Editora Íbis
Rua Rio Bonito, 187
06708-660 — Cotia, SP
Fone/Fax: (011) 492-6996
E-mail: ibis@editoraibis.com.br
http://www.editoraibis.com.br

Impresso no Brasil

Depósito legal na Biblioteca Nacional
ISBN 85-85582-21-9

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. É proibida a reprodução total ou parcial de qualquer forma ou por qualquer meio, salvo com autorização por escrito da Editora.

Capítulos referentes à Dialética e à Música: originais em castelhano traduzidos por Elenir Aguilera de Barros

Capa, páginas de rosto e aberturas de capítulos: Claudio Matos Perobelli

CIP – BRASIL. CATALOGAÇÃO NA FONTE
DO DEPARTAMENTO NACIONAL DO LIVRO

T 841

Trivium e quadrivium : as artes liberais na Idade Média / Amâncio Friaça ... [et al.] ; coordenação : Lênia Márcia Mongelli. – Cotia, SP: Íbis, 1999.

ISBN 85-85582-21-9

1. Educação medieval. I. Friaça, Amâncio. II. Mongelli, Lênia Márcia de Medeiros.

CDD-370.902

Astronomia e suas irmãs

C. S. Lewis, em sua descrição das partes do universo dentro do cosmo medieval, inclui as sete *artes liberais*, e em seguida se dirige à estranheza do leitor moderno diante do fato de que um currículo seja considerado um dos elementos do universo.[1] Dentro do pensamento medieval, as *artes liberais* haviam alcançado um *status* como o da própria natureza. As Artes, não menos do que os Vícios e as Virtudes, ocupavam um posto ontológico próprio. Dante, no *Convivio*, precisa os nichos cósmicos ocupados pelas disciplinas do *trivium* e do *quadrivium*. Ao interpretar os versos da *Canzone prima* "Voi che'ntendendo il terzo ciel movete", explica o sentido de 'terceiro céu' pela definição exemplar:

> "A vedere quello che per terzo cielo s'intende (...) dico che per cielo intendo la scienza e per le cieli le scienze" [Vendo aquilo que se entende por terceiro céu (...) digo que por céu entendo a ciência e por céus as ciências].[2]

Como tão bem nos esclarece Dante, o íntimo entrelaçamento entre as disciplinas do *trivium* e do *quadrivium* permite que se estabeleçam correspondências entre os elementos de uma ciência e os de outra, e das ciências com todas as partes do universo, as atividades humanas incluídas. Em particular, a Astronomia, dado o seu apelo ao aparelho cognitivo visual, é especialmente apta a explicitar essas conexões nas artes pictóricas. Assim, os planetas nos contemplam desde os capitéis do Palácio do Doge, cada um cercado pelos

1 LEWIS, C. S. *The discarded image*. Cambridge: Cambridge University, 1994.

2 DANTE. *Convivio*, II, 13. In: *Obras completas de Dante Alighieri*. Madrid: Católica, 1973. (Biblioteca de Autores Cristianos).

seus 'filhos', pelos mortais sobre os quais exercem sua influência. Em Florença, outra vez os encontramos, em Santa Maria del Fiore, revestidos com os traços da influência árabe; e de novo em Santa Maria Novella, emparelhados, como no *Convivio*, com as sete *artes liberais*. No Salone do Palazzo della Ragione em Pádua, encontramos todos, os planetas, seus filhos, os signos, os Apóstolos, os trabalhos dos homens, dispostos segundo os meses apropriados.[3]

O fato de os literatos mais representativos da Idade Média, como Dante e Chaucer, utilizarem em suas obras, como se fosse uma obrigatoriedade da natureza, o simbolismo astronômico, é testemunha de que, durante toda a Idade Média, a Astronomia foi considerada a disciplina mais preciosa do *quadrivium* e reteve sua posição inefável. Nunca nesses séculos, nem mesmo durante os períodos mais conturbados, a Astronomia perdeu sua glória. A Astronomia era o ramo mais desenvolvido da ciência e como tal serviu como modelo para a compreensão matemática da natureza em outros campos. Isto foi particularmente verdadeiro nos séculos XIII e XIV, quando a Astronomia teórica alcançou uma sofisticação que os pioneiros da Estática e da Cinemática se esforçavam por emular. A Astronomia foi a auxiliar dos filósofos, tanto fornecendo material para discussões epistemológicas sobre a natureza das hipóteses científicas, como para suporte das investigações metafísicas sobre a estrutura última do ser, dependente, por sua vez, de uma causa suprema, do mesmo modo que os movimentos das esferas planetárias dependem de um *Primum Mobile* para além do céu das estrelas fixas.

O 'terceiro céu', na *Canzone* do *Convivio* mencionada acima, ilustra a primazia dentro do *trivium* e do *quadrivium* da Retórica, que é associada ao terceiro céu, ou céu de Vênus, que também é o céu do Amor, o céu de Beatriz. Ao longo dos séculos, desde o fim da Antigüidade, Retórica e Astronomia ocuparam por turnos o trono da 'Rainha do *trivium* e do *quadrivium*'. O simbolismo astronômico mais uma vez vem em nosso auxílio, pois Vênus é o astro, a estrela por excelência; o próprio termo 'astro', em grego, *aster*, está etimologicamente relacionado ao nome fenício de Vênus, *Astarte*. Por outro lado, na enu-

3 SEZNEC, J. *The survival of the pagan gods*. Princeton: Princeton University, 1972. (Bollingen Series).

meração das disciplinas do *trivium* e *quadrivium*, a Astronomia aparece em último lugar, e, visto que se trata de uma escala da mais humilde (a Gramática) até a mais elevada, a Astronomia ocupa, enquanto ciência, o céu mais elevado. Assim, ao associar a Astronomia ao céu mais elevado, o céu de Saturno, faz dela uma rainha, não sob o aspecto do esplendor e exuberância, mas da severidade e majestade. Porém, antes de mais nada, *trivium* e *quadrivium* são 'ciências irmãs', como nos lembra Nicômaco de Gerasa (fl. c. 100), em sua *Introdução à aritmética*, através das palavras do pitagórico Arquitas de Tarento:

> "Parece-me apropriado que estudem as matemáticas, e não é de modo algum estranho que tenham o conhecimento correto de cada coisa, do que ela é. Pois, conhecendo corretamente a natureza do todo, conhece-se também a natureza das partes. Sobre geometria, e também sobre aritmética e astronomia, demonstram uma lúcida compreensão, assim como sobre harmonia. Pois estas são ciências irmãs; pois elas tratam de assuntos irmãos, as duas primeiras formas do ser." [4]

Ainda em sua *Introdução à aritmética*, que através da paráfrase em latim de Boécio foi o texto curricular de Aritmética durante a Idade Média, Nicômaco nos remete ao significado profundo das disciplinas do *quadrivium*, esclarece a cadeia do Saber na qual as *artes liberais* se inserem. *Sabedoria* consiste no conhecimento das coisas, e como as coisas se apresentam ou unificadas e contínuas, as 'magnitudes', ou descontínuas e em arranjo, as 'multitudes', a sabedoria deve ser o conhecimento dessas duas formas. Ora, como tanto magnitude quanto multidude são necessariamente infinitas – pois a multitude parte de uma raiz definida e nunca cessa de crescer, e a magnitude, quando se conduz a divisão de um todo limitado, nunca chega a um termo – e como a *ciência* trata de limitados, não é possível uma ciência lidando com a magnitude em si ou com a multitude em si. Contudo, podem-se construir ciências tratando de algo separado de cada uma dessas formas, da *quantidade*, separada da multitude, e da *extensão*, separada da magnitude. Como a quantidade pode ser considerada em si mesma (números pares e ímpares, números primos etc.), a quantidade absoluta, ou pode ser relacionada com outra quantidade (igualdade e desigualdade, razões, proporções e médias), a quantidade relati-

4 NICÔMACO DE GERASA. Introdução à aritmética, I. 3. 3. In: *Britannica great books of the western world*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1955. v. 12.

va, desse modo constituem-se a ciência da quantidade absoluta, a Aritmética e a ciência da quantidade relativa, a Harmonia. E, visto que a extensão pode estar em repouso ou em movimento, temos a Geometria, a ciência da extensão em repouso, e a Astronomia, a ciência da extensão em movimento. Eis a definição mais universal do que é Astronomia e indica que a Astronomia, como bem lembra Dante, só pode ser aprendida após o domínio das três primeiras disciplinas do *quadrivium*. Uma outra definição das ciências do *trivium* e do *quadrivium* recorda-nos o penoso caminho para a aquisição da Astronomia: a Aritmética é a ciência do número; a Geometria, a do espaço; a Harmonia, a do tempo; e a Astronomia, a da junção do espaço, tempo e número, junção essa que define as condições de existência do mundo corporal.

Dentro da hierarquia do saber medieval, a Astronomia nos remete para um degrau ainda mais elevado, que é o da Cosmologia ou, ainda, a parte superior da Astronomia é a própria Cosmologia. Porém, para além do *trivium* e do *quadrivium* e da própria Cosmologia, temos a Metafísica, a Teologia e a Ética, como ilustra o *Convivio*. Olhando para o andar inferior, para as artes e ciências segundas, sua prática segura depende do conhecimento do *trivium* e do *quadrivium*. Dentro do currículo da universidade medieval, *trivium* e *quadrivium* representam o mundo intermediário entre a sabedoria (*sapientia*) e a ciência (*scientia*, representada pelas faculdades de Artes, Medicina, Direito e Teologia). Além de formar o profissional completo, o ensino do *trivium* e do *quadrivium*, em um nível mais profundo, fornece ao estudante um vislumbre daquele céu além do céu das estrelas, como de novo a *Introdução à aritmética* faz-nos recordar ao citar a *República* de Platão, onde Sócrates reprova seu interlocutor por considerar apenas os aspectos práticos (Astronomia aplicada à agricultura, à navegação etc.) das ciências do *quadrivium* :

> "Você me espanta, pois parece temer que sejam inúteis estes estudos que recomendo; mas isso é muito difícil, ou antes impossível. Pois o olho da alma, cego e soterrado por outros propósitos, é reaceso e redesperto por estes estudos e apenas por estes; e é melhor que ele seja salvo do que miríades de olhos corporais, pois somente através dele a verdade do Universo é contemplada."[5]

5 NICÔMACO DE GERASA. *Introdução à aritmética*, 1.3.7.

A planta do edifício do conhecimento medieval é revelada em explosão no afresco do convento dominicano de Santa Maria Novella em Florença, representando o *Triunfo* do dominicano Tomás de Aquino. Tomás de Aquino está em um trono cercado por figuras aladas, representando as três virtudes teologais e as quatro virtudes cardinais (para as quais Gregório Magno também explicitou as correspondências com os sete planetas). A sua direita e a sua esquerda sentam-se Patriarcas da Igreja e santos e debaixo de seus pés estão os heréticos que ele derrotou com sua doutrina. Na base do afresco, há catorze figuras femininas representando o vasto alcance do conhecimento do santo. Começando pela direita, temos: Gramática, Retórica, Dialética, Harmonia (com um órgão), Astronomia (medindo os céus), Geometria e Aritmética. Abaixo delas temos os filósofos 'padrinhos' de cada ciência: Donato, Túlio (como Cícero era conhecido na Idade Média), Aristóteles, Pitágoras (graças a sua *música das esferas* – evidenciando a conexão entre Astronomia e Harmonia), Euclides e Boécio (como o transmissor de Nicômaco de Gerasa para a Idade Média). Simetricamente ao *trivium* e ao *quadrivium*, à esquerda situam-se as sete disciplinas teológicas e os devidos representantes humanos. Eis a síntese da estratégia para se alcançar o *Triunfo* da Verdade: *trivium* e *quadrivium* em aliança com a Teologia.

As *artes liberais* constituem um currículo que não é rígido nem imutável, mas sofre expansões e alterações com o tempo. Assim, Cassiodoro (c. 485-c. 580) define, em suas *Institutiones*, quais são os textos para cada disciplina do *trivium* e do *quadrivium*. Então, as únicas sugestões para a Astronomia são Varrão, Boécio e Martianus Capella. Em 1142, Thierry de Chartres define um currículo enciclopédico para a sua escola. A 'nova lógica' de Aristóteles, graças às novas traduções dos principais trabalhos de Lógica da Antigüidade, vem engrossar as obras de referência para a Dialética, e o programa da Astronomia agora inclui o *Almagesto* de Ptolomeu, Hyginus e o árabe Al-Kwarizmi. Um século depois, o dominicano Alberto Magno (1206-1280), além do *Almagesto*, recomenda a tradução de Geraldo de Cremona do comentário de Geber, as traduções latinas de Mashallah e outros astrônomos árabes, manuais sobre o astrolábio, e diversos livros sobre astrologia – o *Quadripartitum* (o nome latino do *Tetrabiblos*, de Ptolomeu), Abu Ma'shar e outros.

É importante lembrar que durante toda a Idade Média, os termos *astronomia* e *astrologia* eram empregados indiferentemente para designar a mesma

disciplina, que incluía o que entendemos atualmente tanto por astrologia, como por astronomia. Isidoro de Sevilha (c. 560-635) foi o primeiro a empregar a distinção moderna entre os dois termos nas suas *Etymologiae*, não porque isto correspondesse ao uso corrente das palavras, mas porque o plano das *Etymologiae* visava a uma exegese do conteúdo do mundo em termos das origens das palavras que designam as coisas. Visto que há duas palavras distintas, elas devem corresponder a uma distinção real, segundo Isidoro, que portanto define que *astronomia* trata do "giro dos céus, do nascer, ocaso e movimento dos astros, e do por que eles são chamados como são", enquanto que *astrologia* "é praticada pelos *mathematici*, que profetizam pelas estrelas, que distribuem os doze signos pelas partes do corpo, e que tentam prever o nascimento e o carácter dos homens a partir dos cursos dos astros".[6] Autores medievais posteriores sentiram a mesma compulsão – dois termos distintos devem denotar dois objetos distintos – e ou seguiram Isidoro ou construíram definições diferentes, algumas vezes opostas às de Isidoro. A tendência natural, dado seu respeito pelas palavras, era tomar o segmento *nomos* de *astronomia* como se referindo à lei ou costume (o significado em grego) e o *logos* em *astrologia* para significar razão e cômputo; desse modo chegavam à definição exatamente oposta à contemporânea. Assim, no século XII, Domenicus Gundissalinus (tradutor espanhol de Ibn Sina, Ibn Gabirol, Al-Farabi e Al Ghazzali) define astronomia e astrologia desse modo, reservando à Astrologia o cálculo de tabelas de estrelas e das efemérides planetárias. Outras vezes, acrescenta-se um qualificativo ao termo para marcar a distinção; assim temos *astronomia* e *astronomia judicial*, esta última sendo a empregada pelos *mathematici* para estabelecer juízos a respeito de acontecimentos a partir da configuração dos céus. É esta a terminologia utilizada por Nicole Oresme (c. 1320-1382), ao criticar os astrólogos no seu *Tractatus contra judiciarios astronomos*.

De fato, Astronomia (ou Astrologia) apresenta três divisões, que podem ser exemplificadas pelas três obras arquetípicas de Ptolomeu: o *Almagesto*, o *Tetrabiblos* e as *Hipóteses planetárias*. O *Almagesto* corresponde à parte observacional, aos métodos de cálculo dos movimentos dos planetas e das esfe-

6 Cf. *Etymologiae*, III, 27.

ras celestes, a precessão dos equinócios incluída, e aos métodos *matemáticos* (deferentes, epiciclos e equants) utilizados para reproduzir os movimentos observados dos astros. Este seria o nível básico da Astronomia que corresponde nos dias de hoje à astronomia fundamental. O segundo nível é representado pela Astrologia, seus juízos, previsões e eleições, como exposto no *Tetrabiblos*. É a matéria de mais interesse para os *mathematici* ou astrólogos, na acepção moderna da palavra. A parte superior da Astronomia é tratada nas *Hipóteses planetárias*, e corresponde propriamente à *física* celeste (ou Astrofísica, como se diria atualmente); trata-se da compreensão dos princípios físicos revelados nos movimentos dos corpos, e do modelo de mundo que engloba os céus. O nível superior da Astronomia realiza a passagem para, ou é ele próprio uma Cosmologia integral. Assim se explica por que Dante, no *Convivio*, após situar a Astronomia no céu de Saturno, no céu imediatamente acima, no céu das estrelas fixas, ou Firmamento, coloca tanto a Física como a Metafísica. Do mesmo modo, Hugo de São Vítor (1096-1141), no programa de estudos do seu *Didascalion*, expande o setenário das *artes liberais*, fazendo suceder à Astronomia a Física, como a oitava *arte liberal*.

A cosmografia de um novo mundo: a Idade Média

Antes do ano 1000, a "mina da qual se extrai a ciência da Idade Média" [7] é representada por Calcídio (primeira metade de século IV), Macróbio (fl. 395-423), Martianus Capella (séc. V), Boécio (c. 480-524), Cassiodoro (c. 485-c. 580), e Isidoro de Sevilha (c. 560-635).

Calcídio realizou a tradução dos 53 primeiros capítulos do *Timeu*, acompanhada de um longo comentário. É através dessa tradução que Platão foi conhecido durante a Alta Idade Média, e, por uma feliz coincidência, a parte traduzida do *Timeu* (cerca da primeira) é, dentro de toda a obra de Platão, a passagem que trata de modo mais especifico de questões cosmológicas.

7 STAHL, W. H.; JOHNSON R.; BURGE E. L. *Martianus Capella and the seven liberal arts*. New York: Columbia University, 1991.

A tradução de Calcídio representou uma contínua inspiração para o pensamento cosmológico medieval. A longa seção sobre Astronomia, em seu comentário, é um tratamento técnico envolvendo uma Matemática em geral não compreensível para o típico estudante do *trivium* e do *quadrivium*. Calcídio, por exemplo, descreve em detalhe o procedimento de medir a extensão dos signos zodiacais usando clepsidras (relógios de água).

O comentário de Macróbio *In somnium Scipionis* constitui, juntamente com o comentário de Calcídio sobre o *Timeu*, uma das exposições mais populares durante a Idade Média sobre a cosmologia neoplatônica. Macróbio comenta uma passagem de Cícero, o *Somnium Scipionis*, que encerra a *República* de Cícero, e cujo texto comentado salvou, de fato, tudo o que resta intacto da *República* de Cícero. Do mesmo modo que o livro dez da *República* de Platão encerra a obra com um relato de caráter cosmológico sobre o outro mundo, através de Er da Panfília, que retorna do sono da morte, na *República* de Cícero, Scipio Africanus Minor descreve no sexto e último livro um sonho notável repleto de conteúdos cosmográficos. Nesse sonho, Scipio Minor encontra seu avô adotivo Scipio Major, que o leva a uma jornada celeste, que se tornou o protótipo de tantas outras que encontramos na literatura posterior, a viagem celeste de Dante na *Divina comédia* sendo a mais famosa. Nas alturas onde se encontra, Scipio percebe que as estrelas são globos que superam de longe a dimensão da Terra. De fato, a Terra é tão pequena, que o Império Romano não passa de um ponto sobre sua minúscula superfície, o que provoca o desprezo de Scipio. Dois aspectos devem ser ressaltados com respeito à *Imaginatio vera* que se espera do pensador medieval instruído com o *In somnium*: a Terra obviamente é uma esfera; e a Terra é insignificante segundo os padrões cósmicos, o que torna ridícula a ambição humana. A seção cosmográfica do *In somnium* circulou como um tratado separado sobre Astronomia, e influenciou profundamente tanto os escritos como a iconografia durante a Idade Média.

O *De nuptiis Philologiae et Mercurii* (O casamento de Filologia e Mercúrio), de Martianus Capella, é uma obra-chave na história intelectual do Ocidente. Através dele, o *trivium* e o *quadrivium* passaram *in bloco* da Antigüidade para a Idade Média. O *Nuptiis* é mais uma encenação do tema do banquete, que antes havia comparecido n*O Banquete* de Platão e que torna a surgir no *Convivio* de Dante. Trata-se do casamento de Mercúrio com uma jovem de ès-

pantosa erudição, que, depois de muito preparo e instrução, é levada ao céus superiores, onde, na presença dos deuses, ocorre o casamento. E as damas de honra são nada mais nada menos do que as sete *artes liberais*. Os livros I e II tratam dos preparativos do casamento, e nos livros III a IX, cada uma das *artes liberais* se apresenta e discursa. A dama de honra que faz a melhor apresentação é a Astronomia, desenhando um deslumbrante cenário dos feitos da Astronomia. O livro VIII das *Nuptiis*, tratando de Astronomia, foi o mais popular dos livros de Martianus, tratando do *quadrivium*, durante a Idade Média. Enquanto durante a Idade Média tardia houve um declínio de popularidade dos livros das *Nuptiis* tratando das outras disciplinas do *trivium* e do *quadrivium*, o livro VIII continuava a aparecer em abundância em citações e plágios. A jornada celeste de Filologia segue o mesmo modelo de muitas jornadas literárias semelhantes, incluindo a de Dante através das esferas celestes. É interessante que Martianus tenha suposto que a Terra executasse o movimento diurno de rotação em torno de seu eixo. Esse conceito não foi integrado na Astronomia medieval, que explica a rotação diária dos céus em termos da rotação da esfera mais exterior das estrelas fixas, o *Firmamento*, na direção Oeste com um período de um dia sideral. O Firmamento arrasta em seu movimento diário os planetas (incluindo o Sol e a Lua), porém estes não estão fixos nele, mas erram (daí o significado grego de planeta, *errante*) na direção média Leste, completando ciclos em períodos que iam de 28 dias (a Lua) até 29 anos e meio (Saturno).

Uma importante contribuição de Calcídio, Macróbio e Martianus Capella à Astronomia medieval é o sistema geo-heliocêntrico, formulado por Heráclides de Ponto (séc. IV a.C.), no qual o Sol gira em torno da Terra, enquanto Mercúrio e Vênus giram em torno de Sol. E, na eclosão da revolução astronômica, Copérnico elogia Martianus por propor órbitas heliocêntricas para Mercúrio e Vênus, assinalando ao mesmo tempo que outros autores medievais sustentavam o mesmo ponto de vista. É ainda curioso que esses autores, ao descreverem o sistema geo-heliocêntrico de Heráclides, em geral atribuam uma ordem fixa aos planetas vistos da Terra, embora isso seja irreconciliável com o sistema geo-heliocêntrico. Isso resulta numa indecisão com respeito à ordem dos planetas. Calcídio atribui a ordem Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno aos Pitagóricos; e a ordem Lua, Sol, Mercúrio, Vênus..., a Eratóstenes. Macróbio denomina a primeira ordem de 'caldaica' e a segunda, de 'egípcia'. De fato, a ordem caldaica (Sol em quarto lugar) corresponde à conjunção

inferior de Mercúrio e Vênus com o Sol, e a ordem egípcia (Sol em segundo lugar) corresponde à conjunção superior de Mercúrio e Vênus com o Sol. O sistema geo-heliocêntrico gozou de grande prestígio entre platônicos que ilustraram a antiga escolástica: João Scoto Erígena (século X), o pseudo-Beda do *De mundi constitutione* (século IX-X), o astrônomo Helpérico, do amplamente usado De computo (século X), Guilherme de Conches (c. 1080-1154). A popularidade desse sistema é atestada pelo grande número de manuscritos dos séculos VIII ao XII que apresentam o sistema geo-heliocêntrico, muitas vezes acompanhados por ricas ilustrações. Contudo, enquanto Guilherme de Conches escrevia, a Europa ocidental começava a ter conhecimento da tradução do *Almagesto* realizada no século XI. O imenso sucesso do esquema geocêntrico de Ptolomeu fez com que o sistema geo-heliocêntrico caísse no esquecimento. Entre Guilherme de Conches e Copérnico, ouvimos apenas ocasionalmente alguns ecos distantes do sistema de Heráclides de Ponto, como na obra do astrônomo, astrólogo, médico, poeta e cabalista toledano Abraham ben Ezra (1119-1175).

Boécio é conhecido entre nós principalmente pela sua *Consolação da Filosofia*, porém sua importância para o período medieval se deve ao fato de que, graças a sua grande competência em Matemática, foi ele o principal impulsor dos estudos do *quadrivium* na Idade Média. Além de suas traduções, para o latim, de obras sobre Lógica da Antigüidade, as *Categorias* e *Da interpretação*, de Aristóteles, e o *Isagoge*, de Porfírio, que constituíram a *logica vetus* do currículo de Dialética da Alta Idade Média, Boécio escreveu tratados sobre as quatro disciplinas do *quadrivium*, baseados em Euclides, Nicômaco e Ptolomeu, que formaram a base principal do ensino do *quadrivium* nas escolas monásticas das catedrais até o século IX. Destes, *De institutione arithmetica* e parte do *De institutione musica* sobrevivem; o *De geometria* sobrevive apenas em fragmentos; e o *De astrologia*, embora perdido, é atestado por diversas citações. Seu manual de Aritmética foi o texto fundamental no ensino dessa disciplina durante a Idade Média, o que o consagrou como o filósofo associado à Aritmética, como pode ser atestado em toda a iconografia medieval. Realizou também uma tradução latina do *Almagesto* e é uma pena que tenha sido perdida. Foram necessários sete séculos para que o *Almagesto* retornasse ao currículo do *trivium* e do *quadrivium* através das traduções do grego de Germanus de Carinthia (Sicília, c. 1050) e do árabe de Geraldo de Cremona (Toledo, 1075).

Cassiodoro acredita na possibilidade de atingir verdades espirituais através do conhecimento secular, e convenceu o clero de que os clássicos pagãos ocupariam um lugar legítimo dentro da educação cristã. Assim, Cassiodoro pertence à linhagem espiritual de Santo Agostinho, que, enquanto aguardava seu batismo em Milão, ocupava-se da composição de manuais das *artes liberais*. Agostinho não levou seu projeto muito adiante, mas os livros que completou, o *De grammatica* e o *De musica*, exerceram profunda influência durante a Idade Média. Enfatizando a importância do livro como fonte de conhecimento, Cassiodoro fez derivar o nome *artes liberais* de *liber*, livro. (Embora, de fato, *artes liberales* seja a tradução latina do grego *eleutherai tekhnai*, ou seja, as artes ou habilidades apropriadas para o homem livre, em oposição àquelas do homem servil.) Visando a uma pedagogia cristã integral, Cassiodoro compôs um livro sobre doutrinas espirituais (o *Institutiones I*) e outro sobre disciplinas seculares (o *Institutiones II*), no qual dedica trinta e oito páginas ao *trivium* e vinte seis páginas ao *quadrivium*. Seu conhecimento de Astronomia é superior ao de Martianus, pois havia lido o trabalho do século V agora chamado *Canones Ptolomei*. Na seção *de astronomia* do *Institutiones II*, Cassiodoro empresta de Varrão a definição de Astronomia: "a disciplina que examina todos os movimentos e formas das constelações celestes e investiga racionalmente as relações de um astro com o outro e com a terra". Seu texto não visa a ser um manual de Astronomia, mas a dar um esboço do que é essa ciência e a fornecer uma lista de textos de referência.

Isidoro de Sevilha trata do *trivium* e do *quadrivium* nos três primeiros dos vinte livros dos seus *Etymologiae*. Dedica um livro dos *Etymologiae* à Gramática, um livro à Retórica e um único livro a todo o *quadrivium*. A Astronomia de Isidoro encontra-se nesse terceiro livro, assim como no livro treze, *Do mundo, do céu, dos elementos*. Além dos *Etymologiae*, Isidoro escreveu o *De natura rerum*, onde sua cosmologia é resumida, e lhe é atribuído um *Liber de numeris* sobre Aritmética. O propósito de Isidoro, em suas obras, é citar todas as alusões nas Escrituras e nos Padres da Igreja às passagens de escritores ou filósofos pagãos, o que deixa uma margem extremamente estreita para considerações propriamente científicas. Em sua cosmologia, além dos céus sólidos e móveis dos planetas, conjunto que designa pelo nome bíblico de *Firmamento*, Isidoro imagina dois outros céus: um primeiro céu aquoso, e em seguida um céu supremo, sede dos espíritos. Esse cenário será adotado pela maior parte

dos cosmógrafos cristãos e desempenhará um grande papel no desenvolvimento da Astronomia medieval.

Nos *Etymologiae*, verifica-se que o conhecimento do *quadrivium* é bastante inferior ao de Cassiodoro, refletindo a crescente incompreensão das matemáticas, aliás comprovada com pesar por este durante o transcorrer da sua longa vida: "Ninguém assiste a uma palestra sobre aritmética; geometria é um assunto de especialistas". De fato, Cassiodoro, alto funcionário da administração ostrogoda em Ravena, em 535 planejou com o papa erudito Agapetus a fundação de uma escola onde se estudasse o *trivium* e o *quadrivium* em conjunto com as Escrituras Sagradas. Se essa idéia se tivesse concretizado, teríamos a primeira universidade do Ocidente. Contudo, a conturbação dos tempos impediu a execução de seu projeto. Refugia-se em Constantinopla e, quando retorna em 554, encontra um mundo inteiramente diferente daquele de duas décadas atrás, um mundo 'moderno', onde a exaustão das guerras de reconquista contra os reis bárbaros, a praga e o cisma haviam feito as instituições do saber desaparecerem e o grego ter sido esquecido. De fato, parece ter sido Cassiodoro o primeiro a usar a palavra *modernus* regularmente para descrever sua própria época. As *Institutiones divinarum litterarum* representam a resposta de Cassiodoro a esse mundo 'moderno', onde se devia conservar a todo custo o saber antigo.

Em contraste com a terra arrasada em que havia se transformado a Itália, no extremo ocidental do mundo – na 'orla céltica' dos monastérios irlandeses – surgia uma tradição de saber em uma terra que jamais conheceu a romanização. Uma nova geração de monges, unindo sem dificuldade a tradição céltica à novidade do cristianismo, entregava-se com fervor à prece, erudição e composição de livros. O *Livro dos Kells*, do século VIII, é o mais proeminente exemplo da indústria do livro zelosamente praticada pelos monges irlandeses. Havia a preocupação com o acompanhamento do ritmo do tempo enquanto assinalado pelos céus. Se a *Imaginatio vera* referente aos planetas incluía sua visualização como globos nos espaços celestes, uma imagem familiar ao homem contemporâneo, também fazia parte dela um entendimento algo insólito a nós, o dos planetas enquanto 'instrumentos do tempo',[8] permitindo 'distinguir

8 PLATÃO. *Timeu*, 42.

e preservar os números do tempo',[9] conforme as expressões encontradas no *Timeu* de Platão. A data da Páscoa deveria ser determinada com rigor a partir das observações dos céus. O desconhecimento das matemáticas nesse caso anda de braços dados com a impiedade. Uma importante divisão da Astronomia veio a tornar-se o *Computus*, o estudo da avaliação do tempo e do cálculo de datas. E os monges irlandeses contam entre si com astrônomos versados em *Computus*. Assim, o irlandês São Columbano (c. 543-615) escreve uma carta severa ao então papa São Gregório Magno, onde se defendia de acusações de que mantinha a data céltica para a Páscoa, afirmando que, conforme os cálculos dos seus matemáticos, as tabelas com as datas da Páscoa que Roma havia enviado estavam erradas.

Um outro exemplo desse zelo é Beda Venerabilis (c. 673-735), não por acaso originário da 'orla céltica', em Jarrow, norte da Inglaterra. Beda dedicou muito tempo ao cálculo de calendários, do qual resultou um manual extremamente competente, o *De ratione temporum*; devemos a ele o uso amplo de um calendário com base no ciclo lunar metônico de dezenove anos, tendo preparado uma tabela de datas de Páscoa com ciclo de 532 anos. E foi Beda quem primeiro usou como data inicial o nascimento de Cristo, seguindo os cálculos completados em 525 pelo monge Dionísio, o Breve. Graças a Beda, consagrou-se a expressão *Anno Domini* (ano do Senhor) para designar nossa era. Beda também se interessava pelas marés, pois eram um acontecimento notável em Jarrow e Wearmouth, duas cidades situadas junto à boca de rios que desaguavam no Mar do Norte. Observou que a altura das marés dependia não só das fases da Lua, como também de condições locais. Beda, em conjunto com Cassiodoro e Isidoro, representa o labor enciclopédico, que resgatou o conhecimento astronômico e cosmológico da Antigüidade para os primeiros séculos da Idade Média.

O chamado Renascimento Carolíngio marca uma nova era. Carlos Magno (768-814) torna-se imperador de quase toda Europa ocidental e revela-se um soberano magnânimo. Promove os estudos em seus vastos domínios, cerca-se de sábios famosos, e ele próprio procura completar sua instrução, aprende o grego e fala latim fluentemente. Não é para menos que, no início do

9 PLATÃO. *Timeu*, 38.

século nono, o poeta Moduíno de Autun proclama: "Os nossos tempos se transformaram na civilização da Antigüidade. Roma áurea renasceu e foi restaurada para o mundo".[10] Dentro desse *renovatio* e *reparatio*, como os intelectuais da corte de Carlos Magno e de seus sucessores imediatos descreviam sua época, os seguidores de Beda, Alcuíno de York (735-804) e, posteriormente, o alemão Rabano Mauro (776-856) emprestam livremente de todos os enciclopedistas anteriores e constituem um corpo de saber sem equivalente nas fases anteriores da Idade Média. Carlos Magno nutre grande paixão pelas *artes liberais* e em particular pela Astronomia, o que deu grande impulso ao estudo dessa disciplina em sua época e nos reinados de seus sucessores. Um documento representativo desse momento é o manuscrito, ricamente ilustrado, conhecido como o *Aratea*, que se encontra agora na Biblioteca da Universidade de Leiden. O *Aratea* é uma cópia de um tratado astronômico e meteorológico baseado no poema Phaenomena do poeta grego Aratus (c. 315-240/39 a.C.). O *Phaenomena*, em forma poética e sem afetação, informa uma audiência geral a respeito dos fenômenos celestes; inspirou a *arte* astronômica desde sua composição até o Renascimento. O texto do *Aratea* é uma tradução latina de Claudius Caesar Germanicus, composta no início do século I com base no original grego. Essa tradução é complementada por trechos de uma segunda versão do poema de Aratus, realizada no século IV por Rufius Festus Avienus. As trinta e nove miniaturas que ilustram o *Aratea*, representando as constelações, as estações e os planetas, constituem o que há de mais precioso nesse livro. A ilustração final do *Aratea* é a mais extraordinária de todas. Trata-se de um esquema representando a configuração dos planetas contra o referencial do zodíaco, segundo o modelo geo-heliocêntrico. Lua, Sol, Marte, Júpiter e Saturno orbitam em torno da Terra, e Mercúrio e Vênus, em torno do Sol. A posição dos planetas corresponde à data de 28 de março de 579,[11] o que permite datar o original no qual se baseou a confecção da ilustração.

Uma figura extremamente importante desse período é João Scoto Erígena (c. 815-877), também proveniente da 'orla céltica' (Scoto significa escocês

10 SAVAGE-SMITH, Emilie. *The Leiden Aratea*. London: Equinox, 1997. p. 5.

11 EASTWOOD B. S. Origins and contents of the Leiden planetary configuration (Ms. Voss. Lat. Q.79, fol. 93v), Viator, v. 14, p. 1-40 (1983).

ou irlandês, e Erígena, nascido em *Erin*, ou Irlanda). Trabalhando em Paris, Erígena traduziu do grego vários livros, entre eles os escritos do pseudo-Dionísio, trazidos para o Ocidente em 827. Seu conhecimento do grego permitiu que lesse várias obras nesse idioma, e, em especial, a Patrística grega. No seu *De divisione naturae*, Erígena expõe sua Física, Cosmologia e Astronomia. Em conformidade com o esquema da harmonia das esferas, estabelece a relação entre os diâmetros dos orbes celestes e os tons das escalas musicais. A relação dos raios dos orbes da Lua, Sol e estrelas fixas com relação ao raio terrestre, 3:7:13, não é encontrada em nenhuma referência prévia, como Plínio, Martianus ou Censorinus, e indica que Erígena tinha à sua disposição outras fontes inéditas, possivelmente gregas. A Física de Erígena é baseada nos elementos universais ou *católicos*, o que permite que discuta as variações das cores dos planetas em termos do fogo que queima nas regiões celestes inferiores, mais densas, e que ilumina sem calor nas regiões superiores, onde os raios solares apenas iluminam com uma tonalidade pálida, fria. Ao explicar desse modo as variações dos matizes dos planetas, Erígena expande o sistema de Heráclito, fazendo girar em torno do Sol (que gira em torno da Terra) não só Mercúrio e Vênus, como também Marte e Júpiter. Somente Saturno não gira em torno do Sol. Saturno e as estrelas fixas habitam as regiões superiores e sua luz é pálida, fria e constante. Já os demais planetas oscilam entre regiões densas, quando são enrubescidos, e regiões elevadas, sutis, quando empalidecem. O Sol encontra-se no ponto de equilíbrio entre as regiões leve e densa e sua luz é dourada, nem rubra nem pálida. Nunca antes de Tycho Brahe, nenhum astrônomo levou tão longe o modelo geo-heliocêntrico quanto Erígena.

O redespertar da Astronomia observacional

Os astrônomos europeus da Alta Idade Média faziam apenas observações muito rudimentares. Não havia instrumentos astronômicos no sentido próprio da palavra. Os únicos instrumentos com uma utilização mais próxima da astronômica eram alguns tipos de relógios de sol. Uma ilustração do século X de São Galeno mostra um monge observando uma estrela através de

um longo tubo, mas este servia apenas para fixar a sua vista em uma particular estrela.

O principal da Astronomia observacional durante a Idade Média foi realizada no mundo islâmico, em centros como Bagdá, Cairo, Toledo e Samarkand, onde grandes instrumentos eram construídos em posições permanentes. De fato, para uma compreensão correta do desenvolvimento da Astronomia medieval européia, tanto sob o aspecto observacional como sob o teórico, teríamos que nos referir ao imenso desenvolvimento e originalidade da Astronomia islâmica, cuja extensão e sofisticação excedem de muito o escopo do presente ensaio.[12] Em torno do ano 1000, graças à maior regularidade do contato dos europeus com o mundo islâmico, várias aquisições da Astronomia islâmica passam a ser transferidas para a Europa cristã. Essa 'orientação' da virada do milênio teve como protagonista Gerbert de Aurillac (c. 930-1003, após papa Silvestre II, 999-1003), que, cansado da penúria em que se encontrava o estudo do *quadrivium* nas terras centrais da Europa cristã, foi visitar monastérios espanhóis em busca do conhecimento das matemáticas. Lá tomou contato com várias obras da Astronomia islâmica, além de conhecer um novo e engenhoso instrumento, o astrolábio plano, descrito por astrônomos muçulmanos do século IX e tornado conhecido em latim graças a um curto tratado do beneditino Hermann de Reicheneau (1013-1054). O astrolábio consistia em um disco (*mater*), sobre o qual se encontrava uma mira, para determinar a altura dos astros, e um conjunto de discos (o *tympanon* e o *rete*), que funcionavam como uma calculadora, permitindo, por exemplo, o cálculo da hora e da data da observação astronômica. Graças a seu papel duplo de instrumento de observação e de calculadora, permitiu a solução de muitos problemas de Astronomia esférica e geodésica. A imensa popularidade do astrolábio é atestada pelas 1.500 espécies do período 1000-1700 preservadas em museus, assim como dos inúmeros tratados sobreviventes descrevendo seu uso.

12 Um panorama geral da Astronomia e da ciência islâmica durante a Idade Média pode ser encontrado em NASR, S. H. *Islamic cosmological doctrines*. Bath: Thames and Hudson, 1978; e NASR, S. H. *Science and civilization in Islam*. Cambridge: The Islamic Texts Society, 1987.

O astrolábio incendiou uma revolução instrumental que varreu a Europa. Havia agora observações astronômicas resultando em valores numéricos para as posições dos planetas. Desse modo, percebeu-se a necessidade de um conhecimento dos movimentos planetários e o Ocidente encontrava-se pronto para absorver a Astronomia islâmica. Adelardo de Bath traduziu as tábuas astronômicas de al-Khwarizmi para o latim, junto com seus *Canones*, ou manuais de uso. Mais ou menos no mesmo tempo, as famosas *Tábuas de Toledo* foram traduzidas e adaptadas às longitudes de várias localidades européias, como Marselha, Londres e Toulouse. Essas tábuas deram à Astronomia européia uma sólida base, visto que se tornou possível computar posições planetárias em um dado instante e comparar com as observações. Não existia ainda um conhecimento dos modelos sobre os quais as tábuas se baseavam e, portanto, o próximo passo consistia na reconquista da Astronomia teórica.

Seguindo a tradução do *Almagesto* no século XI, uma série de manuais elementares dirigidos para o astrônomo observacional apareceram no século XII. Um divisor de águas é encontrado em Johannes de Sacrobosco (John de Holywood), o astrônomo inglês que ensinou Astronomia em Paris de 1220 a 1236 e que escreveu um *Tractatus de sphaera*, um *Computus* e um *Algorismus*, que, juntos, formam uma coleção de textos límpidos, adaptados às necessidades do estudante de *artes liberais*. O primeiro dá elementos de Astronomia esférica; o segundo, uma introdução ao *Computus*; e o terceiro, uma exposição da realização das operações aritméticas com algarismos árabes.

O *Sphaera* é dividido em quatro livros. O primeiro trata da esfera celeste, da sua revolução, da forma esférica da Terra, da sua posição imóvel no centro do universo. O segundo livro trata do equador celeste e da eclíptica; das constelações e dos signos; do meridiano e da altitude do pólo; da divisão da Terra em zonas geográficas ou 'climas' pelos trópicos e círculos polares. O livro três descreve o nascer e o ocaso dos corpos celestes; a duração do dia e da noite em diversas épocas e 'climas'. Tudo isso é um material excelente e, contudo, o livro quatro, tratando do movimento do Sol, Lua e planetas, e da teoria dos eclipses, deixa a desejar. Desse modo, havia a necessidade de suplementar o *Sphaera* com um manual mais detalhado de Astronomia teórica. Muitos manuais de Astronomia teórica apareceram no século XIII, o mais amplamente utilizado foi o anônimo *Theorica planetarum*.

O *Theorica planetarum* começa com uma exposição da teoria de Hiparco do movimento do Sol, seguida pelas teorias ptolomaicas da Lua e dos planetas exteriores. Em seguida vêm os capítulos do movimento de Vênus e Mercúrio, dos movimentos diretos e retrógrados dos planetas. Os vários modelos geométricos são descritos com brevidade, porém cuidadosamente; importantes definições são feitas com clareza. Menos bem sucedidas são as seções finais sobre o movimento em latitude, eclipses, o uso de tábuas astronômicas e aspectos planetários. O autor parece ter esgotado nesse ponto seus recursos, e caberá a outros astrônomos tratar desses assuntos. Desse modo, um corpo de Astronomia medieval foi-se constituindo gradualmente, freqüentemente reunido no mesmo códex, fornecendo tudo o que havia sido desenvolvido até então.

Assim, o *computus* de Robert Grosseteste para um período de 76 anos, terminando em 1296, ao chegar a essa data foi suplementado com um calendário algo melhor, devido a Petrus Philomena de Dácia (Peter Nightingale), e calculado em Paris, em 1292. Por volta dessa época, as *Tábuas de Toledo* foram substituídas pelas novas *Tábuas alfonsinas*, que permaneceram em uso por 300 anos. A característica mais marcante dessa época, contudo, foi a voga de novos instrumentos astronômicos. Assim, o 'velho quadrante' descrito na volumosa enciclopédia dos *Libros del saber*, compilada em Toledo pelos astrônomos do rei Alfonso X, era conhecido na França na primeira metade do século XIII, mas na virada do século foi suplantado pelo 'novo quadrante' inventado pelo astrônomo judeu Jacob ben Mahir (Profatius Judaeus) em Montpellier, e divulgado no mundo latino por Peter Nightingale. Trata-se de uma engenhosa combinação de quadrante e astrolábio, os circulos do astrolábio estando embutidos no quarto de círculo do quadrante.

Diversos calculadores para fins astronômicos foram desenvolvidos de modo a evitar o cansativo trabalho com tábuas astronômicas e cálculos manuais. Trata-se do *equatorium* ou *volvella*, que foi construído em grande variedade de tipos desde 1270 e que permitiu obter a longitude de um planeta por meios mecânicos. Com esse fim, al-Zarqali já havia construído o *azafea*, e o primeiro instrumento desse tipo no Ocidente foi o *theorica planetarium*, de Campanus de Navarra. Tratava-se de um computador analógico, onde o movimento de um planeta era decomposto em círculos de metal, conforme o modelo de epiciclos e equants de Ptolomeu. Campanus tinha que construir um instru-

mento especial para cada planeta, cada instrumento compreendendo três conjuntos de círculos inteiramente graduados. Em 1292, Peter Nightingale inventou o *semissae*, um único instrumento que servia para todos os planetas. O mesmo princípio foi seguido posteriormente por astrônomos como Johannnes de Lineriis em Paris e por Geoffrey Chaucer. Um grande número de *volvellae* está presente nos museus, e esses instrumentos representam um importante papel no desenvolvimento do conceito de universo mecânico.

Nesse sentido, uma das mais importantes invenções das últimas décadas do século XIII é o relógio mecânico, que, além de contar o tempo, é um instrumento astronômico e desempenha o papel de modelo cosmológico. Um exemplo típico é o grande relógio de Saint Albans, construído por um dos primeiros relojoeiros da Europa, o abade Richard de Walligton (? -1349), que, além de dar as horas, exibe uma grande variedade de fenômenos astronômicos. Extremamente afamado foi o italiano Giovanni de Dondi (1318-1389), cujos relógios astronômicos são obras-primas de virtuosismo mecânico e engenhosidade astronômica. Os relógios mecânicos tinham que ser ajustados regularmente com o auxílio de um relógio de sol. Isso explica por que a antiga arte do relógio de sol espalhou-se na esteira do relógio mecânico, dando origem a uma imensa literatura sobre a gnomônica entre os séculos XIII e XVIII. Os primeiros relógios eram usados como marcadores de tempo somente dentro do âmbito público ou doméstico e não para propósitos científicos. Relógios precisos surgiram apenas no século XVII, quando Galileu, Huygens e outros introduziram o pêndulo como padrão de tempo, separado do resto do mecanismo, que servia apenas para fornecer energia suficiente para manter as oscilações e para acoplá-lo aos ponteiros.

Enquanto seus colegas islâmicos dispunham de grandes observatórios, mantidos pelos monarcas, os astrônomos europeus realizavam suas observações em suas próprias casas, em geral com instrumentos muito menores. Um dos primeiros registros de observações sistemáticas foram aquelas realizadas por um astrônomo anônimo de Roskilde, Dinamarca: em 1274, ele mediu a altitude do Sol ao meio dia em cada dia do ano, por meio de um astrolábio. Os dados foram utilizados para o cálculo do comprimento do dia (usando a trigonometria mais recente, emprestada dos árabes), que era anotado diariamente. A maior parte dos calendários medievais posteriores, como os de Peter Nightingale e Guilherme de Saint-Cloud – ele próprio um preciso

observador – seguiram esse procedimento. Ocasionalmente, grandes instrumentos eram construídos, tais como o grande setor com o qual, em 1318, Johannes de Muris determinou o equinócio vernal em Evreux; ele tinha um raio de 5 metros em um arco graduado de 15 graus.

Uma inovação, na esteira dessa revolução observacional, são as observações de eclipses solares usando a câmara escura. Atribui-se a Bacon o mais antigo relato conhecido sobre a câmara escura, que engenhosamente demonstra como utilizá-la para a observação de eclipses solares:

> "Um dia, quando o sol estiver eclipsado, desejarias, sem danos para os teus olhos, observar todo o eclipse, saber quando ele começa, quais são a sua grandeza e duração? Observa a passagem dos raios solares por algum buraco redondo e olha com atenção o círculo iluminado que estes raios perfazem no local onde incidem. Quando vires um defeito na redondeza deste círculo de um certo lado, saberás que neste momento e do lado oposto a claridade do sol desaparece; com efeito, no momento em que, no círculo iluminado, o redondo começa a desvanecer, então o sol começa a ser eclipsado do lado do Ocidente; do mesmo modo, quando cresce a redondeza do círculo iluminado, o eclipse decresce; e há proporcionalidade entre as grandezas dos dois efeitos; tantos dígitos[13] do diâmetro do sol são eclipsados, tantos dígitos somem do diâmetro do círculo iluminado que o raio solar, depois de haver atravessado o buraco redondo, desenha no local onde ele incide." [14]

Como veremos mais abaixo, é ainda possível que Roger Bacon tenha desenvolvido uma luneta simples mais de três séculos antes de Galileu; porém com as lentes esféricas disponíveis na época, as imagens seriam muito imperfeitas e o instrumento, se disponível, provavelmente nunca foi utilizado para propósitos astronômicos.

13 Na Idade Média, a totalidade de um eclipse era medida dividindo-se o disco do sol ou da lua em dez partes (os "dígitos") e, em seguida, determinando-se a cada instante a extensão, em dígitos, da região obscurecida.

14 DUHEM, Pierre. *Le systéme du monde.* Paris: Librarie Scientifique Hermann, 1954. v. 3. p. 505.

Físicos *versus* matemáticos

No século XIII temos, graças à voga de novas traduções, um novo Aristóteles; ao Aristóteles dialético, acrescenta-se o Aristóteles físico, o metafísico e o ético da *Ética a Nicômaco*. Além disso, esse novo Aristóteles não chega só, porém acompanhado dos comentadores árabes, sobretudo Avicena e Averróis, que parecem conduzi-lo a regiões muito afastadas do cristianismo. A reação eclesiástica é desencadeada e o século XIII é marcado por uma série de ataques antiaristotélicos. Em 1210, o ensino da *Física* e da *Metafísica* de Aristóteles é proibido na universidade de Paris, sendo a interdição renovada pela Santa Sé em 1215 e 1228. Na realidade, as interdições foram letra morta; os livros proibidos continuavam presentes nos programas universitários. Ao mesmo tempo, dois grandes dominicanos – Alberto Magno e Tomás de Aquino – conciliam em suas obras Aristóteles e as Escrituras. Quando a construção tomista parecia ter resolvido a crise entre fé e razão, surgem os averroístas. Alguns mestres da faculdade de Artes da Universidade de Paris, com Siger de Brabante e Boécio da Dácia à frente, ensinam as mais extremadas teses do Filósofo – Aristóteles torna-se o Filósofo por excelência – como apresentadas por Ibn Ruchd, que é o Comentador, pura e simplesmente. Eles defendem a doutrina da dupla verdade:

> "uma que é da revelação... outra que não é senão da simples filosofia e da razão natural. Quando se produzir um conflito, diremos então simplesmente: eis as conclusões às quais conduz minha razão enquanto filósofo; porém, visto que Deus não pode mentir, me uno à verdade que nos foi revelada e me ligo a ela por meio da fé".[15]

Além disso, os averroístas ensinam a eternidade do mundo – o que nega a criação – e rejeitam ser Deus a causa eficiente das coisas, mas somente a causa final, e negam a presciência dos eventos futuros. O bispo de Paris, Étienne Tempier, desde 1270 vinha atacando não só os averroístas, mas também Tomás de Aquino, embora este quisesse guardar distância daqueles. Após a morte de São Tomás (1274), é lançada uma grande ofensiva contra o aristote-

15 LE GOFF, Jacques. *Os intelectuais na Idade Média.* São Paulo: Brasiliense, 1988. p. 89.

lismo, que culmina com a condenação, em 1277, pelo bispo Étienne Tempier, de 219 proposições aristotélicas e de outras doutrinas, entre elas cerca de vinte proposições relacionadas aos ensinamentos de Tomás de Aquino. Esta lista provocou vivas reações. Assim, os dominicanos a ignoraram, e, logo após, Tomás de Aquino passa de suspeito de heresia a santo, com sua canonização. Um mestre secular da faculdade de Teologia, Godofredo de Fontaines, conduz uma crítica detalhada da lista e pede a exclusão de artigos absurdos, que impediriam o progresso científico.

A lista de condenações do bispo Étienne, contudo, representa um marco na história da ciência, pois assinala que os tempos estavam maduros para se considerar a possibilidade de físicas não-aristotélicas. A lista ainda demonstra também o modo como argumentos quase-teológicos foram freqüentemente usados pelos críticos medievais de Aristóteles para mostrar que a onipotência de Deus implica que muitas das asserções aristotélicas não seguem necessariamente. Assim, Nicole Oresme apresenta o cenário do universo infinito como plausível, argumentando que negá-lo implicaria negar a onipotência divina.

Em Oxford, a leitura de autores como Maimônides tem como efeito a restrição da autoridade de Aristóteles, enquanto Avicena e Avicebron marcam sua presença na continuidade de uma tradição platônica que durante séculos alimenta a crivagem entre o pensamento inglês e o continental, este com pólo em Paris e seu racionalismo. Além disso, a chegada de Aristóteles às Ilhas se deu com muito mais tranqüilidade do que no continente. Roger Bacon lamenta a proibição, durante um longo tempo em Paris, da *Metafísica* e de livros sobre Ciências Naturais. Em Paris, o Estagirita encontrou tamanha hostilidade que, quando houve sua aceitação, esta se caracterizou como uma 'vitória', a oposição acabou por se reverter em aristotelismo inflacionado. Em Oxford, o rumo das coisas foi outro. Lá, a ausência de um confronto inicial com uma hostilidade ostensiva permitiu que o Aristóteles britânico ganhasse dimensões bem mais moderadas.

A batalha no campo da Teologia entre as frentes aristotélicas e anti-aristotélicas é acompanhada por um embate similar na ciência. Assim, no século XIII, com Aristóteles – não só o Filósofo, mas também o Físico – explode o conflito entre os *matemáticos*, astrônomos que haviam desenvolvido modelos geométricos artificiais, baseados no esquema ptolomaico com seus deferentes, epiciclos, excêntricos e equants, e os *físicos*, que descreviam o

universo baseados na Física de Aristóteles, com uma cosmologia de esferas celestes homocêntricas. A Física do Estagirita exige que os movimentos celestes sejam puramente circulares e que se realizem em torno de um centro único, o centro do Mundo; em conseqüência, os epiciclos estão proibidos. É também uma Física dupla: os corpos celestes somente possuem movimento de rotação, pois é o único pelo qual permanecem em coincidência consigo mesmos; já os corpos terrestres podem ser deslocados, por um 'movimento violento', do seu lugar 'natural' e assim estão sujeitos a todo tipo de movimento.

O interesse tanto em Astronomia teórica como observacional a partir do século XII já havia suscitado uma série de questões epistemológicas a respeito da natureza dos teorias astronômicas, e surgiu a aguda necessidade de uma teoria planetária. Os matemáticos do século XIII conseguem descrever as observações astronômicas com precisão em termos astronômicos, mas não possuem uma Física, enquanto que os físicos possuem a Física de Aristóteles, mas os modelos que constroem para representar os movimentos dos planetas são inferiores aos dos matemáticos. Como tantas das aquisições da Astronomia medieval ocidental, esse conflito foi herdado dos astrônomos islâmicos. Em seu grande manual *De astronomia libri IX* (traduzido por Geraldo de Cremona), o astrônomo sevilhano Jabir Ibn Aflah (início do século XII) criticava diversos pontos de Ptolomeu: sua geometria era imperfeita; ele introduzia o ponto de equant sem especificar suas estações; muitos de seus parâmetros numéricos estavam errados; ele colocava Mercúrio e Vênus acima do Sol, mas deveria tê-los colocado abaixo. Contudo, a Astronomia de Ibn Aflah ainda seguia a linha geral do *Almagesto*, que ele descrevia como um 'dom de Allah'.

Um ataque mais radical a Ptolomeu veio do filósofo andaluz Ibn Ruchd (1126-1198), o Averróis latino ou o 'Comentador'. Ibn Ruchd não se preocupa com observações astronômicas, mas tenta provar que os excêntricos e epiciclos da Astronomia ptolomaica eram inconsistentes com a Física aristotélica. A única Astronomia permitida pela Física aristotélica era aquela em que os movimentos dos planetas eram decompostos em esferas concêntricas. De fato, o único sistema de esferas concêntricas bem definido foi elaborado por Al Bitruji de Córdoba (c. 1100-1185), o Alpetragius latino. Seu principal trabalho, o *De motibus coelorum*, foi traduzido por Michael Scotus em 1217. Seu sistema planetário tinha muito em comum com a teoria de Eudoxo de Cnido, onde se tenta reproduzir o movimento dos planetas através de esferas con-

cêntricas girando uniformemente em torno de eixos com inclinações diversas. Embora esse modelo satisfaça a Física de Aristóteles, suas previsões observacionais são inferiores às do modelo de Ptolomeu, e em particular os movimento retrógrados não são ajustados de modo satisfatório. Na Europa medieval, o averroísmo gerou uma série de tratados atacando o sistema de Ptolomeu, por vezes com suporte do sistema de Al Bitruji. Raramente os autores são astrônomos profissionais e o argumento central é que o sistema ptolomaico é absurdo, pois desrespeita a física aristotélica. Uma notável exceção é *De reprobatione eccentricorum et epiciclorum*, do astrônomo Henrique de Hassia (ou Langestein, 1325-1397).

Cabe ao astrônomo decidir o embate entre físicos e matemáticos. E é ele que *vê* a falência da Física aristotélica: os céus não são as esferas homocêntricas que ela exige. A partir do preciso astrônomo de Paris, Bernardo de Verdun (fl. segunda metade do século XIII), da Ordem de São Francisco, a aceitação do sistema de Ptolomeu é total: este dá conta dos movimentos planetários que são vistos de fato. Como Bernardo de Verdun demonstra em *seu Tractatus super totam Astrologiam*, o sistema de Al Bitruji falha miseravelmente em explicar simultaneamente: 1) as variações de velocidade dos planetas; 2) a variação do diâmetro aparente da Lua; 3) as condições para os eclipses lunares; 4) a variação de tamanho aparente dos planetas superiores, em especial a de Marte; 5) a variação de tamanho aparente dos planetas inferiores, em especial a de Vênus. Munido da 'imaginação dos modernos', emprestada às *Hipóteses planetárias* de Alhazen, Bernardo de Verdun verifica que o sistema de Ptolomeu salva todos os fenômenos astronômicos. Deve-se perceber que a adoção do esquema ptolomaico é o contrário da sedimentação de preconceitos: é um ato de valorização do conhecimento observacional. O próprio Copérnico, ao construir seu sistema, onde a Terra gira em torno do Sol central ao mesmo tempo que as órbitas planetárias são compostas por deferentes e epiciclos, é, a um só tempo, heliocêntrico e ptolomaico.

Uma decorrência das críticas a Aristóteles são as novas concepções dos filósofos da Baixa Idade Média a respeito da extensão do universo. A visão dominante era do universo como uma esfera finita fora da qual nada existia – nem mesmo espaço vazio. O primeiro a romper com esse cenário parece ter sido Thomas Bradwardine (c. 1290-1349), um dos mais importantes membros da Escola de Merton, um grupo de estudiosos do Merton College, Oxford, que

entre 1320 e 1350 se dedicaram ao estudo da Mecânica, o que os levou a uma clara distinção entre Cinemática e Dinâmica. Na cosmologia de Bradwardine, a esfera celeste mais exterior era limitada não pelo nada, mas pelo espaço vazio infinito. Isto é um afastamento da noção aristotélica do espaço como uma entidade preenchida por matéria. Oresme adotou o cenário de espaço infinito de Bradwardine, seguindo a seguinte linha de raciocínio: a última esfera gira em torno do seu eixo com o período de rotação de um dia sideral. É possível imaginar que esta esfera possa ter uma excrescência em algum ponto. Como esta excrescência participa da rotação, devemos admitir um espaço exterior, que por vezes é preenchido com matéria (quando passa a excrescência), mas que geralmente está vazio. Ora, não há evidência desta excrescência no céu mais elevado, mas esta objeção pode ser respondida com o argumento de que Deus, em Sua onipotência, poderia ter criado o mundo deste modo, embora de fato ele não o tenha feito. Negar a possibilidade de um espaço vazio fora dos céus, portanto, implica rejeitar a onipotência de Deus. Ademais, Deus é Ele mesmo infinito e está presente em toda parte no universo. Um universo finito, portanto, parece incompatível com o infinitude de Deus.

O conceito de universo infinito não teve aceitação ampla durante a Idade Média. No século XV, contudo, ele ganhou um aliado de peso em Nicolau de Cusa (1401-1464). Nicolau de Cusa assinala, em seu *De docta ignorantia*, a necessidade da Matemática para todos tipos de conhecimento, inclusive os teológicos. Além disso, estava convencido de que a Ciência Natural não deveria ser fundamentada somente na experiência, mas também em experimentos quantitativos, os únicos que forneceriam dados numéricos para a descrição matemática da natureza. Em sua cosmologia, adotou o cenário do universo infinito desenvolvido por Bradwardine e Oresme, embora ele indique Eckhart como seu primeiro expoente. No *De docta ignorantia*, assinala que o mundo é uma unidade inteiramente abarcante, em que tudo está em tudo. De onde segue, conclui, que o universo não tem um centro fixo, imóvel. Não se pode dizer que o mundo seja infinito, mas é indefinido, porque não tem fronteiras. Assim, a Terra não é o centro do universo e nem é imóvel. Nicolau de Cusa considera a Terra meramente como uma 'estrela nobre', nem o centro do Universo e nem em posição miserável. Sustenta também que um observador, colocado sobre o Sol, a Lua ou outros planetas, veria o universo girando em torno dele. Foi Nicolau de Cusa quem popularizou o dito hermético de que 'o universo é uma esfera cujo centro está em toda parte e cuja circunferência está em parte alguma'. Desse modo, Nicolau de Cusa é o principal defensor, no século XV,

do que se conhece hoje em dia como o 'princípio cosmológico', ou seja, do conceito de que o universo tem a mesma aparência visto de qualquer um de seus pontos.

Já na Idade Moderna, o próprio Copérnico hesita em considerar o universo como infinito. Em seu sistema heliocêntrico, as esferas fixas estão em uma esfera de grandes dimensões (cerca de 20.000 raios terrestres), porém finita. Cabe aos seguidores mais ousados de Copérnico romperem a esfera das estrelas fixas. Um dos pioneiros dos espaços infinitos é Thomas Digges, que no *A perfit description of the caelestial orbes*, de 1576, afirma que "o orbe das estrelas fixas se estende esfericamente na altitude infinitamente para o alto". Mais tarde, o Universo infinito é louvado por Giordano Bruno (1548-1600), mas não é aceito por Galileu. Foi Newton quem tornou o universo infinito aceitável aos cientistas na forma do seu 'espaço absoluto', que supunha existir independentemente dos corpos materiais – uma visão diametralmente oposta à aristotélica.

Óptica, a ciência física fundamental e base da Astrofísica

O século XIII conhece um entendimento inteiramente novo de ciência. O pioneiro desse movimento é o inglês Robert Grosseteste (c. 1175-1253), que em Oxford inaugura a ciência experimental. Seu aluno, o franciscano Roger Bacon (c. 1214-1292), que adquiriu de seu mestre um ardente entusiasmo pela *scientia experimentalis*, prossegue a obra de Grosseteste.

Grosseteste considera a Óptica como a ciência física básica. Devedor a Alhazen do conceito dos raios luminosos, estudou o comportamento destes: raios visuais diretos, refletidos e refratados e a formação do arco-íris. Aliás, as numerosas obras escritas por estudiosos desse período sobre o arco-íris testemunham o fascínio exercido pelo tema. É a atração por um aspecto da luz mais qualitativo que a sua propagação ou intensidade: a cor. Trabalhando com a concepção aristotélica, o tratado *Sobre a cor* define a cor como luz incorporada ao meio transparente, *lux incorporata perspicuo*. Se o meio transparente é puro, a luz permanece muito clara: é a cor branca. Se é impuro, a luz se rarefaz e temos o negro. Explicam-se os sete tons do arco-íris como variações

de intensidade (*remissio*), que resultam de três variáveis: quantidade de luz (*lucis multitudo*), brilho (*claritas*) e pureza do meio translúcido.[16]

As divisões da Óptica, ou perspectiva, segundo Robert, são três. A primeira refere-se à visão e a segunda, aos espelhos. A terceira parte, por sua vez, trata da formação de imagens por lentes e espelhos, um assunto "intocado e desconhecido entre nós até o tempo atual. Contudo sabemos que Aristóteles completou essa terceira parte" – o nosso Aristóteles (o histórico?) com certeza não fez nada disso – "e que é muito mais difícil em sua sutileza e muito mais maravilhosa em seu profundo conhecimento das naturezas do que as outras partes. Essa parte da Óptica, quando bem entendida, nos mostra como podemos fazer com que coisas situadas a grandes distâncias pareçam estar muito perto, e coisas grandes e próximas pareçam muito pequenas; e como podemos fazer pequenas coisas colocadas à distância parecerem tão grandes quanto quisermos, de tal forma que nos é possível ler as menores letras a uma distância incrível, ou contar grãos, sementes ou qualquer espécie de objetos diminutos".[17]

Esse trecho do *Sobre o arco-íris ou sobre refração e reflexo*, além de descrever lentes de aumento e de diminuição, nos faz pensar se Grosseteste não conheceria o telescópio que, como se costuma considerar, só apareceria três séculos mais tarde, ainda mais que Roger Bacon volta a insistir nesse tema:

> "Então podemos dar formas a corpos transparentes e arranjá-los de tal maneira, com respeito à nossa vista e aos objetos de visão, que os raios se curvarão do modo que desejarmos e no ângulo que quisermos; poderemos ver o objeto perto ou à distância. Assim, poderemos ler as menores letras a uma incrível distância (...). Poderíamos também fazer, aparentemente, com que o sol, a lua e as estrelas descessem até aqui embaixo".[18]

16 BAUR, Ludwig. Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste. In: BAEUMKER. *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*. Münster, 1912. v. 9. p. 78.

17 THORNDIKE, Lynn. *History of magic and experimental science*. New York: Columbia University, 1958. v. 2. p. 441.

18 RONAN, Colin A. *História ilustrada da ciência – Universidade de Cambridge*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. v. 2. p. 142.

Ao continuar a leitura do *Sobre o arco-íris*, a noção de refração faz sua aparição quando Grosseteste, prosseguindo, explica "como essas maravilhas ocorrem": as imagens são formadas pela quebra do "raio visual", enquanto ele passa através de meios de diversas naturezas. Robert também esclarece que a grande distância não faz um objeto invisível, mas estreita o ângulo sob o qual ele é visível. Isso ele ilustra por experimentos (*per experimenta*). Novamente, seu tratado sobre os cometas menciona

> "aqueles que experimentaram que pela intromissão de uma figura transparente entre o espectador e o objeto visto é possível que a coisa pareça multiplicada e que grandes coisas pareçam pequenas e vice-versa, de acordo com a forma do objeto transparente interposto".

Estes trechos são uma indicação bastante segura de que alguma forma de lente de aumento já fosse conhecida. De fato, sabe-se que óculos para miopia já estavam em uso pelo menos no final do século XIII.[19]

Entre os entusiastas com a Óptica está Guilherme de Saint-Cloud, que compôs tabelas astronômicas baseadas em suas próprias observações durante o período de aproximadamente 1285 a 1321, nas quais detectou erros nas tabelas anteriores de Thabit, Toulouse e Toledo. Esse astrônomo parisiense, após falar dos poderes das lentes e dos espelhos, tais como os de Arquimedes, aqueles pelos quais César viu a Bretanha das praias da Gália, e aquele com o qual Sócrates descobriu um dragão no ar, diz:

> "Estas maravilhas e muitas outras foram realizadas nos tempos antigos, não por artes mágicas, como disseram alguns que são ignorantes dos segredos da natureza e do engenho científico, mas somente pela força da natureza e auxílio da arte." [20]

Talvez a qualidade das lentes da época não permitisse que a concepção do telescópio fosse concretizada, mas vemos, pelos relatos de Grosseteste e de Bacon, que mestre e discípulo conduziam ou pelo menos conheciam uma série de experimentos com reflexão e refração.

19 THORNDIKE. Op. cit. p. 441-442.
20 Idem, p. 668.

O projeto de Grosseteste era matematizar a descrição da natureza como um todo, por meio do ramo mais desenvolvido da Física-Matemática, que era a Óptica geométrica. Tal projeto alimenta a noção da Filosofia natural como uma disciplina essencialmente matemática e da natureza como uma estrutura matemática. Daí decorre uma Física única regendo os fenômenos terrestres e celestes, uma Física da luz, que funda portanto uma Astrofísica. Prosseguindo além da Física, Grosseteste, como filósofo, elabora uma 'metafísica da luz' baseada nas leis da propagação luminosa.

A concepção aristotélica de um cosmo dividido – dois domínios estritamente separados, de um lado os céus incorruptíveis, e de outro, o mundo sublunar sujeito à geração e à corrupção – apesar de retomada em diversos trechos das obras dos 'ópticos', refletindo o forte impacto da descoberta de Aristóteles no pensamento escolástico, é debilitada ou acaba mesmo sendo anulada pelo reconhecimento da luz como princípio de conexão de todas as coisas. Aqui vemos a influência direta, sobre esses autores, das idéias de Alhazen. Este é tanto o astrônomo que busca dar uma realidade física ao sistema de Ptolomeu, imaginando um engenhoso sistema de coordenação entre orbes sólidos, como o óptico que explica as leis da reflexão e da refração e os mecanismos da visão; e o astrônomo e o óptico se aliam no cosmólogo que faz da luz a responsável pela transmissão das forças de um céu para outro e destes para o ambiente terrestre, assim assegurando a unidade da estrutura do edifício cósmico.

Essa Astrofísica da luz constitui uma das dimensões de uma doutrina da Luz, uma 'luminologia', que faz sua aparição no século XIII, elaborada por um Robert Grosseteste, por um Alberto Magno, por um São Boaventura.[21] Nesse século, em contraponto aos cátaros e albigenses, que afirmavam a existência positiva de um Mal no mundo, surge um novo otimismo cristão, cujos campeões, Guilherme de Auxerre, Felipe, o Chanceler da Universidade de Paris, Guilherme de Auvergne, elevam a Beleza até o plano dos Transcendentais, onde ela vai-se reunir ao Bem e à Verdade. Guilherme de Auxerre inaugura,

21 Sobre as condições de época nas quais se desenvolveram as doutrinas medievais da luz, cf. DE BRUYNE, Edgar. *Estudios de estética medieval.* Madrid: Gredos, 1958. v. 3.

na *Summa aurea*, a estética "sapiencial"; Alexandre de Hales é o primeiro, depois de Hugo de São Vítor, a consagrar, em sua *Summa*, um tratado à beleza do mundo. O Medievo passa a conhecer uma estética própria, que se distingue daquela da Antigüidade por deslocar sua atenção das proporções para o esplendor. É o que se pode chamar uma estética da Luz, que transparece em toda arte que se faz nesse momento. Na arquitetura das catedrais góticas, a chama é o modelo da sua verticalidade, e o vitral realiza a transmutação da pedra em luz. Na literatura, na canção e no romance, verso e prosa tornam-se tanto brilho abrasador como nimbo suavemente luminoso; toda cor merece ser cantada, quer a da flor, quer a da ferida fatal. São diversificadas as tendências da luminologia medieval. Na deriva mística, Tomas de Verceil aspira a perder-se *in pelago lucis inaccessibilis*, no oceano de luz inacessível, luz que ele identifica com Deus. O ponto de vista mais exclusivamente teológico e metafísico é expresso por Alexandre de Hales, por Alberto Magno, por Ulrico de Estrasburgo. Já Roger Bacon, Witelo e Dietrich de Friburgo tratam a luminologia como ciência natural, dimensão à qual vem se acrescentar a cosmológica, tão brilhantemente desenvolvida por Grosseteste, como veremos a seguir.

A cosmologia da Luz

Robert Grosseteste, bispo de Lincoln, chanceler da Universidade de Oxford, apesar de ser o único secular dentro de uma cadeia de ousados franciscanos que ensinam nesse centro, decisivos para a vida intelectual medieval, não deixa de ter afinidades com a ordem de São Francisco, ao formular, durante a primeira metade do século XIII, aliando fontes pitagóricas gregas e árabes à elaboração teológica do tema da criação, uma 'luminologia', que inaugura uma Física-Matemática ao mesmo tempo que fundamenta uma Estética. A noção pitagórica de *harmonia* alimenta uma apreensão cristã do caráter sagrado da natureza, acabando por desenvolver um quadro que, por um lado, oferece ao olhar os andaimes matemáticos das coisas e, por outro, é a visão de um cosmo que é belo e santo. Nele reúnem-se duas dimensões da luminologia medieval, a da Física-Matemática e da Ciência Experimental, e a da Noética e da Estética.

Usando, de um lado, a noção de 'forma' tal como a entende a *Física* de Aristóteles, a saber, como princípio de determinação e de existência atual para todo ente, e, por outro lado, o tema da 'corporeidade' presente nas cosmologias de Avicena e de Avicebron para especificar a determinação primordial de todo corpo, o tratado *De luce* de Grosseteste anuncia, logo de saída: "A forma corporal primordial, aquela que se chama corporeidade é, em minha opinião, a luz." [22]

A extensão é a primeira determinação imposta à *materia prima*, até então absolutamente informe. A luz, com sua propriedade de difusão universal, aparece, de um modo imediato, como geradora da extensão:

> "A luz, com efeito, difunde-se por si mesma em todos os sentidos, de sorte que, a partir do ponto luminoso, uma esfera de luz tão grande quanto se queira, encontra-se subitamente engendrada, a menos que um corpo opaco lhe coloque obstáculo."

E a primeira ação da corporeidade consiste em estender-se em três dimensões:

> "Quanto à corporeidade, é o que tem por conseqüência necessária a extensão da matéria segundo três dimensões. Ora, consideradas em si mesmas, corporeidade e matéria são ambas substâncias simples, privadas de toda dimensão. Como, portanto, uma forma, ela própria simples e desprovida de toda dimensão, poderia penetrar por toda parte uma matéria igualmente simples e desprovida de dimensão? Foi necessário que esta forma se propagasse ela mesma, que ela se espalhasse instantaneamente em todo sentido e que, por sua difusão mesma, ela dotasse a matéria de extensão (...). Foi necessário que esta forma fosse a luz, como propus."
>
> "Propagar-se ele mesmo e difundir-se imediatamente em todo sentido é obra própria de um princípio que, ou é a luz ou, participando da luz, está operando por si mesmo. Ou a corporeidade é a luz mesma ou, quando ela realizou esta obra e introduziu as dimensões na matéria, ela o fez porque participa da luz. Mas, se a primeira forma introduziu as dimensões na matéria, não é possível que seja em virtude de uma forma que

22 BAUR. Op. cit. p. 51.

viria em seguida. A luz, portanto, não é forma consecutiva à corporeidade, ela é a própria corporeidade." [23]

Seguindo Isidoro e Avicena, Grosseteste faz a distinção entre *lux*, luz de fonte, e *lumen*, luz irradiada, difundida. No *De luce* encontramos *lux*, dita luz primordial, como a forma-ato do corpo primordial, *lumen* aplicando-se àquele fluxo luminoso que se difunde a partir do corpo primordial.[24] A principal discriminação, anunciada no *De luce*, é aquela entre a simplicidade da luz primordial, *lux*, e a complexidade acrescida da luz irradiada, *lumen*, que emana da esfera primeira. Contudo, Grosseteste se permite um certo intercâmbio no emprego dos termos *lux* e *lumen*. Uma distinção estrita estaria reservada a autores posteriores, tais como Alberto Magno e São Boaventura.[25]

A laboriosa cosmologia de Grosseteste, tal como exposta no *De luce*, repousa toda sobre a estrutura luminosa do universo. O próprio espaço é gerado pela luz, em virtude de sua propriedade de expansão formadora. A formação da matéria informe pela luz gera a esfera primordial do Firmamento, o céu-limite sem estrelas. Na cosmogênese de Grosseteste, graças a seu poder de engendramento infinito de si mesma, a luz confere à matéria uma extensão total e regular em forma de esfera. Assim se constitui o corpo primeiro, o Firmamento, composto unicamente de matéria-prima e da forma primordial, a luz.[26]

Após essa expansão primeira, já produzido o Firmamento, a luz segue um caminho inverso e reflete-se no centro da esfera primeira. Proveniente do corpo primordial, a luz, *ipsum lumen*, se agrega numa massa que, permanecendo subordinada ao corpo primeiro, aparece no centro. No seio dessa massa produzem-se condensação e rarefação, das quais a primeira esfera está isenta. Assim se constitui, no interior desta, uma segunda esfera. A luz, que na esfera primeira é simples, torna-se, uma vez engendrada pelo corpo primordial, duplicada.[27]

23 Idem, ibidem.

24 Idem, p. 54.

25 ALBERTO MAGNO. *De anima*, II, tr. 3, cap. 8; BOAVENTURA. *In primum librum Sententiarum disputata*, d. 17, p. 1, q. 1.

26 BAUR. Op. cit. p. 54.

27 Idem, p. 55.

Esse processo, que já constituiu a segunda esfera, aquela das estrelas fixas, por modo de massa de densidade acrescida (*molem densiorem*), se repete para produzir, sempre por modo de massa condensada (*molem adhuc densiorem*), uma terceira esfera. Isto continua até a nona esfera, a menor de todas. No interior desta, cuja massa é produzida sempre por condensação diversificante (*congregatio disgregans*), aparecem os quatro elementos. Esta esfera inferior, a esfera da Lua, engendra também a luz e constitui uma massa que lhe é inferior e que sofre variações de densidade. Desse modo, produzem-se aqui o fogo, ali o ar, depois a água e por fim a terra. No total, treze esferas: nove celestes, incorruptíveis, estáveis, quatro inferiores, as que envolvem o meio humano imediato, inacabadas, suscetíveis de aumento e sujeitas à geração e à corrupção.

"Vê-se, em conseqüência, que todo corpo superior é, para o corpo que lhe é subordinado, pois engendrado pela luz difundida pelo corpo superior, perfeição específica, *species et perfectio*." [28]

"Do mesmo modo que a unidade é virtualmente todo número que dela decorre, também o Firmamento, corpo primordial, pela geração multiplicadora da sua luz, é todo corpo que é engendrado." [29]

A luz é perfeição específica de todos os corpos. Aquela dos corpos superiores é mais espiritual, mais simples; aquela dos corpos inferiores mais corporal, duplicada, *magis corporalis et multiplicata*. Ademais, todos os corpos não são da mesma natureza específica, tal como a série dos números, que não possuem a mesma forma específica, mesmo que provenham de uma maior ou menor multiplicação da unidade.[30]

Para os 'luminólogos', o movimento de propagação não é nem 'mutação' nem alteração da matéria, nem mudança local mais ou menos lenta, mas é chamado de 'multiplicação'. Sua Física não é a de Aristóteles, cujo ponto de partida é o movimento, mas pitagórica, que reconduz o movimento ao seu princípio, o *arithmos*. De onde decorre a descrição numérica da propagação da luz em lugar da aristotélica em termos de variações (*diversa*).[31] A proprie-

28 Idem, p. 56.

29 Idem, p. 55.

30 Idem, p. 56.

31 DE BRUYNE. Op. cit. p. 25-26; DUHEM. Op. cit. p. 351, 506.

dade de difusão universal da luz, pela qual ela se multiplica em todas as direções, faz dela, portanto, não só princípio constitutivo da corporeidade, mas também causa de todo movimento corporal. Retomando, com a cosmologia peripatética das esferas encaixadas, a teoria de sua coordenação dinâmica por meio do impulso vindo da esfera superior, Grosseteste diz que os corpos inferiores participam da forma dos corpos superiores. O corpo subordinado é receptivo do movimento que engendra aquela força motriz incorporal, pela qual o corpo superior é movido. A força incorporal da Inteligência (separada) ou da Alma que move a esfera primordial e suprema, causando a rotação diurna, comunica este movimento a todas as esferas celestes que lhe são subordinadas. Mas, quanto mais humilde o posto de uma esfera, mais a luz primordial torna-se nela impura e enfraquecida. Em resultado disto, menos ela participa do movimento em direção a Oeste – o movimento do 'mesmo' referido no *Timeu* – da esfera extrema e maior é o seu desvio rumo a Leste – o movimento do 'outro' –; a segunda esfera, a das estrelas fixas, apresenta este desvio como o secular deslocamento dos equinócios – representado, seja pela precessão de Hiparco, seja pelos avanços e recessos, seja pela "trepidação" de Thabit[32] –, as esferas mais abaixo, como os períodos dos planetas, desde Saturno, que completa sua revolução em 29 anos e meio, até a Lua, cuja órbita define o mês. Desse modo, ao se chegar às esferas dos elementos, embora elas participem da forma do primeiro céu, seus movimentos não guardam mais relação direta com o impulso motriz primordial, visto que, por um lado, elas detêm a luz primordial somente sob uma forma bastante impura e esmaecida e, por outro lado, sua matéria é densa e princípio de resistência e insubmissão.[33]

As esferas celestes, sendo acabadas, não são suscetíveis de condensação e de rarefação. Nelas, a luz não provoca a tendência centrífuga, que rarefaz a matéria, nem a centrípeta, que a condensa. Os corpos celestes não são sujeitos ao movimento para cima ou para baixo. Somente um movimento circular lhes é imposto.[34]

O tratado *Sobre o movimento corporal e a luz* propõe, concordando com Avicena, a mesma doutrina: o movimento (local) dos corpos leves ou pesados

32 DUHEM. Op. cit. p. 382, 413.
33 BAUR. Op. cit. p. 57.
34 Idem, ibidem.

depende da forma corporal proveniente do céu. Se este se detivesse, nem os corpos leves nem os pesados poderiam se mover.[35]

Robert escreve no *De luce*: às esferas somente um movimento circular é impresso pelo agente intelectivo motor. Este comunica à esfera, do qual ele é pressuposto, uma rotação corporal, irradiando uma impulsão corporal em direção a ela.[36] Isso converge com o que vimos mais acima: o corpo superior é perfeição específica para o inferior, que ele engendra com sua luz irradiada. Essas duas afirmativas são esclarecidas por uma passagem da *Metafísica* de Alberto Magno, onde ele recorre aos 'astrônomos' para explicar as conjunções dos astros. Ele precisa que a conjunção verdadeira de duas estrelas ocorre quando a inferior vem se conjugar (*applicatur*) à superior, esta não se conjugando à inferior mas lhe conferindo a forma. É uma situação, escreve Alberto, de algum modo comparável ao encontro de duas Inteligências (separadas): aquela de posto subordinado conjuga-se com a superior, pelo fato de que ela traz (pelo agir desta) uma determinação, mas a superior não se conjuga à inferior, pois ela nada recebe desta e lhe dispensa a luz das formas universais que possui. Esse modo de conjunção é realizado (por cada esfera) até o Motor Primeiro. Este se dispensa em benefício de todos (os subordinados), sem nada deles receber; é por isso que se diz que ele não se conjuga com nenhum deles.[37] Com esses esclarecimentos, pode-se concluir que Grosseteste, ao conceber uma atração 'corpórea' (termo freqüentemente repetido) que, via luz, impõe ao corpo subalterno o movimento circular, aplica, em domínio físico, a noção, corrente em noética neoplatônica, da ação coordenadora e governadora que reina no mundo dos Intelectos separados.

Igualmente a Acústica se baseia nessa teoria da luz. A substância do som, assevera o *Comentário sobre os segundos analíticos*, é luz incorporada a um ar muito sutil.[38] Essa unificação da luz e do som numa mesma teoria ocorre dentro de uma perspectiva deliberadamente pitagórica, onde a Física é feita junto à Estética e o fundamento das coisas é reconhecido no número. Tanto

35 Idem, p. 90-91.
36 Idem, p. 58.
37 ALBERTO MAGNO. *Metaphysica*, XI, tr. 2, cap. 32.
38 BAUR. Op. cit. p. 53-54.

que Grosseteste prossegue, extraindo todas as conseqüências dessa doutrina, e conclui que a beleza é devida à "simplicidade pela qual a luz está em uníssono com a música, mais harmoniosamente ligada a si mesma pela razão da igualdade".[39] Assertiva decisiva, pois delimita uma Estética que se fundamenta numa Física. Se a contribuição do platonismo à Estética foi identificar o Belo com o Bem (o *Kallos kagathos*), agora a concepção do Belo é nutrida por uma outra estética, que desloca o olhar das Essências para a Substância, que vai ao encontro da *materia*, da substância do Belo. E esta substância é a Luz. Luz que é menos aquela que espreita o prisioneiro da caverna do que o 'receptáculo' com o qual o Demiurgo produz o universo. Esta massa de modelar mundos, além disso, não é sombria como no *Timeu*, mas é uma luz plástica e misericordiosa, cuja assinatura está nas auréolas que circunscrevem santas cabeças. A luz das teofanias luminosas é a luz pura do *Fiat Lux – lux* e não *lumen* –, luz primeira e não secundária, anterior à compartimentação interior-exterior.[40] É por isso que compõe o sagrado do templo a exclusão da luz ordinária, secundária, para que somente a luz primeira se aloje em seu interior, o que é obtido nas catedrais góticas com seus vitrais e, nas românicas, com sua escuridão. Além disso, no gótico, a substituição do módulo grego, da definição geométrica pelo ritmo, da simetria pela eurritmia faz companhia à doutrina da luz, que, ao tornar luminosa a estrutura 'invisível' das coisas, também torna musical a geometria.

Do ponto de vista cosmológico, duas propriedades fundamentais afetam a luz: seu poder de multiplicação e seu modo de propagação. A multiplicação da luz por si mesma é indefinida; não fosse assim, a luz não poderia dispor a matéria numa extensão tão grande quanto se queira. Contudo, Robert mostra, recorrendo a argumentos matemáticos, que esse poder indefinido acaba por gerar um mundo finito. Essa forma de conceber a geração do mundo, assegura o *De luce*, reencontra o pensamento dos antigos, que ensinaram que tudo se constitui de átomos, que os corpos se compõem de superfícies, estas de linhas e as linhas de pontos.[41]

39 Idem, p. 54.

40 Sobre a devoção piedosa dirigida aos fenômenos de teofania luminosa, cf. LEROY, Olivier. La lumière sur le lampadaire. *Revue du Carmel*, v. 3, p. 184-209, 1965.

41 BAUR. Op. cit. p. 51-53.

A propagação da luz é instantânea: *in omnem partem subito diffundere*. A expansão da luz dá-se em todas direções; a partir de um ponto, uma esfera luminosa, tão vasta quanto se queira, é gerada. Ao atravessar os corpos que ela penetra, a luz não os divide, pois ela transpõe instantaneamente (*subito*) a distância que separa o corpo do primeiro céu ao centro do mundo.[42]

Assim compreendida como princípio constitutivo do cosmo, a luz faz apelo logicamente a uma tese cara a Grosseteste: as Ciências Matemáticas são de extrema utilidade (*utilitas maxima*) não só para a apreensão e descrição da máquina do mundo, mas também como preparação para os estudos filosóficos e teológicos. Seu discípulo Roger Bacon tornaria a dizer a mesma coisa com mais paixão, pois, além de negar vigorosamente qualquer disputa *scientia-pietas*, afirmava ser impossível a Teologia sem as Matemáticas.

Os luminólogos medievais podem ser considerados descendentes dos estóicos, que também concebiam um *Unus Mundus*, com Céu e Terra não estritamente divididos, mas apenas apresentando condições diferentes, por vezes inóspitas, por vezes paradisíacas, por vezes letais. Isto torna plausível a viagem extraterrestre, uma possibilidade marcadamente não-aristotélica, visto ela violar a Física aristotélica. Deste modo, ao descrever a viagem celeste conservada no *In somnium Scipionis*, Cícero tem como fundamento a cosmologia do seu mestre, o estóico Posidonius. Por outro lado, podemos fazer recuar o horizonte da ciência moderna ao clima de unidade *ars-scientia-cosmologia-pietas* da luminologia medieval, pois a unidade do conhecer humano correspondia à unidade cósmica Céu-Terra, sendo a Física da luz a Física unitária comum aos seres terrestres e celestes. Em contraste com a Física aristotélica, que concebia movimentos naturais muito distintos para corpos celestes e corpos terrestres e que separava a Física e a Astronomia em domínios estanques, os luminólogos eram *astrofísicos*, pois acreditavam que as mesmas leis físicas se aplicavam a todo o universo. De fato, a Revolução Astronômica, que corresponde a um revolver secular que se inicia em Copérnico mas só se completa em Galileu e Newton, deveria ser chamada propriamente de Revolução Astrofísica, pois passamos a aplicar a mesma Física ao mundo celeste e ao mundo terrestre. As mesmas leis de movimento que animam os corpos nos

42 Idem, p. 51, 55.

experimentos de Galileu com queda livre e planos inclinados são aquelas responsáveis pela 'queda' da Lua em sua órbita em torno da Terra e dos planetas em torno do Sol, conforme a revolucionária concepção de Newton. Os avanços da Astrofísica andam em compasso com aqueles da Óptica. As leis do movimento são estudadas pelo mesmo Galileu que usa o telescópio para descobrir que Júpiter tem suas luas, e que a Via-Láctea é composta por estrelas. A lei da gravitação universal de Newton é concebida a partir da Óptica geométrica, que nos permite desenhar raios partindo de um centro emissor e identificar a intensidade da força atrativa do corpo com a densidade de linhas de força sobre uma superfície esférica; daí a intensidade da força gravitacional cair com o inverso do quadrado da distância. A primeira mensuração bem sucedida da velocidade da luz é feita por Roemer usando as posições dos satélites de Júpiter. É através de uma teoria de medidas de intervalos de tempo e espaço tendo como base a propagação da luz que, em 1905, nasce a Teoria da Relatividade Restrita. E a extensão desta, a Teoria da Relatividade Geral, juntamente com a descoberta da expansão do sistema das galáxias, permite o renascimento da Cosmologia no século XX, que poderíamos traduzir para Grosseteste ou Roger Bacon como o casamento de uma Teoria da Luz com aquela parte superior da Astronomia que tem por objeto o cosmo como um todo. Herdeiros do Sonho de Cipião, hoje fazemos viagens extraterrestres não só com o auxílio da imaginação mas também fisicamente, e vamos além, plantando astros artificiais nos céus, quer orbitando em torno da Terra, quer dizendo adeus ao Sistema Solar; concretizamos as maravilhas da luz através do *laser* ou dos telescópios que espreitam o universo quando este era jovem; servimo-nos da unidade da Física celeste e da Física terrestre, muitas vezes não a nosso favor, como quando transplantamos dolorosamente um processo que antes só acontecia no interior das estrelas, a fusão nuclear, para bombas nucleares. Em vista deste panorama, podemos considerar a Astronomia e, em geral, a ciência física que fazemos hoje em dia como a execução e explicitação de um projeto que foi iniciado faz sete séculos pelos astrofísicos-luminólogos medievais.

Bibliografia selecionada

CROMBIE, A. C. *Robert Grosseteste and the origins of experimental science*. Oxford: Claredon, 1953.

CROMBIE, A. C. *Augustine to Galileo*. London: William Hanemann, 1957.

DE BRUYNE, Edgar. *Estudios de Estética medieval*. Madrid: Gredos, 1958. v. 3.

DUHEM, Pierre. *Le systéme du monde*. Paris: Librarie Scientifique Hermann, 1954. v. 3.

LEWIS, C. S. *The discarded image*. Cambridge: Cambridge University, 1994.

MARKUS, R. A. *The end of ancient christianity*. Cambridge: Cambridge University, 1998.

PEDERSEN, Olaf. *Early Physics and Astronomy*. Cambridge: Cambridge University, 1996.

RONAN, Colin A. *História ilustrada da ciência – Universidade de Cambridge*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. v. 2.

SEZNEC, J. *The survival of the pagan gods*. Princeton: Princeton University, 1972.

STAHL, W. H.; JOHNSON R.; BURGE E. L. *Martianus Capella and the seven liberal arts*. New York: Columbia University, 1991.

THORNDIKE, Lynn. *History of magic and experimental science*. New York: Columbia University, 1958. v. 2.

THURSTON, Hugh. *Early Astronomy*. Springer, 1996.