um tempo muito grande, mas quando ocorre o escape dos átomos dessa rede cristalina, por um efeito também puramente quântico, o planeta deixa de ser um sólido e passa a se comportar como um líquido. Então, a época de fluidificação de todos os cristais de todos os planetas, representa um tempo de 10^{176} anos. Mas isso ainda não é o último estágio; não é ainda "o fim dos tempos". Porque ainda existe um estágio de energia mais baixo que a matéria pode alcançar. Após atingirmos este estado de fluidificação, existe a possibilidade de todos os núcleos existentes se transformarem em núcleos de ferro (núcleos com maior energia de ligação e os mais estáveis). Existe assim um processo de "ferronização" e isso vai ocorrer daqui a 10^{10480} anos. Se vocês estão surpresos com um número dessa dimensão, ele também não é ainda o último estágio possível, dentro do nosso conhecimento, em que a matéria se encontra no seu mínimo de energia; o estágio mínimo de energia é quando todos esses núcleos de ferro se transformarem em neutrons, ocorre então a "neutronização" completa da matéria e esse passa a ser o "fim dos tempos", porque nós

alcançaremos um estágio de máxima entropia e nada mais pode ser retirado da matéria presente no universo. É o estado de morte completa, que atingiremos em $(10^{10})^{76}$ anos. Esse é o número do apocalipse, é o número do "fim dos tempos". E termino minha parte dizendo que "quem viver, verá".

L. B. CLAUZET: Muito obrigado Pacheco. Passo a palavra a Francisco Miraglia, que falará sobre **O TEMPO NA MATEMÁTICA**.

F. MIRAGLIA: Quero agradecer o convite para esta conversa. Há uma dificuldade generalizada, da qual compartilho, na explicitação das questões relativas ao tempo. Há muitos tempos sobre os quais falar. Toda vez que temos de dividir uma reflexão sobre esse tema, surge a confusão. Lembro-me de Santo Agostinho, que dizia: "eu sei o que é o tempo, a não ser quando me perguntam, porque aí não sei explicar". Sou um profissional da área da Matemática que se tornou, ao longo de três mil anos, uma linguagem científica. Vocês escutaram a exposição anterior, que mencionava equações, dados, maneiras como as coisas se articulam, referenciadas em enunciados matemáticos. Quero comentar e discutir com vocês uma outra perspectiva de compreensão do tempo. Poderíamos pensar no relógio como sendo "a idéia de um relógio", um pulsar repetitivo, reconhecível e que se utiliza como padrão. O relógio é, essencialmente, isso: o que o átomo do césio faz, o que a rotação da terra faz. Esta idéia pode ser referenciada em muitas coisas. Por exemplo, no pulsar da disciplina, a própria Matemática, a própria atividade humana tem esse eixo do tempo no qual você tenta medir a evolução. Mas ela tem também os seus problemas do ponto de vista de como se dá no interior do progresso da humanidade, ela tem o seu pulsar, o seu movimento. Eu queria então me ater um pouquinho a essa questão, em relação à Matemática. Do ponto de vista histórico, se olharmos para a Matemática que conhecemos, os primeiros apanhados existentes são da Grécia Antiga. Qual é o conjunto e a origem dos problemas que estavam lá? Essencialmente era o conjunto de problemas que se originavam do conhecimento do sólido no espaço e que,

de fato, surgiram de um interesse muito grande por Astronomia, objeto de interesse humano de uma longa tradição. Além da questão dos sólidos, isto é, de como as coisas se relacionam no espaço e de quais as possíveis relações que têm entre si, surge aquela de como essas relações se modificam. Aí tem início uma questão de cronologia. Além disso, na relação de quantidade, quais eram as maneiras com as quais conseguiríamos pensar, montar simbologias que pudessem fazer as articulações de quantidade serem tratáveis do ponto de vista metódico? Esta não é uma questão simples e muitas vezes não prestamos atenção nisso. Multiplique quatrocentos e trinta e sete por mil quatrocentos e noventa em algarismos romanos: ou você já sabe o resultado ou não será capaz de fazê-lo. Os algarismos arábicos incluem, além da capacidade de expressão, a possibilidade de operação. Isso muda drasticamente a relação com esses números. Em primeiro lugar, na quantidade de conhecimentos que se pode produzir e na quantidade de conhecimento que se pode obter. Em segundo lugar, é impensável fazer isso, conforme a história nos mostra, sem que se proceda a um processo de abstração, que de novo se dá no interior do tempo, pela necessidade de produção de conhecimento. Ou seja, os algarismos que aprendemos desde pequenos, os algarismos arábicos e o sistema posicional são drasticamente diferentes dos algarismos romanos, drasticamente diferentes dos que os chineses usam para representar a idéia de número. Por que? **Porque eles não são simplesmente nomes, eles são um método para se dar nomes.** Intrinsecamente, a numeração é infinita: não temos um nome para cada número. O que se aprende na realidade é que, se quisermos, podemos arranjar um nome para qualquer número, o que é completamente diferente. Em geral isso vem junto, essa era a coleção de problemas que estavam lá. Evidentemente, a questão dos algarismos arábicos, da datação posicional, veio muito depois daquelas preocupações que estavam lá. É instrutivo, por exemplo, apreendermos como Euclides enunciava seus teoremas sobre a aritmética. Esses teoremas, de muita importância, foram enunciados de maneira extremamente "enrolada", comparados com o que conhecemos hoje. A problemática grega tentava construir a crítica do conhecimento do movimento, quer dizer, o conhecimento crítico em cima do movimento, e de novo incorporava o problema do tempo e o problema do processo. Mas do ponto de vista matemático, fazia-se de novo uma

abstração, como se fez no caso dos números. Quero entender o tempo como a possibilidade de dividir, quer dizer, de arranjar pedacinhos, pedacinhos e pedacinhos cada vez menores, e ser capaz de entender o movimento olhado globalmente, olhado dividido. A escola grega e a escola eleática propuseram algumas das bases fundamentais para a compreensão que temos hoje dos processos de limites, ou seja, conheço alguma coisa, sei o que esta coisa é, o que acontece com os objetos que são resultado de sucessões dessas coisas. Os gregos não resolveram, mas apontaram a problemática do limite, quer dizer, de como se descobre o que está acontecendo nos limites do que se sabe. Por exemplo, o problema de área, o problema de volume, o problema de calcular velocidade picando, todas essas coisas "pintavam" lá. Essa estrutura, se você olha hoje para a atividade matemática que se desenvolveu muito como língua para a ciência, deste ponto de vista interno, continua essencialmente, basicamente, do mesmo jeito que estava lá. Isto é, nos últimos dois mil anos produzimos uma quantidade considerável de conhecimentos sobre as mesmas problemáticas. Quanto se conhece dos números naturais, hoje? Conhece-se mais do que se conhecia há cem anos atrás, mas não se conhece em profundidade a estrutura dos números naturais, desses números que usamos para contar. Por exemplo, como é que é a distribuição dos números primos, quer dizer, como é a distribuição dos números que não têm divisores? Ninguém sabe! Estas questões estão em pé até hoje. Há problemas de geometria do espaço, por exemplo, como se caracteriza a chamada conjectura de Poincaré em dimensão três, está em aberto até hoje. Quer dizer, sobre esse conjunto de problemas foi erigido um edifício, construído no interior da história e portanto no interior do tempo. Mas do ponto de vista interno da disciplina, o conjunto de problemas fundamentais que está colocado avançou, mas continua exatamente o mesmo conjunto de problemas fundamentais. É como se você tivesse dois tipos de relógio. Do ponto de vista do interior da disciplina, as coisas que são substantivas, que se fazem hoje, são para se tentar resolver problemas alguns dos quais estão em pé há trezentos, trezentos e cinquenta anos. Em paralelo com essa questão, a ciência matemática produziu por força de suas necessidades. E quais são as necessidades fundamentais? A necessidade fundamental é produzir, no interior da Matemática em relação a suas aplicações, em relação ao histórico no qual ela se insere,

produzir equipamentos simbólicos que sejam sintéticos e calculáveis. E é isso que hoje torna a Matemática uma linguagem para as outras ciências, em particular para as Ciências Físicas (a Matemática está muito mais próxima da Física do que está da Química; da Química do que está da Biologia; mais próxima da Biologia do que das Ciências Sociais). Essa aproximação é outro eixo de discernimento da evolução. Ou seja, não estou querendo, ao falar com vocês, fixar-me em um eixo e dizer: Bom, vamos ver o que aconteceu em 1793! Estou tentando apontar uma outra perspectiva, que é a perspectiva de dizer qual é a contribuição que a Matemática faz a si própria, como ela pulsa, como interfere nas outras ciências. Grudada na Física e Astronomia, mais perto da Química, particularmente no século vinte, mais longe das Ciências Sociais. O equipamento que é utilizado nas Ciências Sociais por parte da Matemática é absolutamente primitivo, é comparável ao que se usava há dois mil anos atrás para estudar cordas vibrantes, quer dizer, dividir proporcionalmente para ver qual é a frequência que vibra. Então é importante analisarmos essa questão do uso, da relação da ciência consigo própria ao longo de sua evolução, como ela pulsa. Também a sua relação com outras categorias de interesse científico e filosófico. Dá para se traçar, em relação à perspectiva da atividade humana, um eixo, que embora ainda localizado, é um eixo de debate intenso, que é o seguinte: O que é a Matemática? Como era concebida a atividade matemática? A atividade matemática era concebida como uma teoria geral de relações, e é nessa medida que ela adquire a capacidade de expressar fenômenos de uma enorme variedade. Mas é uma teoria geral de relações. Existe um preconceito (eu acho que é um preconceito e aqui estou dando explicitamente a minha opinião), segundo o qual a intuição, ou seja, a teoria geral das relações que se extrai da relação entre sólidos, ou que se extrai da relação de contar, é a mesma intuição, ou é a mesma teoria de relações que seria apropriada para se estudar fenômenos sócio-políticos. E estou dizendo que isso pode ser falso. A intuição, ou seja, a teoria geral de relações, que seria necessária para se estudar outros fenômenos pode ser outra, diferente daquela que se obtém estudando o sólido no espaço ou tentando entender como se conta ou como as coisas se ordenam. Isso significa que existem outras matemáticas possíveis e isso abre uma perspectiva objetiva. Mas isso é uma discussão evidentemente filosófica. Por outro lado,

para terminar, eu queria dizer para vocês o seguinte. Do ponto de vista de progresso, de avanço, podemos discernir hoje um edifício extremamente complexo que é a Matemática, um edifício esotérico, de difícil transmissão e explicação para as pessoas em geral. A maior parte da compreensão que advém da Matemática, advém justamente de suas aplicações em outras ciências. Essa aplicação gera problemas e gera interação e boa parte da compreensão que se tem fora do coletivo de pessoas que são matemáticos profissionais, é gerada pelo uso que se faz dela em outra atividade. Isso não é uma novidade, isso é uma coisa clássica no decorrer do tempo e por outro lado tem uma influência sobre o funcionamento da própria ciência em si. Ou seja, quanto mais físicos, astrônomos, se propõem a entender a estrutura do mundo ou do universo como a gente o observa, maior é o conjunto de problemas que são gerados internamente na Matemática, no processo de ajudar a construir essa teoria geral de relações que possa servir para expressar, tornar calculável, metodicamente tratável, esse conjunto de problemas que está lá. Os exemplos são muitos e o mais recente deles é essa teoria de supervariiedades para fazer casamento da teoria geral de campo. Supervariiedades, etc., que são coisas que "pintaram" na cabeça dos físicos e dos astrônomos e estes foram lá perguntar para os matemáticos "como é que faz?", "o que é isso?" Quer dizer, há objetos matematicamente interessantes que hoje são gerados fora da disciplina, e isso faz parte da história da Matemática. Muito bem, essa interação, ou seja o pulsar deste "a fazer", na realidade está intrinsecamente ligado à atividade humana nos últimos três mil anos. Quer dizer, o Arquimedes foi uma pessoa que teve idéias absolutamente fundamentais, ele estava interessado em resolver problemas extremamente práticos, "se Siracusa for cercada, como faço para atirar uma pedra do lado de cá em cima da cabeça do exército invasor?". Então, é preciso discutir como se faz o apoio, o problema de esticar e depois cortar a corda, e assim se inventou a catapulta. Ou o problema de boiar, para estudar a questão do navio. Portanto, havia questões extremamente básicas e socio-politicamente importantes que ocasionaram este tipo de reflexão. A atividade matemática hoje é um pouco desvinculada, quer dizer, a atividade do ponto de vista do produtor do conhecimento; a maior parte do conhecimento produzido pelos matemáticos é essencialmente desvinculada desse processo de encaixar o seu

trabalho dentro da perspectiva histórica que tem a ciência. Temos um número enorme de publicações de produção, mas se acompanharmos a expressão fundamental do pensamento matemático a cada cinquenta anos, veremos retomadas as questões fundamentais de entender como é a relação que os sólidos podem ter no espaço, qual é a natureza dos números e dos tipos de números que temos, quais são as possibilidades de expressão de outras leis gerais e de outras teorias gerais de relação da Matemática em função de outras disciplinas. O tempo neste sentido, isto é, no sentido do que acontece com a ciência, de qual é a sua relação com as outras e como essas coisas interagem, tem um relógio e tem um ritmo muito mais vagaroso que o correr do tempo que se conta em anos. Seria necessário, inclusive na atividade científica propriamente dita, ter clareza sobre essa questão, porque isso irá refletir, objetivamente, na atividade científica propriamente dita, no sentido prático, de quais questões eu ataco e de como reflito sobre essas questões, de qual é sua história. Queria dizer finalmente para vocês o seguinte: o Pacheco representou, acho que muito bem, uma perspectiva em relação ao tempo ao perguntar se existe um padrão de comportamento (que pode ser) discernível (observacionalmente) do universo no qual vivemos e que de alguma forma é a noção de tempo que usamos, o tempo do relógio, o tempo medido em anos, seja o que for. Existem outros padrões de comportamento em relação ao tempo e ter noção das diferenças entre esses dois relógios é importante, ou seja, é a questão de como uma ciência cresce e em que tempo ela cresce. Temos também a noção de que existe um certo conjunto de problemas que saturam culturalmente. Assim, os gregos não tinham os métodos e os meios para resolver os problemas que eles mesmos propuseram e dois mil anos depois continuamos resolvendo só alguns. Alguns outros que eles também propuseram continuamos sem saber resolver. Então é possível medir o tempo pelo poder que se tem, isto é, entender o tempo como sendo o poder que se tem de resolver e compreender certos problemas fundamentais que são aqueles de sempre e que já mencionei várias vezes. Essa é uma noção através da qual se pode discernir as influências sócio-políticas que existem no fazer da ciência. Quer dizer, o que aconteceu na Idade Média ou no século dezenove, o que sucedeu no começo do século vinte? É possível discernir com mais clareza, se acompanharmos com cuidado o que está acontecendo, o que

mudou e para onde foi, o fluir disso. Assim é possível discernir as influências sócio-políticas que existem no fazer ciência propriamente dita. A intensidade com que a comunidade científica é cobrada numa perspectiva de produção, faz, pelo menos na minha área de atividade, com que seja produzida uma enorme quantidade de material onde nem sempre é simples separar o que é importante do que não é. Se, por um lado, isso é uma espécie de riqueza, porque há muita gente pensando, fazendo, por outro lado, também é uma coisa que é olhada, neste progresso, como extemporânea com relação às questões centrais que estão colocadas do ponto de vista histórico que gostaríamos de compreender. Gostaríamos de apreender o que acontece com os polinômios (acredito que todos sabem do que estou falando), o que é uma equação envolvendo potências, a distribuição dos números primos, como é a relação dos sólidos, este é o fundamental. Em cima deste fundamental foi erigido um edifício que envolve examinar inclusive os fundamentos de como se pensa, que é a minha especialidade profissional. Eu sou lógico. Como se organizam frases, o que elas significam, quais são as possíveis interpretações que uma frase tem, faz parte da problemática metodológica de entender sólidos e números, polinômios e todas essas questões. Muito obrigado.

L.B.CLAUZET: Eu queria passar a palavra ao último palestrante, professor Erasmo Garcia Mendes, que falará sobre **O TEMPO NA BIOLOGIA**.

E.G.MENDES: Eu queria, inicialmente, declarar que estou um pouco rouco, vocês me perdoem. Também que não sou especialista em questões de tempo, nem de tempo em Biologia. Mas, há algum tempo atrás, um colega meu, Menna-Barreto, convidou-me para participar deste seminário, que eu entendi ser um seminário de Cronobiologia e lhe disse que de Cronobiologia eu entendia muito pouco, a não ser através do fato de que, nos meus experimentos, levo sempre em conta o fator tempo, porque nos animais o decorrer do tempo num dia é muito importante. Então, desde logo, eu me considero como não especialista nesse assunto, mas tentarei dar aos senhores alguma visão da importância do tempo na pesquisa

biológica. O tempo, considerado biologicamente, não é um tempo einsteiniano, tempo da Física, não é sequer o tempo filosófico, de Martin Heidegger, por exemplo. É o tempo, na medida em que os organismos vivem dentro de uma sequência de periodismos e têm que se adaptar a esses periodismos. A vida surgiu na Terra há cerca de dois bilhões de anos e, desde que surgiram formas de vida na Terra ficaram sujeitas a alternâncias do dia e da noite (o astrônomo me corrigirá se eu estiver errado). A alternância das estações, a alternância da temperatura, e as formas que evoluíram tiveram que, de alguma forma, se adaptar a esses periodismos ambientais. Além desses periodismos ambientais mais visíveis como a luz, a temperatura, o tempo de alimentação (porque os animais têm um certo tempo para se alimentar), há ainda periodismos geofísicos sutis, como o campo eletromagnético, como, eventualmente, até as forças de Coriolis, que poderiam até interferir no contexto ao qual os animais deveriam se habituar para suas atividades. E é claro que os animais, com o tempo e de algum modo, até hoje isso é muito misterioso (e se eu estiver errado, os colegas Menna-Barreto e Nelson Marques me corrigirão), apresentaram logo de início uma resposta imediata: há uma noite e há um dia. Há uma noite que pode ser fria e um dia que eventualmente pode ser quente. Os animais tiveram que se habituar a esses periodismos e criaram internamente um tipo de resposta. Esse tipo de resposta evidentemente teve um caráter adaptativo: o organismo se adapta à noite, o organismo se adapta ao dia, o organismo se adapta a uma certa latitude, em certas latitudes o dia e a noite são praticamente iguais (ao nível do Equador). Mas, à medida em que nos distanciamos do Equador para os pólos, os dias só ocasionalmente, nos equinócios, podem ficar iguais. E os animais têm que se adaptar a esse tipo de coisa: os animais que vivem nas cercanias do pólo, por exemplo, podem ter uma noite muito prolongada e um dia muito curto, ou inversamente, um dia muito longo e uma noite muito curta. E tudo isso gerou nos animais essa necessidade de se adaptar a esses periodismos ambientais. Essa adaptação aos periodismos ambientais foi, de início, uma resposta fisiologicamente adaptativa, mas com o tempo, de algum modo (e eu espero que, na discussão, Menna-Barreto e Nelson Marques me corrigirão), que eu não sei bem qual seja, esses ritmos se tornaram próprios dos animais: mesmo na ausência de periodismos ambientais, eles

continuaram a se manifestar. É o que se chamaria o ritmo endógeno. Animais, no decurso da evolução (eu falo mais de animais porque sou zoólogo), eles se tornaram diurnos, crepusculares ou noturnos. Por que isso ocorreu? A discussão do por quê disso é muito complexa, implica em discutir evoluções de dispositivos morfológicos e fisiológicos que possibilitavam aos animais uma vida noturna, crepuscular ou diurna. Mas a regra, nesses periodismos, nesses ritmos biológicos (a minha conferência se cingirá a ritmos biológicos) é essa correlação com periodismos geofisicamente condicionados e o seu estudo é mais bem feito, desde que encarado de um ponto de vista fisiológico ou comportamental, ou seja, o ritmo de um animal, a atividade rítmica de um animal, o valor dos dias, o número de estações, são bem aferidos pelo estudo de um ponto de vista fisiológico ou comportamental. Esses ritmos que os animais exibem são diferentes de outros ritmos que não têm correlatos com periodismos ambientais, por exemplo, o ritmo cardíaco, o ritmo respiratório, que não têm nada a ver com periodismos ambientais, ou terão só remota ou secundariamente alguma coisa a ver com esses periodismos. Quais são os componentes do ritmo? Num ambiente natural, os ritmos resultam de duas fontes, e isso decorre do que eu disse anteriormente: respostas diretas ao ambiente periodicamente flutuante ou (e aqui vem um conceito muito difícil de ser entendido), uma tendência inerente dos organismos de repetirem formas e padrões fisiológicos e comportamentais ao longo do tempo. É uma tendência inerente, eu já disse que não sou especialista no assunto, na discussão que se fará aqui, pessoas que são cronobiólogos explorarão com mais profundidade o tema. Como eu disse, os fatores ambientais mais importantes são a luz, porque há uma alternância de dia e noite; a temperatura porque, eventualmente, com as estações, a temperatura flutua e, mesmo num mesmo dia, como é o caso dos desertos, a temperatura pode ser abrasante durante o dia e estar quase ao nível de zero durante a noite, sem nenhuma influência sazonal, quer dizer, não foi a estação que mudou, é típico da região. E disse também que fatores de menor importância, aparentemente pelo menos, são os parâmetros geofísicos sutis, como por exemplo, o eletromagnetismo, campos elétricos gerados localmente, coisas desse tipo, que podem influir na imposição de um ritmo a um dado animal. Para que servem os ritmos animais, os ritmos biológicos? Servem

para três coisas: para regular temporalmente fenômenos dos organismos, capacitando-os a manter estados ótimos fisiológicos, adaptativos, desculpem, para enfrentar variações ambientais rítmicas. Em segundo lugar, servem para coordenar atividades intra-especificamente, para regular temporalmente a dinâmica dos ecossistemas. Em terceiro lugar, os ritmos servem para ordenar temporalmente inclusive a ritmicidade independente de órgãos com fins integrativos. Quais são os ritmos considerados em Biologia? São primeiramente o ritmo do dia solar. A minha palestra, em oposição às palestras dos meus colegas aqui, que foram palestras altamente filosóficas de cunho matemático e astrofísico, a minha palestra é muito mais terra a terra, de modo que eu tenho impressão de que vocês entenderão muito mais o que eu vou dizer do que o que eles disseram, pelo menos no meu modo de ver. É quase uma aula. Como eu intuía que a assistência aqui fosse multidisciplinar, eu imaginei que poderia dar uma aula quase que ao nível de graduação, como eu dou nos nossos cursos da Faculdade. Vocês me perdoem, eu não quero dizer, com isso, que os senhores não sejam pessoas cultas e inteligentes, apenas são de procedência muito variada, o que naturalmente me força a, de vez em quando, abordar inclusive coisas elementares quando se conhece bem o assunto. Mas, outros ritmos são: ritmos circadianos, ritmos geofisicamente dependentes, ritmos relacionados com a lua, ritmos anuais e até ritmos siderais. Os animais exibem ritmos de todos esses tipos. O ritmo mais comum, mais extensivo de se estudar tem sido o ritmo de dia solar. Todos os fatores que condicionam o ritmo de dia solar nos animais têm periodismos de vinte e quatro horas. O que é o decantado ritmo circadiano? Vem de uma palavra latina circadiem, ao redor do dia. É um ritmo artificial, na verdade esse ritmo, no estrito sentido, não tem uma conotação natural, é experimental, ou seja, quando eu forço um animal a ficar num escuro permanente, esse animal vai ou alongar o seu ritmo diário ou vai encurtá-lo. Então, ele fica ao redor do dia, ou alongando ou encurtando o período de atividade, daí o nome de circadiem ou circadiano. Esses ritmos circadianos se tornam aquilo que os ingleses chamam de free running, que traduzimos por "ritmos em livre-curso" e que correm independentemente de qualquer outro fator. Ritmos geofisicamente independentes são respostas a variáveis ambientais, residuais, sutis, não controladas. Quer dizer, talvez o físico, possa controlar essas variáveis

sutis. Mas é muito difícil para o biólogo considerar, além da alternância do dia e da noite, alternância de temperatura, alternância da umidade ambiental, alternância dos tempos de caça de um animal, a que outros fatores o organismo está sujeito. Provavelmente eletromagnetismo: nesse caso, então, os ritmos podem variar de acordo com a tempo local, com a hora de inclinação do Sol, por exemplo. Mas, esses ritmos devidos a fatores geofísicos sutis são respostas que geralmente são mascaradas por respostas impostas pelos ritmos mais óbvios, ou sejam, o do dia solar, aqueles que mencionei anteriormente. Tais ritmos, por serem mais sutis, são de difícil detecção experimental mas, há influências desses parâmetros na imposição de dado ritmo para o animal. Ritmos relacionados com a Lua: é claro que todos os senhores sabem que a Lua tem uma influência muito grande, sobretudo sobre as marés, e o pessoal aqui já falou a esse respeito. As marés, máximas e baixas, têm alturas diferentes, por sua vez. Há marés que em inglês chamam-se spring tide, que são marés de sizígia e as marés que em inglês chamam-se neap tide, que são as marés da primeira quadratura do quarto crescente e de segunda quadratura do quarto minguante. Essas marés influem no movimento do mar e há animais que acompanham o ritmo dessas marés. Há estudos de um grupo italiano do Papi & Pardi, por exemplo, que estudaram antípodas, que exibem muito claramente esse ritmo de maré. Os animais acompanham a maré, sobem tanto quanto a maré sobe, descem tanto quanto a maré desce, e assim por diante. Quanto aos ritmos anuais, é claro que há ritmos anuais: até no Equador, onde se pressuporia que não haveria ritmos anuais, há ritmos anuais, porque no Equador existem períodos de seca e períodos de chuva e isso implica na imposição de ritmos aos animais. Os ritmos mais difíceis, para o meu entendimento, são os chamados ritmos siderais. Quer dizer, os organismos também sentiriam o movimento da esfera celeste. Isso é muito sutil, pelo menos eu só conheço um experimento que diz respeito a isso: foi feito pelo Brown, quando ele estudou o consumo de oxigênio de batatas. É interessante isso. Ele descobriu, que em onze anos de contínuo estudo do consumo de oxigênio, o ciclo médio variou com a esfera celeste. Então, houve uma influência sideral na imposição de ritmo. Outro ritmo curioso é um ritmo que se caracteriza por um nome que deriva de um astrônomo ateniense chamado Méton. É chamado ciclo metônico. É um ciclo

que se repete de 18 em 18,6 anos. É o caso da Lua, por exemplo, a lua reapareceria no mesmo dia, à mesma hora, em ciclos de 18 anos ou 18,6 anos. É verdade isso? Tanto quanto pude ser informado, esse é o chamado ciclo metônico. Muito bem, há animais que desovam, por exemplo, de acordo com o aparecimento da lua cheia. O caso mais característico estudado por Cásper é o de um poliqueto, que vive nos mares do Sul e que, quando a lua aparece, os animais afloram, vêm do fundo e ficam na superfície, há a desova, quer dizer, há o spawning, as fêmeas emitem os óvulos, os machos os espermatozóides e há a fecundação. Os nativos se aproveitam dessa ocasião para fazer uma grande coleta de palolo, que é muito gostoso para comer e, então, há uma depredação de palolo nessa ocasião. Mas esse não é o único animal que tem um ritmo metônico. Há um crinóide que é um equinoderme, parece uma aranha do mar, um bicho um pouco complicado. O crinóide também exhibe esse ritmo. Vejam bem, eles não desovam a cada 18 anos, acontece que eles desovam na hora em que, a cada 18 anos, a Lua aparece. Eles sincronizam com o aparecimento da Lua. Não deixa de ser um ritmo interessante. Os ritmos têm também muita importância em dois fenômenos que acontecem com os animais: um é aquilo que os americanos chamam de homing, ou seja, o sentido do retorno ao lar. O animal sabe retornar ao lar, é o caso das aves, e é sabido que a bússola das aves é o movimento do Sol e, tanto quanto se sabe, os animais acertam seus ritmos com o movimento do Sol e, com isso, conseguem retornar ao local de proveniência e não deixa de ser interessante essa relação. Agora, para terminar eu gostaria de falar mais duas palavras, porque o assunto é muito vasto, estou apenas expondo problemas para discussão. É o assunto do relógio biológico. Existiria o relógio biológico? Eu sei que o Nelson Marques e o Menna sabem infinitamente mais do que eu sobre esse assunto. Apenas vou introduzir o problema aos senhores. A manutenção de padrões rítmicos na ausência de periodismos ambientais, até com períodos relativamente estáveis quanto à temperatura e à natureza química do ambiente, sugeri a idéia de que existe um relógio dentro do organismo, capaz de "guardar" o tempo e medir períodos geofisicamente naturais. É claro que esse relógio tem que ser acionado em bases químicas e fisiológicas. Tanto quanto eu saiba, e eles irão me corrigir, até hoje não se encontrou uma explicação em termos de reações químicas e fisiológicas que explicasse a

existência, o funcionamento desse hipotético relógio. A questão básica com relação aos relógios é: se os relógios apareceram, como eu disse no início da minha palestra, à custa de tanto responder a uma solicitação ambiental, porque de algum modo, através de uma mutação ou uma pré-adaptação, os animais desenvolveram os relógios biológicos a ponto de até tornarem-se geneticamente transmissíveis? Essa é a questão. Existe um relógio biológico, um relógio endógeno? Ou o relógio endógeno não existe, o que existe é apenas um relógio exógeno. Ou seja, aquilo que a gente chama de um ritmo próprio, inerente ao animal, essa tendência inerente a que fiz referência, essa tendência ela é, na realidade, ainda comandada por forças exógenas. A hipótese do relógio interno, o relógio endógeno, explica muitas das propriedades dos ritmos "em livre-curso", circadianos, mas muitas dessas propriedades ainda correriam por conta, ou são atribuíveis aos misteriosos fatores geoquímicos e geofísicos sutis. Agora, quais são as evidências de que um relógio endógeno existe? Eu vou alinhar aqui uma série de evidências que são as seguintes: o ritmo persiste na ausência dos periodismos ambientais; o ritmo é deslocável experimentalmente; o ritmo tem uma fase iniciável por estímulos breves e simples; o ritmo é retardável quanto à fase por depressores metabólicos; o ritmo é desviável do que lhe é correlato geofisicamente; e finalmente, o ritmo persiste nas translocações este-oeste e oeste-este. Essas são as evidências do ritmo. Agora, como explicar o ritmo? Já disse, meus conhecimentos são muito rudimentares nesse campo, mas existe até uma hipótese dentro da biologia molecular, hipótese essa que foi levantada por dois pesquisadores, Ehret e Trucco, e apareceu no **Journal of Theoretical Biology**, de 1967, número 15. Ehret e o Trucco imaginam que existem segmentos muito longos de DNA, um complexo cistrônico, com taxa de transcrição ao longo de sua extensão, regulado por um complexo de eventos, de modo que o sistema funciona como um relógio. Essa linguagem é altamente científica, só os entendidos, só os "iniciados" nessa matéria é que podem compreender o significado disso. Envolve conhecimentos de transcrição, de uma série de coisas. Mas há uma outra maneira de se descobrir se há um relógio que é uma maneira um pouco teórica, é um enfoque feito com modelos, digamos assim. O relógio endógeno pressupõe a existência de um mecanismo oscilante, o oscilador. Então, os teóricos do problema bolam sistemas osciladores e depois

estudam biorritmos e quando um biorritmo apresenta uma dificuldade qualquer, eles veem se essa dificuldade está de conformidade com as previsões do relógio. Isso aconteceria com relação ao relógio endógeno. Assim, o relógio endógeno tem muitas facetas, muitos adeptos e tem por correlato o chamado relógio exógeno. O relógio exógeno, evidentemente, seria aquele que não dispensa uma capacidade rítmica autônoma e explica as propriedades do ritmo como dependentes de um contínuo input, de entrada de informação rítmica ambiental. Eu disse tudo rapidamente e correndo muito, porque pensei que o tempo não fosse suficiente, e espero que minha palestra possa ser de alguma utilidade.

Universidade de São Paulo

Reitor: Flávio Fava de Moraes

Vice-Reitor: Ruy Laurenti

Instituto de Estudos Avançados

Conselho Deliberativo

Jacques Marcovitch – diretor

Alfredo Bosi

Gerhard Malnic

João Evangelista Steiner

Myrian Matsuo

Umberto G. Cordani

Walter Colli