

Aqui vão ser tratados pontos de vista do autor sobre a relevância da astronomia para a humanidade, ao longo da história.

Aula 1 – Astronomia e humanidade

1º Tema. Quando surgiu a Astronomia?

A Astronomia é a mais antiga das ciências. Seu tronco atual se sustenta em raízes que se ramificam por mais e mais povos à medida que olhamos para o passado. O texto astronômico mais antigo é datado em 1600 a.C. e descreve observações precisas do planeta Vênus na mesopotâmia. Existem outros milhares de tabletas de barro mesopotâmios (atual Iraque) no museu Britânico com textos cuneiformes descrevendo observações de astros, num formato adequado para a Astronomia atual.

Existem gravuras muito mais antigas, que representam conjunções, cometas etc., mas que não podem ser traduzidos diretamente como dados observacionais. Na China, eles remontam a 2 700 a.C. e na Irlanda a 3 400 a.C.. Na caverna de Lascaux na França (17 000 a.C.) existe um desenho que parece representar as Plêiades. Um pedaço de presa de mamute de 32 000 a.C. tem desenhos que podem ser interpretados como representando a constelação de Órion. Não podemos dizer que esses registros sejam científicos, como os entendemos hoje. Mas, seguramente representam um conhecimento empírico de situações envolvendo astros e que provavelmente tivessem sido usadas para fins práticos ou místicos.

Isso chega tão perto da origem da humanidade (~50 000 a.C.) que poderíamos nos perguntar se a Astronomia não seria tão ou mais antiga que a própria humanidade.

Mesmo os animais reconhecem situações envolvendo astros. As abelhas têm um método excelente de navegação baseado na posição do Sol. Aves migratórias, ao notar que o alimento está escasseando, não saem voando em qualquer direção. Para procurar mais, elas rumam para o hemisfério oposto, para onde o Sol está se deslocando muito lentamente dia após dia. Isso é surpreendente, dado que esse movimento não é nada óbvio numa escala de tempo curta. Ainda mais, esse movimento é perpendicular ao movimento diário do sol, que é mais fácil de perceber. Algumas aves parecem usar constelações para se orientar à noite, em suas viagens transcontinentais. Em um sentido amplo, os animais também “observam”

os astros e os usam em sua estratégia de sobrevivência. As plantas se esgueiram sob a copa de outras para alcançar a luz Solar(fototropismo). Seria estranho que uma espécie como a nossa, que teve tanto sucesso, tivesse dispensado os astros.

A presença da Astronomia em todos os povos da Terra e desde a remota antiguidade, poderia ser explicada por sua importância a nível biológico. Assim, a observação do céu teria sido um ingrediente importante no sucesso de nossa espécie. E não ao contrário, como afirmam alguns autores. A idéia de que a Astronomia tenha se iniciado nas vilas e cidades (como subproduto da cultura urbana), num ambiente onde já havia um pouco de tempo livre, ao contrário da situação da fase coletor/caçador, parece pouco sustentável.

É claro que o céu não é útil somente para a sobrevivência. Além de ele servir para planejar atividades práticas (viagens, caça, pesca, agricultura e pastoreio) foi incluído em cerimônias místicas/religiosas; na transmissão de padrões de conduta pessoal; e, modernamente, para fins científicos, ou seja, para explicar processos físicos envolvendo a matéria e a energia em situações com parâmetros físicos extremos, muito além dos limites reproduzidos em laboratório.

2º Tema. Os ciclos no céu e na terra

Vamos olhar um pouco mais de perto as origens da nossa Astronomia atual, que surgiu com os egípcios e babilônios (assírios, sumérios e persas), passando pelos gregos e chegando aos europeus (através dos árabes).

Num ambiente primitivo, o ritmo da vida era regulado por ciclos, determinados fundamentalmente pela alternância de dia e noite e pelas estações do ano. Embora as estações não sejam marcantes nas proximidades do equador, longe dos trópicos, como era o caso da mesopotâmia, o verão é uma época de fartura e vida, o inverno trazia escassez e morte. Depois voltava a primavera e a vida renascia e voltava a morrer ciclicamente.

Isso levou a uma concepção de tempo cíclico ou circular, tanto que a palavra *ano* que usamos ainda hoje, vem de *anel* ou *círculo* do tempo. A sobrevivência ao período de inverno se dava através do armazenamento de colheitas do outono e engorda de animais domesticados, para abate em

tempos de necessidade. O gerenciamento dessas provisões exigia o conhecimento da duração das estações e o monitoramento da posição em que se estava no anel do tempo. Por exemplo, no fim do inverno, os estoques de alimento estavam baixos e era necessário decidir se era o caso de abater uma ovelha para matar a fome, ou se, esperando mais um pouco, chegaria a primavera e ela produziria um filhote, aumentando assim o rebanho. Como decidir isso, numa época em que não haviam calendários?

Embora as mudanças no clima possam ser observadas diretamente, sem necessidade de olhar para os astros, as chuvas, ventos e temperatura são sujeitos a irregularidades e não fornecem uma demarcação precisa das estações. Mais que isso, algumas decisões tinham que ser tomadas com grande antecedência.

A janela de tempo para o plantio era estreita: se feito muito cedo, geadas inesperadas poderiam queimar as plantinhas, se feito muito tarde, o inverno chegava antes dos grãos terem amadurecido. O mesmo valia para a gestação humana e animal, pois muitos grupos faziam peregrinações anuais entre o refúgio de inverno e os campos de caça e pastagem de verão. Uma gravidez que chegasse ao final justamente na época da migração era um grande problema e a concepção precisava ser planejada com muita antecedência. A própria reunião anual das tribos nômades, no lugar de origem dos seus ancestrais, também exigia um calendário preciso para o sucesso das festividades.

No início, usava-se a Lua para marcar o tempo, dado que após 12 ciclos de fases lunares o clima voltava a ser o mesmo. Alguns povos do oriente médio ainda usam os meses sincronizados com as fases da Lua. O número 12 se tornou muito importante, tanto que até hoje compramos ovos e bananas por dúzias. O sucesso do número 12 se deve também a uma feliz coincidência de ele ter muitos sub-múltiplos (2, 3, 4, 6), o que facilita as contas e o troco no comércio miúdo. O número 360 (30diasX 12Luas) também se tornou importante. Assim, o anel do tempo foi dividido em 360 partes, denominados graus. É dessa mesma lógica que surgiu a divisão do período diurno em 12 horas e cada hora em 60 (=5x12) minutos e cada minuto em 60 segundos.

O uso da Lua facilitou muito no início, pois funcionava como computador natural do tempo, que todos podiam ver simultaneamente, mas levava a imprecisões importantes para períodos longos. Quando se

descobriu que o ciclo lunar era de 29 dias e meio, e não 30, a defasagem do calendário com as estações ficou mais evidente. A cada 2 anos, o calendário lunar se atrasava de quase um mês inteiro em relação às estações do ano.

O mapeamento do ‘anel do tempo’ se tornou viável quando se percebeu que o Sol percorria sempre o mesmo caminho por entre as estrelas ao longo do ano. É admirável que, só usando observações nos momentos de ocaso e nascer, enquanto se podia ver simultaneamente o Sol e alguma estrela brilhante, os antigos puderam mapear a posição do Sol através de todo o céu estrelado. Saber onde estão as estrelas em pleno dia ensolarado é uma façanha digna de admiração.

Quando o Sol aparecia ao amanhecer, logo depois do nascer da estrela Aldebaran, era a época em que as vacas ficavam prenhes e, para lembrar do fato, denominaram as estrelas vizinhas como sendo a constelação do touro. Não é que elas formam a figura de um touro, mas é como se ao chegar nesse ponto o Sol abrisse uma porta do céu por onde jorrava a energia que revivia a natureza. Dada a importância do gado, o touro foi escolhido para simbolizar a primavera.

A ideia de que a figura das constelações seja fruto da imaginação fértil dos antigos, que conseguiam “ligar os pontinhos” brilhantes das estrelas não tem fundamento. As imagens das constelações eram formuladas a partir de eventos terrestres, agropecuários.

Quando Regulus nascia logo antes do Sol, o verão começava e os animais estavam no auge de atividade. Para lembrar esse fato, foi criada nesse lugar do céu a constelação do Leão, o rei dos animais.

Fomalhaut indicava o início do outono e Antares o início do inverno. Essas quatro estrelas demarcavam um grande quadrado no céu e o Sol se deslocava ao longo do círculo passando pelas pontas do quadrado, com extrema regularidade.

Concomitantemente, aqui na terra a vida desabrochava e encolhia, de modo que essa trajetória solar foi denominada de Zodíaco (caminho dos animais).

Os egípcios conseguiram determinar um valor muito bom para a duração do ano: 365 dias. Assim, usar as estrelas, em vez da Lua, para mapear o anel do tempo constituiu um grande avanço. O feito foi tão

significativo que, para lembrá-lo, os egípcios criaram o mito da deusa Nut, de onde se originou a nossa palavra noite (noctem em latim, nuit em francês, note em italiano).

As previsões, agora mais precisas, ajudaram no aumento das colheitas e dos rebanhos, de modo que a sobrevivência ao inverno ficou mais fácil. A humanidade se multiplicou rapidamente e formaram-se as vilas e cidades. O excedente da agricultura fomentou a cultura, no sentido de que o maior tempo de ócio e os contatos mais frequentes na vida urbana geraram um crescimento das artes e ciências nunca visto antes.

A roda da morte foi quebrada e a concepção de tempo cíclico deu lugar à do tempo linear, cristalizada muito mais tarde como categoria fundamental da na mecânica newtoniana.

O Zodíaco se mostrou como uma região chave também para mapear o caminho da Lua e prever os eclipses (daí o termo eclíptica). Nele se descobriram novos tipos de astros, os planetas, que trouxeram novos desafios para prever suas posições.

Essa aventura pela eclíptica se constituiu no primeiro ensaio humano em grande escala, para relacionar causas e efeitos. O sucesso foi tão admirável que produziu uma grande confiança na capacidade do intelecto em tirar proveito de esquemas abstratos racionais. Isso impulsionou o desenvolvimento de outras ciências, em especial o da matemática.

Houve até um certo exagero na procura de causas e efeitos, levando à crença de que cada posição particular do Sol no Zodíaco deveria exercer um efeito específico nas pessoas. Com isso, o Zodíaco foi subdividido em 12 casas, para se prever com maior precisão a posição e a influência dos astros.

Embora nunca tenha sido provado que o destino dos seres humanos seja determinado pela configuração de astros, a astrologia, em seu início (~280 a. C.), contribuiu muito para a observação precisa do céu. Hoje os signos astrológicos não são mais relacionados às constelações zodiacais e a astrologia não está mais ligada à observação do céu.

3º Tema. O céu como lugar sagrado

Além do uso prático, como vimos antes, a observação dos astros tinha finalidades místicas para a maior parte dos povos. Isto pode ser visto, por exemplo nos índios guarani, para quem o Sol é, ao mesmo tempo, Kuaray na vida profana (cotidiana) e Nhamandu no mundo espiritual.

Os boorongs, na Austrália, hoje extintos, usavam 15 das 20 estrelas mais brilhantes para fins práticos, e reservavam 5 para fins místicos.

Como a origem da Astronomia do oriente médio foi estudada com certo detalhe, dado o grande número de registros escritos deixados por esses povos, podemos ter uma idéia de como se originou a dicotomia entre céu e terra.

A extrema regularidade dos ciclos celestes e do brilho dos astros, comparados com a variabilidade dos ciclos climáticos, levou à idéia de que as coisas na terra fossem uma cópia imperfeita das do céu. O céu seria o lugar da criação e a Terra o das criaturas, lá o sagrado e aqui o profano.

As formas do Sol e da Lua e os movimentos diários dos astros pareciam ser círculos exatos, e por isso, essa figura geométrica teria sido escolhida como sendo a forma perfeita. A roda e o horizonte terrestre seriam imperfeitas por serem materializações da matriz celeste.

Os signos do Zodíaco seriam os arquétipos dos animais correspondentes que vivem na terra. Os guaranis dizem isso de um modo um pouco diferente: “cada coisa que tem na terra, tem também no céu”.

Para os povos mesopotâmios, a criação se dava de modo permanente no mundo sagrado, não estando submetida à passagem do tempo terrestre. Quando as energias de nosso mundo se gastam, para renová-las se deve religar às fontes (essa é a origem do termo religião). A volta do Sol à Aldebaran abria as portas da criação do nosso mundo e a primavera enchia a Terra de vida.

Para a religação acontecer, a “porta de passagem” para o mundo superior deve estar numa posição específica (veja em Mircea Eliade: “O sagrado e o profano”). Cada porta se abre numa data específica e por um tempo curto. Todas as grandes ações humanas (arte, agricultura, poesia, medicina) pressupunham uma ida a essas origens, para serem efetivas.

A serpente é o símbolo da medicina porque a cura pressupunha uma viagem ritual às origens do universo (simbolizado pela serpente Tiamat), quando o mundo atual ainda não existia, ou seja, quando a doença ainda não existia. É desses rituais que vieram muitas das celebrações que temos ainda hoje no calendário civil, como o carnaval e o reveillon (que era a festa da primavera), o natal (Solstício de inverno, que depois foi cristianizado), as festas juninas (Solstício de inverno, traduzido para a época correta no hemisfério sul), finados, páscoa etc. tem origem na remota antiguidade.

Uma terceira fonte de interesse nos astros é que podem ser usados para ensinar normas de conduta.

O céu funciona como um quadro negro, onde se podem inscrever imagens e histórias. Combinando a reverência que os povos primitivos tinham pelo céu com a autoridade dos anciãos, as histórias “escritas” nos astros são passadas com fidelidade, de geração em geração.

Por exemplo, para memorizar o fato de que, quando a constelação do Escorpião surge no horizonte leste, a de Orion já está se pondo a oeste, os gregos criaram um mito. Ele conta que o caçador Orion invadiu a floresta de Diana, que, para castigá-lo, mandou um escorpião picá-lo. Mas, o caçador é tão ligeiro que o escorpião nunca o alcança.

Os boorongs usavam um esquema semelhante, agora entre as estrelas Altair (que era o genro Totyarguil) e Achernar (a sogra Yerredetkurrk) para ensinar que membros de uma mesma família devem manter distância do incesto. Quando Altair está alta no céu, Achernar já vai se escondendo no horizonte sul.

Embora as constelações sejam desenhadas arbitrariamente, alguns grupos de estrelas são tão marcantes, que aparecem da mesma forma em todos os povos que as enxergam, como é o caso da Plêiades (Setestrela no Nordeste brasileiro, eixu para os guaranis) e do Cruzeiro do Sul (Kuruxu para os guaranis).

Infelizmente, os conquistadores europeus arrasaram as culturas indígenas na América, África e Austrália, impossibilitando um levantamento amplo da atividade astronômica na humanidade. Os frades espanhóis queimaram milhares de livros astronômicos dos maias, (escritos em casca de árvores), com dados tão ou mais precisos que os dos egípcios,

por considerá-los “superstições e falsidades do demônio”. Os povos que não tinham escrita foram atingidos de forma mais fatal. A duras penas a etnoAstronomia consegue hoje recuperar fragmentos dessa imensa riqueza cultural.

4º Tema. O surgimento da Astronomia moderna

Os gregos uniram a imensa base de dados observacionais herdada dos babilônios com a geometria de construção civil importada do Egito e aprimorada por Tales de Mileto (~585 a.C.) para estruturar uma Astronomia sólida.

Pitágoras (~500 a.C.) formulou idéias que dominaram a Astronomia por milênios: a de que os corpos celestes são redondos, de que seguem movimentos circulares e a natureza se expressa por números (essa foi a origem da física-matemática).

O mundo da matéria que nasce e morre seria uma versão degradada do mundo sideral. É dessa fonte que se destilou a imagem do deus Janus, que tem um rosto sonhador olhando para cima e outra cara amargurada olhando para baixo. A origem desse pressuposto é por causa da ideia de perfeição geométrica atribuída ao céu.

Aristóteles (384-322 a.C.) argumentou que a Terra também é redonda, com base na forma de sua sombra sobre a Lua durante os eclipses lunares.

Aristarco de Samos (310-230 a.C.), a partir da duração dos eclipses totais da Lua (4 horas) e da velocidade de deslocamento da Lua através do céu, mostrou que ela deveria ter 1/3 do tamanho da Terra. Mostrou que o Sol, embora de tamanho aparente igual ao da Lua, na verdade estava muito mais distante e era muito maior do que a própria Terra.

Isso levou Aristarco a formular uma concepção heliocentrista (Sol no centro) do mundo, mas ela não vingou. Os gregos já concebiam os movimentos como relativos e não foi a aparente fixidez da Terra que levou a um assentamento do modelo geocêntrico (Terra no centro). A falta de movimentos de paralaxe das estrelas mais brilhantes (possivelmente mais próximas) parece ter sido decisivo para a recusa do modelo heliocêntrico. Os seus melhores guerreiros não conseguiam enxergar a paralaxe. Os

gregos não cogitaram que a paralaxe poderia ser tão pequena por que as estrelas estavam muito distantes.

Copérnico retomou esse modelo, quase 2 mil anos depois, também sem nenhuma prova. As primeiras provas da paralaxe estelar só apareceram com o desenvolvimento de grandes telescópios nos anos 1800.

Eratóstenes de Alexandria (276 - 194 aC), usando a idéia de que a Terra era redonda e medindo a diferença de inclinação do Sol quando se caminhava para Sul, calculou o diâmetro da Terra com boa precisão. Ele sabia que, no dia do Solstício de verão, o Sol iluminava plenamente o fundo dos poços em Siena (por estar sob o trópico de Câncer), enquanto que em Alexandria, 5000 estádios a norte, a sombra era inclinada de 7 graus. Como 7 graus correspondem a $\frac{1}{50}$ de 360 graus, calculou a circunferência terrestre como medindo 250 000 estádios. Usando um tamanho típico de $\frac{1}{6}$ de km para o comprimento de um estádio olímpico, isso se traduz em 40 000 Km.

Hiparco de Nicéia (160-127 a. C.) inventou instrumentos, realizou observações precisas e juntou dados dos mesopotâmios para formar o primeiro catálogo estelar quantitativo (com posição e brilho), sendo considerado o pai da Astronomia moderna. Sua cosmologia com a terra no centro e os astros em volta, carregados por esferas de cristal foi a base para o modelo de ciclos e epiciclos cristalizado em forma técnica por Ptolomeu (~140 d. C.).

O curioso é que com toda a liberdade mental que os gregos tinham, eles imaginavam o universo como sendo fechado e relativamente pequeno. Como o Mar mediterrâneo por onde navegavam. Tinham horror ao infinito e ao vácuo. Mantiveram também o mundo dividido em duas partes, mas em vez da Terra embaixo e do céu em cima como nos tempos da Terra plana, o visualizavam esférico. A Terra no centro, seria feita de matéria imperfeita, cercada por um céu onde tudo era perfeito: os astros eram esféricos, giravam em órbitas circulares e sua matéria era incorruptível.

Os romanos não acrescentaram muito à Astronomia grega, mas a decadência de seu império e a ascensão do cristianismo, mais interessado na vida depois da morte do que no mundo material, levaram a Europa e o oriente médio a um período de mais de mil anos de estagnação científica. Da cultura grega, só permaneceu o que era útil à manutenção do poder,

como a concepção geocêntrica, que justificava o papel da Igreja Católica como intermediária entre a terra e o céu. Até a terra voltou a “ser” plana na Idade Média.

Por sorte, os árabes haviam preservado os escritos gregos que mais tarde foram re-introduzidos na Europa. Com o fim da idade média, a tradução dos textos gregos levaram a um renascimento cultural. A ciência retomou os paradigmas clássicos de beleza matemática, que levaram Nicolau Copérnico (1473-1543) a re-propor o sistema heliocêntrico imaginado por Aristarco 17 séculos antes.

Os ideais de beleza e perfeição invadiram a Europa e com eles a concepção de uma física dos lugares naturais. A geometria se aplicava aos céus, onde os corpos celestes eram formados de uma matéria incorruptível. A física só se aplicava à Terra, com movimentos imperfeitos de objetos como balas de canhão e queda de copos.

A colocação da Terra no céu (girando com os planetas) pelo heliocentrismo significava a entrada da morte no espaço dos corpos perfeitos. E isso foi uma grande revolução cosmológica. A burguesia ascendente usou o heliocentrismo como uma “cunha” para quebrar a espinha dorsal do poder da Igreja católica.

A nova Astronomia estimulou o debate e impulsionou o avanço das ciências naturais. A navegação teve enorme progresso, lavando à descoberta da América cujos produtos enriqueceram a Europa. Mais riqueza implicou em mais ciência e vice-versa.

Medidas precisas de Tycho Brahe (1546-1601), feitas com instrumentos de madeira, levaram à descoberta da órbita elíptica de Marte por Johannes Kepler (1571-1630), quebrando a antiquíssima tradição dos movimentos circulares para os planetas.

Com sua luneta, observando as manchas solares, as fases e Vênus e as órbitas das luas de Júpiter, Galileu (1609) desferiu golpes mortais no geocentrismo.

Em seu laboratório de planos inclinados criou uma nova concepção de movimento inercial, agora retilíneo, em vez de circular. Isso levou Newton a olhar para o movimento orbital, não mais como um “movimento natural”, mas sim forçado. O conceito de força unificou a descrição do movimento em situações terrestres e celestes.

O renascentismo foi um movimento simultâneo na arte e na ciência que teve em sua base a dessacralização. A força motora por trás disso foi a ação transformadora da burguesia que demandava meios mais poderosos de transformação da matéria, como as armas de guerra, o transporte pesado, as viagens para além do horizonte, a fundição dos metais.

O interesse pelas leis da matéria revolucionou a economia e abriu os muros dos castelos medievais para uma nova organização social, a dos estados nacionais. É interessante notar a sincronicidade nas mudanças de movimento dos corpos celestes e organização social que ocorreu na revolução renascentista. Assim na Terra como no céu!

O ataque ao geocentrismo e à física dos lugares naturais, levou Giordano Bruno a ser queimado na fogueira e Galileu Galilei (1564-1642) teve que abjurar de sua crença no heliocentrismo. A repressão estagnou a ciência na Itália por cerca de duzentos anos, mas ela continuou a efervescer nos países onde o protestantismo era forte (como França, Inglaterra, Alemanha).

Isaac Newton (1643-1727) se apoiou nas descobertas de Galileu e Kepler para formular a primeira teoria científica da história. Usando apenas três princípios fundamentais, ele descreveu o movimento de qualquer corpo, estivesse ele na Terra (como uma bala de canhão) ou no céu (como um planeta). Finalmente a Física se aplicava também ao céu!

Uma revolução conceitual libera meios de exploração da natureza antes não imaginados. O cálculo integral e diferencial desenvolvido por Newton para medir a força da Terra sobre a Lua se tornou o cerne da engenharia de grandes estruturas, satélites orbitais, astronáutica, interações entre estrelas e entre galáxias. Grande parte do PIB da humanidade ainda bebe dessa fonte de método científico, criada para pesar a Lua.

O céu passou a funcionar como a Terra, deixando definitivamente de ser um lugar sagrado. O próprio Galileu, cristão devoto, alertava para a necessidade de separar o céu físico (onde ficam os astros) do céu bíblico (que não faz parte do espaço material).

Essa revolução ainda não foi ainda assimilada completamente pela maioria das pessoas, que usam a palavra céu, ora para designar o espaço sideral, ora para o céu bíblico. Isso gera confusão inútil, pois em outras culturas, o sagrado não ocupa um lugar físico. Algumas línguas, mais sabiamente do que a nossa, usam uma palavra específica para cada caso (no inglês *sky* indica o espaço sideral e *heaven* o paraíso).

5º Tema. O surgimento da Astrofísica

O surgimento da Física permitiu que se explorasse a natureza intrínseca dos astros, dando origem ao um novo ramo da Astronomia, que chamamos de Astrofísica. A Física newtoniana foi aplicada fora do sistema Solar, mostrando-se válida também para as estrelas e as galáxias.

No início do século XX, a Física Newtoniana foi substituída por uma outra ainda mais poderosa, a teoria da relatividade de Einstein. O espaço passou a ser curvo, o tempo deixou de ser uniforme e se previu a existência de astros antes não imaginados, como os buracos negros e fenômenos como as lentes gravitacionais.

A relatividade permitiu descrever o universo como um todo e reler sua história sob um ponto de vista novo. Descobriu-se que o universo teve uma origem no tempo (o Big Bang) e está sofrendo uma interminável expansão.

A Mecânica Quântica desvendou o mundo sub-atômico e permitiu vislumbrar uma sucessão de eventos que teriam ocorrido nas primeiras frações de segundo do universo e que teriam deixado nele marcas profundas, como a escuridão do céu noturno, a homogeneidade da radiação de fundo e a enorme abundância do Hidrogênio.

No século passado Astrofísica descreveu o interior das estrelas, mostrou que elas nascem e morrem e que cada tipo de átomo de que somos feitos foi formado por um dado tipo de estrela.

A vida é uma das muitas formas que a matéria adquire em seus processos físicos e químicos de transformação. A humanidade é apenas um breve capítulo de uma história muito mais ampla no tempo e no espaço, que não pára de criar novidades surpreendentes.

Depois de milênios de separação entre céu e terra, descobrimos nossa intimidade cósmica. Grandes estrelas fundiram nossos átomos, nos alimentamos de energia de uma estrela extremamente estável (o Sol), nossas moléculas foram selecionadas pelos processos de transformação planetária.

Isso recupera um sentimento antiqüíssimo de que todas as coisas do universo estão intimamente ligadas, embora num viés diferente, agora puramente material.

Alguns prefeririam re-encontrar também lugar para um criador e regente da natureza. Para se livrar do passado opressor que essa idéia teve sobre a ciência, a palavra “criador” é trocada por “projeto inteligente” (*inteligente design*). No fundo, isso é acreditar que a matéria é impotente para criar as maravilhas da natureza por si só. Precisariam ter sido projetadas por uma inteligência superior.

Mas, a ciência não tem espaço para verdades absolutas. Ela só progride com revolução permanente, nada é sagrado, nem mesmo as melhores teorias que ela própria gera.

Há algumas décadas descobriu-se que a maior parte da matéria que preenche o universo tem natureza completamente diferente da matéria de que somos feitos. Por um lado, continuamos a compartilhar com os astros os mesmos átomos de sempre, mas as estrelas são raras: apenas 100 bilhões de vezes 100 bilhões dentro do raio de visibilidade. Esse tipo de matéria (chamada bariônica) mostrou ser algo raro no universo.

Perdemos a intimidade cósmica. O micro não se parece em nada com o macro, como se acreditou ao longo de séculos.

A maior parte da matéria cósmica (cerca de 85%), na verdade é feita de um tipo diferente da nossa que os telescópios não conseguem fotografar (a chamada *matéria escura*).

Se isso não bastasse, há apenas 20 anos se descobriu que o grande regente do cosmos é uma espécie de anti-gravidade, cuja natureza é completamente desconhecida, a chamada *energia escura*). A Física só se aplica a 4% do conteúdo do Universo.

Com toda a enorme quantidade de informação que aqui chega a cada segundo, a Astronomia mostrou que ser uma ciência observacional não deixa nada a desejar para as ciências experimentais. O Universo é um conjunto de infinitos laboratórios de Física com condições extremas de energia, gravidade, temperatura, velocidades. A luta por manter o céu escuro se traduz na preservação desse gigantesco recurso que a natureza nos oferece.

Estamos no limiar de novas revoluções científicas muito mais profundas do que as que ocorreram até agora. Um dos grandes projetos do século XXI é a procura de vida fora da Terra. Isso demanda Telescópios Extremamente Grandes (ELTs), que só podem ser fabricados em colaborações envolvendo muitos países. Além de propiciar inovações tecnológicas inéditas, esta busca vai mexer numa concepção muito difundida em todas as culturas, de que a vida é um milagre, ou seja, foi criada por uma inteligência superior. Em contraposição à perspectiva evolucionista de que ela é apenas uma oportunidade da química largamente disponível em nosso universo. Se a vida for encontrada em outros planetas, a última fronteira entre o sagrado e o profano terá sido eliminada.

Não só no campo das idéias, mas também no das observações (de coleta de dados) o progresso tem sido vertiginoso. Comparada a um observatório atual, a luneta de Galileu parece um brinquedo de criança. Além de um alcance bilhões de vezes maior, esses gigantes robotizados captaram mais informações nos últimos 10 anos do que o que foi feito nos 5 mil anos anteriores somados. O acúmulo é exponencial.

O computador aumentou não só a quantidade e precisão das informações, mas também a capacidade de interpretá-las. Softwares poderosos calculam milhões de fórmulas e equações a cada segundo, gerando imagens virtuais do interior e da evolução dos astros. Laboratórios de colisão de partículas, como o CERN, recriam as condições físicas que existiram no início do universo, quando ele tinha apenas

1/10.000 segundos de existência. Os laboratórios terrestres imitam os que existem no céu.

O curioso é que para cada nova descoberta científica, aparecem dezenas de novas perguntas. O mapeamento do que se desconhece cresce muito mais rápido do que o que é conhecido.

Isso leva a ciência a uma posição de humildade e ao mesmo tempo abre novos espaços para a aplicação do engenho humano e gera empregos de qualidade. Investir em conhecimento foi o ponto alto da cultura grega. Com muito mais razão, a ciência precisa ser cultivada numa civilização tecnológica como a nossa.

6º Tema. Astronomia, cidadania e dimensão humana

É natural que cientistas e não-cientistas se sintam embaraçados por não acompanhar um progresso tão rápido. Isso acontece em muitas frentes de pesquisa científica, pois o trabalho cooperativo humano vai muito além de nossas capacidades individuais.

Mas, se por um lado não podemos ser especialistas em tudo, por outro, precisamos conhecer um mínimo para poder influir nas políticas públicas, envolvendo o financiamento da ciência e de seu ensino nas escolas. O analfabetismo científico é incompatível com a cidadania numa sociedade moderna.

É inacreditável que hoje em dia, mesmo pessoas de nível universitário não saibam se orientar e grande parte da população desconheça a posição e os fatos fundamentais de nosso planeta e sua relação aos outros astros. Isso indica que a escola não tem cumprido seu papel no nível fundamental do ensino.

Entretanto, a maior contribuição da Astronomia para a Humanidade vai além dos conhecimentos e das riquezas que ela propicia. Ao explorar extensões tão grandes de espaço e tempo ela acaba expandindo nossos horizontes mentais. E isso cria espaço para a engenhosidade, para a arte, para a matemática. Diferentemente dos outros animais, nós ensaiamos neste espaço virtual, antes de operarmos no mundo concreto. Isso nos dá um terrível poder.

É com essas “asas” que voamos através do vácuo, visitamos o interior das estrelas, observamos o mundo frenético dos átomos. Quando manipulamos o espaço/tempo lá fora, mexemos com o “céu” interior que se conecta logo acima do céu da boca, nós crescemos por dentro.

Embora sejamos minúsculos comparados com o universo, através do pensamento simbólico, o universo se torna nosso conteúdo. Isso produz uma reviravolta na nossa relação com o macrosmo.

Como disse o poeta Paul Valéry (em *Serpente e o Pensar*), “nós contemos o Universo que nos contém”. Na verdade todos os universos de que se pode falar ou já se falou, são pequenos conteúdos humanos. A importância de ter surgido o pensamento simbólico na evolução humana é que o Universo agora tem histórias sobre ele mesmo. Sua existência passou a ter significado.