António A. da Costa*

A Evolução da Astronomia em Portugal e no Mundo e os Descobrimentos Portugueses

PREÂMBULO

Vivendo numa autêntica nave espacial girando em torno duma estrela, o Sol, igual a tantas outras da nossa Galáxia, a Via Láctea, os seres humanos, desde os alvores da História, que se maravilharam com a beleza do céu nocturno. Ao contemplarem o firmamento pensaram o Universo fixo e estável. Na verdade a vida duma estrela é várias ordens de grandeza maior do que a vida humana, e as posições relativas das estrelas também não variam de forma significativa no mesmo intervalo de tempo. Daí que um simples ser humano ao olhar o firmamento vê durante toda a sua vida, em geral, o céu sempre igual. O mesmo se passa para os braços da Via Láctea, distintos no céu nocturno, e para as «nebulosas resolúveis», hoje galáxias, que os nossos antepassados pensavam que se encontravam no interior da Via Láctea, à qual se reduzia então todo o Universo.

Este clima de imutabilidade parecia estranho nas proximidades do Sistema Solar aonde desde muito cedo se individualizou o movimento dos planetas. O Universo surgia assim geocêntrico com Ptolomeu (100-165) após um riquíssimo debate iniciado na Grécia Antiga, ideia que abafou a Teoria Heliocêntrica de Aristarco de Samos (320-250 a.C.), durante os vários séculos pós-ptolomaicos.

Porém, quando aumentou o nosso conhecimento sobre o movimento dos planetas, o modelo geocêntrico tornou-se excessivamente complexo. O modelo Heliocêntrico voltou a ser dominante com Copérnico (1473-1543) e Galileu (1564-1642), por lhe ser superior, ao obedecer aos seguintes três princípios:

- O princípio metafísico da perfeição do movimento circular;
- O princípio matemático da representação possível de todo o movimento periódico por um conjunto de movimentos circulares uniformes;
- O princípio epistemológico da descrição mais simples da natureza por teorias matemáticas.

O princípio metafísico da perfeição do movimento circular foi abandonado por Kepler (1571-1630), ao introduzir a sua primeira Lei. Esta afirma serem as órbitas planetárias elipses com o Sol num dos focos. Mas o movimento continuou a ter regularidade periódica e o quadro da imutabilidade estava garantido.

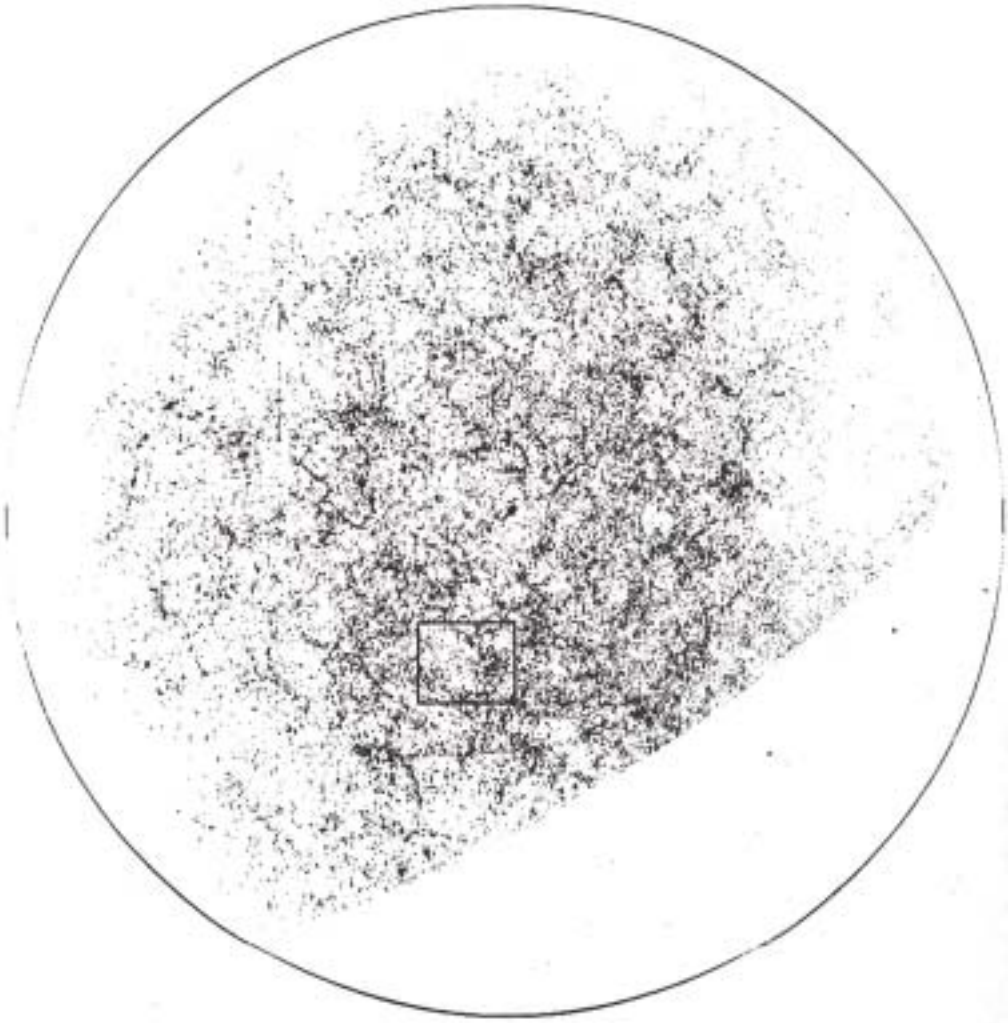
Os estudos do Universo aqui descritos constituem a Astronomia, a Ciência das leis do Universo, tal como ela era encarada antes de Newton. Estes estudos eram uma conjugação de Cosmologia e Cosmografia. A Astromomia destinava-se a suportar o quadro da imutabilidade descrito e a permitir algumas aplicações do maior interesse prático, como seja a possibilidade da navegação orientada pelas estrelas, largamente usada nos Descobrimentos.

Porém às vezes algo acontecia que mudava o quadro da imutabilidade aqui referido, uma supernova, a explosão duma estrela. Um desses acontecimentos foi observado em 1572 por Tycho Brahe em Augsburg, na Dinamarca. Embora considerada como uma perturbação da imutabilidade reinante, esta observação será o ponto de partida para grandes transformações no pensamento humano sobre o Cosmos. O grande corte epistemológico deu-se quando se compreendeu que estavamos a observar simultaneamente acontecimentos em pontos diversos do Universo, que, se transportados para um mesmo ponto, poderiam ser colocados em sucessão no tempo.

Quando isto sucedeu a Cosmografia não era mais a parte essencial da Astronomia e a sua outra componente, a Cosmologia, tinha-se entretanto fundido com a Cosmogonia e ganho a dignidade de disciplina física. Estávamos já neste Século e a Astronomia tinha percorrido um longo caminho.

A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA

Hoje, no plano internacional, a Astronomia é a Ciência que estuda a estrutura do Universo em directa correlação com o espaço-tempo, domínio por excelência das interacções gravíticas, obtendo a unidade da macro com a microfísica. Com esta definição a Astronomia é fundamentalmente Cosmofísica, Física do Cosmos, sendo tudo o que resta pequenos domínios subsidiários. Desde o princípio do Século que não tem deixado de se desenvolver, sendo este crescimento particularmente intenso nos últimos quinze anos. Sendo talvez a Ciência mais antiga, a Astronomia, pelo objecto que contempla, é simultaneamente a mais recente. De uma estrela não nos



«Tapeçaria cósmica: o Universo». Representção gráfica de mais de 1 milhão de galáxias observadas. Catálogo de galáxias do Observatório de Lick (USA).

basta hoje conhecer a posição e a distância; procuramos a sua composição química, a estrutura dinâmica, como se formou e como acabará. O mesmo se aplica a um enxame de estrelas, a uma galáxia, a um enxame de galáxias, ao Universo. E não nos limitamos hoje, para suportar estes estudos, às observações na região visível do espectro electromagnético; usamos também informação recolhida nas bandas invisíveis no estudo da radiação cósmica e procuramos mesmo informação na radiação gravitacional.

A História da Astronomia confunde-se com a História do Pensamento Humano e a própria Astronomia assume-se de facto como um índice da nossa civilização científico-tecnológica. Na verdade ao longo da sua História a Astronomia esteve intrinsecamente ligada ao progresso tecnológico. Durante os Descobrimentos, e com um objecto diverso do que nos preocupa hoje, e como já foi indicado, permitiu a navegação em alto mar. Contemporaneamente, as técnicas de observação óptica em aperfeiçoamento constante desde Galileu, obrigam ao desenvolvimento de protótipos cuja tecnologia poderá sugerir múltiplas aplicações e entram hoje nos domínios da exploração espacial. As naves «Voyager» I e II, bem como o futuro telescópio espacial «Hubble» são o expoente máximo de domínios de ponta baseados na Electrónica, óptica e Telecomunicações. No domínio da radiofrequência, os radiotelescópios constituem antenas poderosíssimas que colocam desafios de precisão aos engenheiros de telecomunicações e cujo desenvolvimento tem repercussões sobre as antenas de radiodifusão e comunicação ponto a ponto e via satélite. Nos domínios dos infravermelhos, ultravioletas e raios-X e -Y, hoje tão importantes, é ainda a tecnologia de satélites que está em causa.

Observação de Júpiter e dos seus principais satélites, notados por Galileu em 1610.

Também em Astronomia a Informática está na ordem do dia. Nos domínios da Observação, os computadores são usados para detecção em tempo real, para gerirem o funcionamento dos Observatórios, para a descodificação das imagens digitalizadas. Esta actividade é importante em todas as bandas de frequência mas muito especialmente em radiofrequência, aonde é a única via para se obterem radiofotografias. No domínio teórico o uso sistemático de computadores e a exigência que a Astronomia coloca em termo de rapidez de computação e dimensão das memórias destes, torna-a num motor determinante no desenvolvimento destes novos meios técnicos.

Mas não fica por aqui a sua importância. A Astronomia iniciou o desenvolvimento da investigação de diversos processos físicos ainda antes dos respectivos estudos se consagrarem

dentro da Física como disciplinas autónomas. Por exemplo, a teoria das riscas espectrais e a dos gases ionizados precederam, respectivamente, a Física Atómica e a Física dos Plasmas. A Fluidodinâmica, adquire uma nova dimensão nos domínios astronómicos, sem paralelo na Física, através quer do seu domínio específico, quer da (Electro) - Magnetofluidodinâmica, quer dum domínio em rápida expansão a Fluidodinâmica de Radiação, ou seja, o domínio da Física que encara os fotões como constituindo um fluido. Ao mesmo tempo, a Física Nuclear e das Partículas não pode hoje passar sem a verificação Cosmofísica. A própria Astronomia electromagnética de espectro não-óptico observa uma fenomenologia que abriu a perspectiva de um Universo de novas dimensões. A Astronomia aprofunda ainda o estudo de reacções químicas que poderão explicar a presença de moléculas no espaço interestelar. Os estudos astronómicos ao encararem o Universo como um vasto laboratório, permitem testar as leis físicas em condições irrealizáveis à escala humana, aumentando a nossa confiança no seu uso.

No domínio da Matemática a Astronomia contribuiu para o seu desenvolvimento em vários campos, de que são exemplos: o problema dos três corpos originário da Mecânica Celeste; os problemas não lineares nascidos na própria Mecânica Celeste e hoje gerados pela Cosmofísica; os problemas de Estatística gerados pelo estudo da distribuição de corpos celestes no espaço. Porém foram dois os domínios aonde a contribuição da Astronomia para a expansão da Matemática foi determinante, esboçando-se o aparecimento de um terceiro. O primeiro foi a Análise Numérica, com finíssimos problemas de precisão, a mesma que, vimos atrás, influencia o desenvolvimento dos computadores. O segundo foi a da fundamentação matemática dos modelos sobre as origens do preendermos o Estado Inicial. O terceiro domínio ainda em desenvolvimento diz respeito à construção do modelo das estruturas que se observam no Universo, e que fazem apelo às actuais teorias da turbulência, caos determinístico e teoria da bifurcação. São campo cuja juventude muito promete em termos de resultados de Investigação.

Ao assumir-se de facto como um índice da nossa civilização científico-tecnológica, a Astronomia implica necessariamente uma densa interdisciplinaridade (além da Física, apoia-se ainda na Matemática, na Informática, na Química, na Geologia, na Geofísica e na Biologia), pelo que certos domínios físicos, matemáticos e tecnológicos se encontram projectados duma

forma muito especial, diluindo as fronteiras entre Ciência e tecnologia e permitindo a quem os cultiva reforçar as suas motivações. Aí está para o provar a vasta gama de objectos astronómicos cujo carácter exótico continua nalguns casos a desafiar a nossa capacidade de compreensão, não obstante o poder dos meios de observação que indicam as suas propriedades e dos meios de cálculo que permitem modelar tais objectos. Este exercício de descoberta é ainda motor de transferências de tecnologia para outros ramos fundamentais da actividade humana, que não pode ser esquecido por qualquer país que se pretende desenvolvido.

Sendo a Astronomia fundamentalmente Cosmofísica, esta divide-se em:

a) Cosmologia Física, que estuda o objecto do Universo como um todo, suas origens e evolução. A singularidade da Cosmologia Física é estudar um único objecto, o Universo, e não um conjunto de objectos dum mesmo grupo taxonómico;

b) Astrofísica, que estuda os objectos constituintes do Universo na perspectiva da sua morfologia, propriedades e processos físicos.

Porém outras classificações são possíveis. De acordo com os domínios espaço-temporais podemos falar duma Astronomia do Sistema Solar, duma Astronomia Galáctica e duma Astronomia Extragaláctica. A Astronomia Galáctica deve ser entendida não só como Astronomia dentro da nossa galáxia, mas dentro das várias galáxias do Universo, e cujo estudo nos permite caracterizar a nossa própria galáxia.

COSMOGRAFIA VERSUS COSMOFÍSICA

A passagem da Cosmografia a Cosmofísica foi um processo longo só completado neste século, como já foi afirmado. O primeiro passo foi dado nos Séculos XVI e XVII, começa com Copérnico, como já foi visto, e continua com Giordano Bruno (1548-1600), Galileu, Tycho Brahe (1546-1601), Kepler e, finalmente, Newton (1642-1727).

A Publicação do «De Revolutionabus Orbium Coelestium» por Copérnico em 1543 inicia uma autêntiva revolução científica. O modelo heliocêntrico aí exposto pôs em causa não só toda a Física de Aristóteles, pois era necessário explicar como se moviam os planetas em torno do Sol, mas também a noção básica de referencial privilegiado atribuído à Terra.

As concepções copernicianas acenderam paixões intensas e ilegítimas. Elas punham em causa interpretações religiosas do mundo. No princípio isso não foi um grande problema porque Andreas Osiander, no prefácio ao «De Revolutionabus», afirmou estar-se perante um sistema matemático para cálculo das posições dos planetas, o que não significa que estivesse fisicamente correcto.

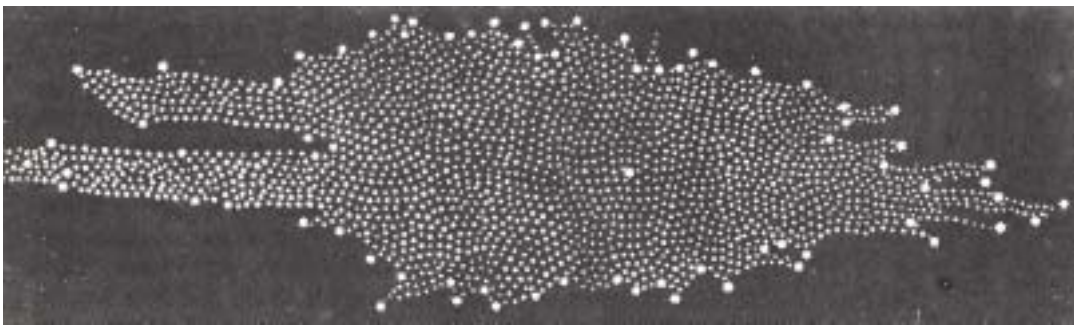
Mas os geocentristas dividiam o Universo entre Cosmos, a perfeição, e a esfera sublunar. Giordano Bruno argumentou que se a Terra era um planeta como os outros, então a distinção geocêntrica não fazia sentido. Quando proclamou a unidade do Céu e da Terra, a natureza idêntica do Sol e das estrelas, o carácter infinito do Universo, e a pluralidade dos mundos, o poder teocrático abateu-se sobre ele e Bruno terminou os seus dias na fogueira.

O pensamento de Bruno era o desenvolvimento das teses heliocêntricas de Copérnico fundidas com o pensamento de Nicolau, bispo de Cusa, que já no Século XV tinha proposto uma cosmologia onde o Universo era uma esfera infinita. Ele entendia que se o Universo era a casa de Deus, então sendo este omnipotente não se contentaria com uma casa finita, como pretendiam os geocentristas. Cusa defendeu ainda que no Universo cada corpo estava ao mesmo tempo no centro, no interior e na superfície, e a esfera universal, onde se moviam

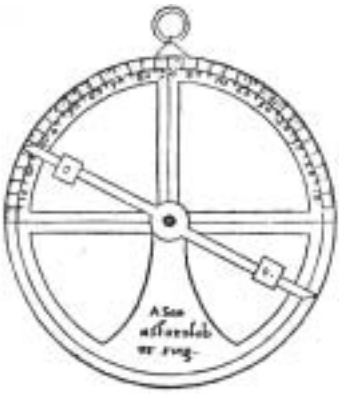
o Sol e a Terra, tinha a estranha propriedade do seu centro coincidir com a sua periferia. Esta visão de Cusa que não tinha qualquer suporte científico, está mais próximo das concepções modernas de Universo do que parece...

O sacrifício de Bruno não foi em vão. O seu pensamento foi verificado. Tycho Brahe demonstrou que os cometas não pertenciam à esfera sublunar, e portanto que as regiões além da Lua não eram perfeitas, como pretendiam os Geocentristas. Por seu lado Galileu demonstrou pelo uso sistemático do telescópio, que os braços da Via Láctea se resolviam em milhões de estrelas, e que os planetas não eram esferas perfeitas. Ao descobrir quatro satélites de Júpiter, Galileu demonstrou que o Geocentrismo não era válido, já que não existia um único centro do Universo. Com estas observações o Heliocêntrismo era mais do que uma simples teoria matemática para ter realidade física, e daí a condenação de Galileu, por ter ousado demonstrá-lo. Esforço vão...

A descoberta da Lei da Atracção Universal por Newton, na sequência dos trabalhos dos seus ilustres predecessores já aqui citados, reforçará a cosmologia heliocêntrica. A publicação dos «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica», em 1686, é um ponto de viragem na História da Ciência. Newton unifica o conceito de massa gravitacional activa a que gera o campo gravitacional, com a de massa gravitacional passiva, a que sente os efeitos do mesmo campo, através do princípio da acção e da reacção, uma das três leis de Newton expostas no princípios. Newton, com estas três leis deu unidade a todo o movimento, celeste ou não, e deu conteúdo físico às três Leis de Kepler sobre o movimento dos planetas.



Via Láctea, segundo William Herschel, 1784 (observatório de Yerkes)



O Universo de Newton era um conjunto finito de objectos existente num espaço absoluto. Esta concepção defrontou-se com a de Leibnitz, que concebia um Universo com um número infinito de objectos homogénea e isotropicamente distribuídos, também em espaço em espaço absoluto. Ambas as concepções defendiam uma geometria euclideana para o Universo. A concepção de Leibnitz dominou o senso-comum até aos nossos dias.

Estas concepções cosmológicas vão ser postas em causa por William Herschel, que na segunda metade do Século XVIII concluirá que a distribuição da matéria na Via Láctea era anisotrópica. Esta descoberta marca o início da Idade Contemporânea da Astronomia, devido não só à fortíssima personalidade de Herschel cujo pensamento astronómico é de facto nosso contemporâneo, mas também às enormes inconsistências que é possível vislumbrar na Cosmologia, e que chegaram até aos nossos dias. Estas inconsistências são contemporâneas do desenvolvimento da Electrodinâmica, que vai entrar em contradição com a mecânica galileana e cuja harmonização será a Teoria da Relatividade de Einstein.

O passo seguinte foi a descoberta por Fraunhofer no Século XIX e que as substâncias emitiam espectros de riscas, o que permitia analizar a luz emitida pelos objectos cósmicos e concluir sobre a sua composição, características físicas e o seu estádio de evolução. O desenvolvimento desta área vai levar ao nascimento da Astrofísica.

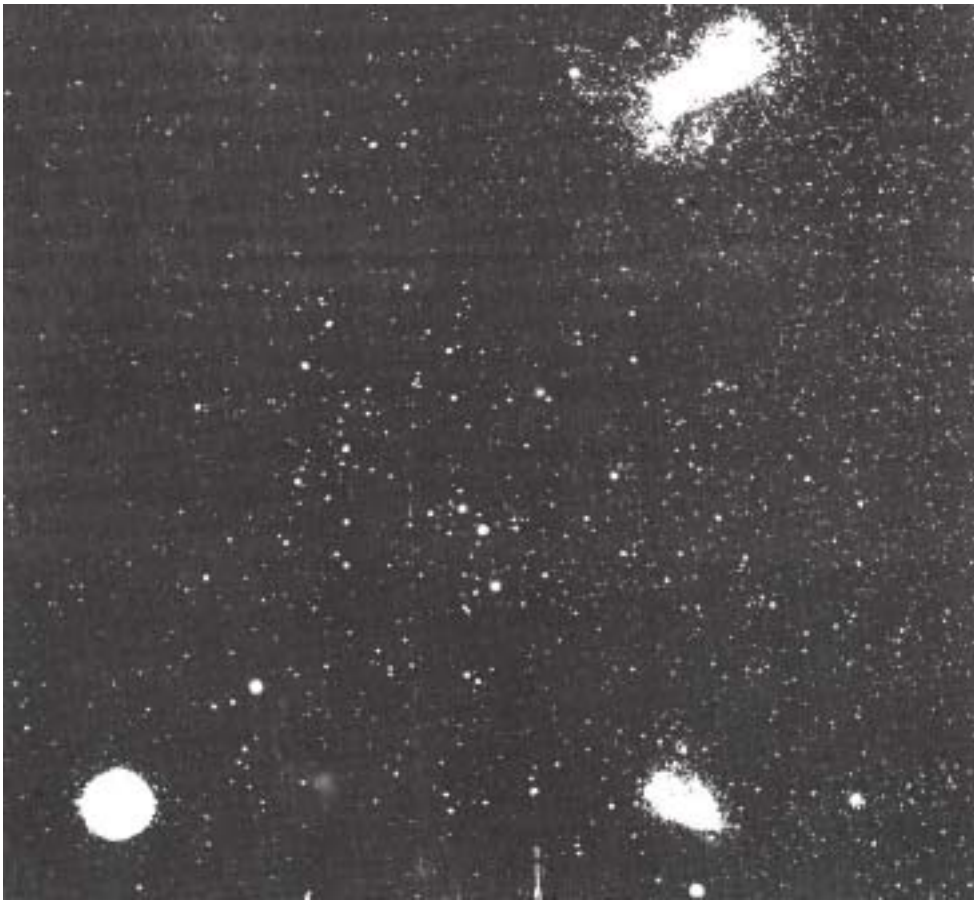
Já neste século concluiu-se definitivamente, década de 20, que as galáxias são corpos extragalácticos. Ao mesmo tempo Edwing Hubble concluiu também que elas se afastam umas das outras com uma velocidade proporcional à sua distância. Esta extraordinária conclusão foi reforçada em 1968 por Arno Penzias e Robert Wilson, quando descobriram que existia uma radiação de fundo que impregna todo o Universo, fazendo que este tenha uma temperatura equivalente a 3k (-270°c). O Universo de Newton parecia renascer das cinzas pois, do nosso ponto de observação, parecia o modelo mais credível, por sabermos que o número de objectos cósmicos é finito.

As observações deste Século combinadas com os desenvolvimentos teóricos consubstanciados na Teoria da Relatividade e na Física Quântica, permitiram consolidar os estudos da Física do Cosmos. O Universo hoje não é finito ou infinito, mas limitado (tem um número finito de objectos) e sem fronteiras. Na larga escala a sua Geometria não é a de Euclides, é a de Riemmann, pois é completamente impossível

de ser reproduzido à escala. Não tem centro, porque sendo homogéneo e isótropo qualquer dos seus pontos se assume como tal. Isto significa que em qualquer ponto do espaço observamos um Universo de Newton em expansão. Mas se o Universo está em expansão, ou seja, está a criar espaço no seu interior, então globalmente o Universo teve uma origem, o Estado Inicial quente, fonte da maravilha cósmica que observamos. Longe de estar terminada, a longa caminhada só agora começou.

A ASTRONOMIA E OS DESCOBRIMENTOS

Os Descobrimentos Portugueses usaram largamente a Astronomia para navegação. A Cosmografia do Século XV



As Núvens, de F. de Magalhães

permitia resolver com facilidade o problema da determinação da latitude e os portugueses primeiro limitaram-se a usar esse conhecimento. Depois simplificaram os instrumentos utilizados e descobriram novas técnicas astronómicas para a sua determinação.

A passagem do Equador abriu aos Portugueses o céu dos mares do Sul totalmente desconhecido, e colocou novas exigências à determinação da latitude. Mas tudo continuou no quadro da Cosmografia tradicional.

Os Descobrimentos, para além de algumas novas técnicas de Astronomia de Posição e da identificação por Fernão de Magalhães das Núvens (galáxias) com o seu nome, não contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento astronómico aqui esboçado. A própria teoria heliocêntrica foi ignorada. Pedro Nunes, que viveu no reinado de D. Manuel I, apesar de ter conhecimento desta teoria, continuou a preferir o geocentrismo, pois que para ele a posição de Osiander estava correcta. Aliás, e infelizmente, será o geocentrismo e não o heliocentrismo que Camões cantará em «Os Lusíadas».

Porém desta apreciação não se poderá concluir que, embora sem estar na linha principal de desenvolvimento da Astronomia, a contribuição portuguesa seja despicienda para o desenvolvimento da Cosmografia. As tabelas de declinações publicadas por Abraão Zacuto, sob o título «Almanach Perpetuum Celestium Motum», em 1496, foram vitais para a navegação em alto mar. A obra de Pedro Nunes é igualmente importante para o mesmo fim.

Mas o virar das costas ao desenvolvimento científico em curso, e o apadrinhar do que tinha interesse imediato, postergando para o nada o que era realmente importante mostra tendências preocupantes que se acentuaram nos séculos posteriores com a entrada da Inquisição. Infelizmente esta característica manteve-se até aos nossos dias.

A ASTRONOMIA NO PORTUGAL DE HOJE

O contraste com o panorama florescente a nível internacional mostra que no plano científico a situação da Astronomia em Portugal constitui hoje um trágico equívoco. Na verdade, e apesar dum número restrito de astrónomos (astrofísicos) de formação recente e com o grau de Doutor, a Astronomia, ou, mais propriamente, aquilo que se teima em chamar Astronomia em Portugal, até aos meados da década de 80, enfermava dos seguintes erros conceptuais:

1) Persistia-se em dar uma excessiva importância à Astronomia de Posição, de necessidade incontroversa, mas hoje um aspecto muito subsidiário da Astronomia;
2) Pretendia-se continuar a subordinar a Astronomia à Geodesia e rastreio de satélites, o que nada tem a ver com a investigação astronómica corrente no plano internacional;
3) Confundia-se Astronomia com Geofísica, confusão inadmissível visto serem Ciências irmãs, com domínios próprios, embora com pontos de contacto, nomeadamente no estudo da Física do Sistema Solar, sendo da maior importância que sejam desenvolvidas em paralelo;
4) Reduzia-se Astronomia também a estudos de Mecânica Celeste, e por via disso, entrega-se a Astronomia aos Matemáticos, sem participação dos Físicos, quando a orientação internacional hoje dominante é considerar Astronomia dominantemente Cosmofísica.

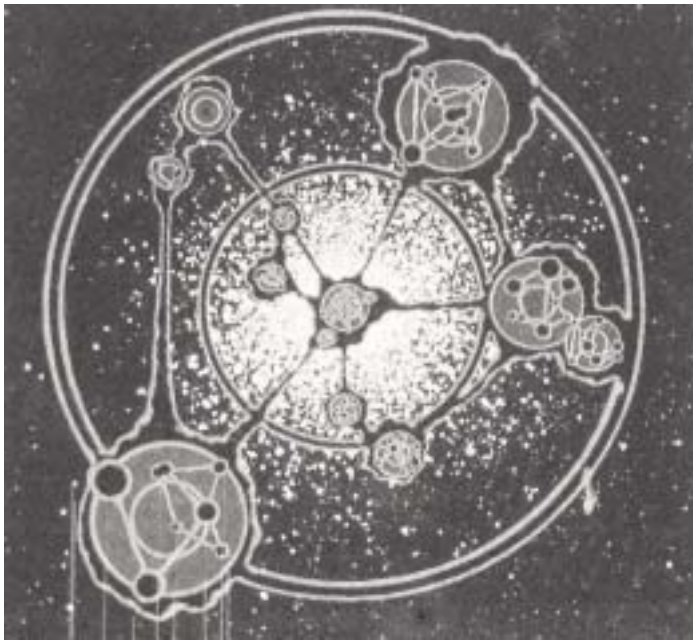
As orientações que se verberam, incoerentes e algo contraditórias, ou tiveram a sua época, a Idade Moderna da Astronomia, ou, nos casos das alíneas 2) e 3), parecem corresponder a um desenvolvimento muito peculiar e ideosincrático da Ciência em Portugal, consequência curiosa da gesta dos Descobrimentos, e da política científica isolacionista que lhe está subjacente. As orientações alternativas esboçadas correspondem à Idade Contemporânea da Astronomia, cujos contornos foram aqui assinalados, e que hoje é seguida em todo o mundo que se pretende desenvolvido.

Portanto só uma alteração radical de perspectiva poderá fazer-nos reduzir de forma significativa um atraso que é de mais de um século e meio e que nos coloca na cauda da Europa, mesmo atrás da Turquia, e que ao mesmo tempo nos impede o diálogo com outras Nações em domínios hoje considerados fundamentais para o progresso da Humanidade. E é a perspectiva internacional sobre a qual nos devemos debruçar, porque é a única que nos deve interessar, lutando para a implementar e desenvolver, o que permitirá ainda um harmonioso desenvolvimento científico e tecnológico.

A física de Newton, Galileu, Kepler, Huyghens, Laplace, Lagrange e D'Alembert, entre outros, foi desconhecida em Portugal até finais do Século XVIII. A sobrevivência da sociedade portuguesa no plano internacional não é mais compatível com um tal espírito isolacionista, hoje. Temos que ser ágeis

e abrirmo-nos ao diálogo com outros povos, participando activamente nesse diálogo e contribuindo para a solução dos problemas de todos.

O esforço do desenvolvimento da Astronomia em Portugal está em marcha. Ele defronta-se com os discípulos da tradição coeva que, embora já tenham reconhecido os ventos da mudança, pretendem uma paridade de tratamento para as suas preocupações incompatível com o progresso da Ciência Astronómica. Mas se o país quer ganhar a batalha do desenvolvimento tem de desenvolver a Astronomia, por todas as razões aqui apontadas, investindo esforços e verbas significativas na área. E é esta aliciante batalha que temos que ganhar para sermos parte inteira num mundo em mudança. Os dados estão lançados.



* Professor do Instituto Superior Técnico, deslocado no Departamento de Física da Universidade de Évora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Luís de Albuquerque a valiosa troca de opiniões e as indicações bibliográficas. Este agradecimento é extensivo ao Comandante Cirne de Castro pelos mesmo motivos.

Agradeço ainda ao Professor Filipe Duarte Santos o interesse manifestado pela elaboração deste artigo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Albuquerque, L. de (1968) – Introdução à Reprodução em fac-símile do exemplar da Biblioteca Nacional de «Almanach Perpetuum», de Abraão Zacuto – Imprensa Nacional-Casa da Moeda, Lisboa.

Albuquerque, L. de (1988) – «Navegação Astronómica» – Comissão Nacional dos Descobrimentos Portugueses.

Albuquerque, L. de (1988) – «Instrumentos de Navegação» – Comissão Nacional dos Descobrimentos Portugueses.

Audouze, J. e Israel, G. (ed.) (1988) – «The Cambridge Atlas of Astronomy» – Cambridge University Press (Inglaterra).

Benett, D. A. (1987) – «The Divides Circle» – Phaidon-Christié s Oxford (Inglaterra)

Bondi, H. (1986) – «Relativity Theory and Gravitation» – Eur. J. Phys., 7, 106-114.

Callahan, J. J. (1976) – «The Curvature of Space in a Finite Universe» – Sci. Am., 235(2), 90-100.

Caraça, B. J. (1970) – «Conferências e Outros Escritos» – Editorial Minerva, Lisboa.

Lovell, B. (1985) – «Emerging Cosmology» – Praeger Publischers, NY EUA. Rosmorduc, J. (1983) – «De Tales a Einstein-História da Física e da Química» – Editorial Caminho.

Roy, J.-R. (1982) – «LAstronomie et son Histoire» – Presses de L University du Quebec, Canadá e Masson, Paris, França.

Santos, F D. (1986) – «Portugal na História da Ciência (Física)» em «História da Ciência em Portugal (I vol.), 291-302 – Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa.

Silva, L. P da (1972) – «A Astronomia de Os Lusíadas» – Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.

Referência

Costa, A. A. da — A Evolução da Astronomia em Portugal e no Mundo e os Descobrimentos Portugueses. Revista ICALP, vol. 18, Dezembro de 1989, 39-51.