

CULTURA E TÉCNICA

FOLHAS DE ACOMPANHAMENTO DO SEMINÁRIO DE HUMANIDADES

IST / OUTUBRO-DEZEMBRO 2003

INTENÇÃO:

Estas folhas destinam-se a apoiar as sessões seminariais, permitindo aos participantes dispor de um texto contendo os principais temas propostos. Não têm carácter exaustivo ou aprofundado, constituindo apenas um estímulo e uma sistematização para a reflexão e debate.

ELEMENTOS DE HISTÓRIA DAS IDEIAS E DAS TÉCNICAS

Em todas as épocas da evolução da Humanidade se estabeleceram relações entre a inteligência humana e a Natureza, tentando compreendê-la, e entre a inteligência e a Natureza, tentando modificá-la. Num enquadramento do humano enquanto social, estas relações podem considerar-se por um lado como o fundamento da Ciência e da Filosofia, e por outro como o fundamento das Técnicas e das Artes. Estas relações, de modo nenhum estanques entre si, formam um complexo a que se pode dar o nome de Cultura.

CULTURA

Se bem que em termos antropológicos a palavra esteja associada, conforme os autores e as épocas, tanto a um conjunto de “relações” (escolas funcionalistas, estruturalistas) como a um conjunto de artefactos típicos de uma sociedade (escolas etnológicas e antropológicas) - devendo então nessa perspectiva falar-se mais de “culturas” no plural, mais do que “cultura” como um fenómeno de carácter global - os filósofos do séc. XIX puseram a tónica no carácter geral e fundamental do termo (“Kultur”, “Culture”) ou até levando-o a representar uma concepção elitista, uma condição superior do gosto e dos conhecimentos (p.ex. em Mathew Arnold).

É ainda em grande parte esta última noção a que está mais difundida fora dos meios científicos: “cultura” é um grau elevado de percepção e fruição das criações do espírito humano na literatura, nas artes e no conhecimento em geral. Assim, neste sentido usual mas restrito, a cultura é “cultura letrada”, “cultura dos homens cultos”... Também neste sentido se pode então falar de “sub-culturas” - cultura

musical, cultura científica, cultura desportiva, - sendo hoje corrente, até, falar-se de uma “cultura de empresa” - significando isso uma capacidade de apreender e dominar todos os aspectos relevantes daqueles domínios restritos e dos seus valores.

TÉCNICA E TECNOLOGIA

À capacidade de intervir sobre o mundo físico, transformando-o de acordo com as necessidades através da aplicação do engenho e do conhecimento, deram os gregos o nome de “Tekne”, e os romanos o nome de “Ars”. Em qualquer dos casos, “tekne” ou “Ars” designavam um estágio de capacidade de intervenção superior à simples actuação primária executada por escravos ou trabalhadores sem qualificação.

A técnica implica sempre um encadeamento de saberes, uma convergência de experiências e aptidões, que pode ser transmitida e que é permanentemente acrescentada.

O estudo e aplicação dessa cadeia de saberes, convergindo numa dada acção técnica é uma “tecnologia”.

É exactamente o carácter transmissível, criado e desenvolvido socialmente que faz da técnica um elemento da cultura. As técnicas não nascem por si mesmas, não são qualquer coisa que está latente e se vai descobrindo: as técnicas são criações culturais, nascem dentro do complexo cultural de cada época, e ao mesmo tempo ajudam a configurá-lo. As ideias e as técnicas estão, em cada momento da História e em cada sociedade, inteiramente ligadas - e, se essa noção é essencial para compreender o passado, é igualmente necessária para compreender o presente e pressentir o futuro.

ARTE

Se a designação específica de “artista” caracterizando um indivíduo dedicado às actividades estritas do domínio da emoção e dos valores estéticos é relativamente recente, podendo associar-se ao período Romântico do séc. XIX, a natureza dessas actividades é, desde sempre, um sinal de cultura. Dos tempos pré-históricos (Madalenense, Solutrense...) aos nossos dias, e em todas as latitudes, a necessidade de exprimir emoções, criar formas materiais,

A COERENCIA CULTURAL ATRAVÉS DA HISTÓRIA

Ciência, Literatura, Artes, Economia, comportamentos sociais, educação, aspirações individuais e colectivas, formas da conflitualidade e da regulação social, apresentam-se historicamente como indissociáveis. Há uma coerência geral entre todos aqueles aspectos e valores, ainda que por vezes, episodicamente, ela pareça estar falhada. Expressar emoções, criar formas materiais, organizar sons, ritmos, gestos, palavras, ambientes carregados de significado para além da sua mera função utilitária são actividades que se manifestaram como “Artes” - e o estudo da sua História é uma componente essencial na formação de uma pessoa “cultura”.

Mas enquanto representam a aplicação de conhecimentos para o fim da realização das suas manifestações ou obras, as Artes exigem em maior ou menor grau a presença das técnicas. Também aqui, as técnicas se manifestam com pleno direito como parte integrante do complexo cultural.

A TÉCNICA COMO PRODUTO E FACTOR DE CULTURA

Saber “fazer”, implica saber “como e porquê” fazer. Gradualmente, e sobretudo a partir de um período da História que se estudará mais tarde nestes apontamentos, a necessidade de conhecimentos para fins úteis, aplicados, apoia-se no desenvolvimento dos conhecimentos procurados sob o impulso de uma vontade de compreender o Mundo, de o explicar racionalmente, devido apenas à natural e humana necessidade de satisfação intelectual. Mas, de modo algo simétrico, a técnica conduziu a uma disponibilidade de meios instrumentais, uma acumulação de experiências concretas, uma formulação de novos problemas de ordem prática sugerindo ou exigindo novos avanços científicos, permitindo novos meios de expressão e comunicação e criando novos envolvimentos económicos e sociais que, inevitavelmente, reconfiguram o complexo científico e cultural. E isso aconteceu em cada época Histórica, tal como está a acontecer, de forma manifesta, nos nossos dias.

É uma função da História e do trabalho dos historiadores detectar e procurar explicar essa coerência, não para permitir uma extrapolação ou predição de evoluções futuras, mas para atingir uma certa “sabedoria” que permita entender o presente, e fundamentar atitudes perante a natureza aleatória do futuro.

Nesse sentido, o estudo da História das Técnicas é um ponto de partida para uma compreensão larga da História quando articulada com o estudo do enquadramento formado pelo conjunto de atitudes, esforços intelectuais de compreensão do

Mundo e de vontade de o mudar, criações e expressões artísticas, a que se usa dar o nome de História das Ideias.

É uma introdução a esta abordagem o que se pretende com estes apontamentos, que têm um carácter simplificado e esquemático. É ao mesmo tempo um desafio para que os participantes neste seminário se apercebam da riqueza do património legado pelos séculos, sobre o qual se edifica a nossa sociedade contemporânea e se entreveem os caminhos possíveis do futuro - e se acostumem a reflectir sobre ele. Desenvolvem-se então estas notas ao longo de um certo número de ciclos temporais definidos no contínuo do tempo histórico, de certo modo arbitrariamente, mas julgados convenientes para uma apresentação introdutória sem pretensões de profundidade académica.

1 - PRIMORDIOS E ANTIGUIDADE

A Arqueologia tem podido esclarecer o modo pelo qual as técnicas elementares dos primitivos nómadas (fogo, instrumentos de pedra polida, vestuário de peles) deram lugar às técnicas correspondentes à primeira fase da sedentarização (agricultura, cerâmica, metalurgia do cobre e do ferro) e depois à fase de civilização urbana (têxtil, vidro, tijolo...).

A emergência de uma vida urbana, com um modo de produção em que se diferenciam claramente as aptidões e se formam excedentes de produtos, associada à criação da escrita, permitiu o comércio organizado - numa primeira fase ainda baseado na troca directa, isto é, sem recurso à moeda.

As primeiras civilizações técnicas tem como ponto de partida geográfico o Médio Oriente e o Mediterrâneo oriental; partem daí a metalurgia do cobre, do ouro e da prata, do chumbo e do ferro; o bronze e a sua fundição, cuja técnica se propagou até à China atingindo aí um elevado nível durante a época Hsia ('); a hidráulica, sobretudo desenvolvida na Mesopotâmia, encontrou no Egipto um importante lugar de aplicação com o estudo e aproveitamento do regime de cheias do Nilo. As técnicas da construção, fundamentalmente dirigidas à edificação dos grandes edifícios e templos, registam dois avanços fundamentais: o tijolo, que evolve a partir do simples adobe, de barro seco ao Sol; e o corte da pedra em pedreiras, e não simples recolha de pedras soltas.

A exploração de pedreiras de calcário é relativamente simples, dado que a pedra se dispõe em camadas facilmente destacáveis. Mas para cortar blocos de granito ou diorite os Egípcios criaram uma técnica que perdurou por muitos sécu-

los: executar nas linhas de corte filas de furos regularmente espaçados, e inserir neles cunhas de madeira seca, que ao ser molhada, dilatando-se, causava a separação do bloco. O uso de cunhas metálicas, ou “guilhos”, percutidos até à separação do bloco, é uma técnica posterior. O transporte e colocação em obra de grandes blocos de pedra era feito por arrastamento ao longo de rampas temporárias, de terra ou areia, à força de braço.

As capacidades práticas desenvolvidas durante as que se podem chamar “as primeiras civilizações técnicas” estão na base dos primeiros avanços no sentido da criação de uma abordagem “científica”, ainda que a intenção que move esses avanços não coincida totalmente com a noção de um pensamento “científico” tal como hoje é geralmente entendido. A necessidade de medir distâncias e volumes, contar objectos e mercadorias afim de os negociar ou impor tributações, medir tempos e estabelecer prazos, levou a um progressivo desenvolvimento de métodos matemáticos aplicados à hidráulica, à agrimensura e à contabilidade. O estabelecimento de calendários e a previsão de acontecimentos cíclicos, como as cheias, conduziu ao aperfeiçoamento da observação astronómica.

O intuito da busca destes conhecimentos foi marcadamente utilitário, deixando a busca da explicação última dos fenómenos e da sua lógica para a zona do “mito”, da narrativa e da crença religiosa. A astrologia, por exemplo, origina-se na Mesopotâmia como explicação mítica e fantasiosa de uma visão cósmica, construída sobre os conhecimentos astronómicos limitados então possíveis.

É, porém, importante retirar da consideração das primeiras civilizações técnicas uma ideia importante: o progresso da civilização e o avanço das ciências, em todas as épocas, tem origem na necessidade humana de se relacionar com o ambiente, e o conhecimento científico apoia-se, finalmente, sobre os meios proporcionados pelas técnicas, superando as limitações próprias destas.

Questões a explorar:

- *É a técnica, motivada pela necessidade de resolver os problemas concretos, anterior à necessidade de compreender a natureza do Mundo circundante?*
- *Sendo a necessidade da expressão individual e colectiva comum a todas as civilizações e povos, é o desenvolvimento das técnicas diferenciado pelas condições e enquadramento ambiental?*

- *Está o carácter sedentário associado ao aparecimento das primeiras cidades na base do desenvolvimento das tecnologias, em contraponto com o nomadismo recolector? Se sim, que reflexões pode isso induzir para o mundo de hoje?*
-

2 - A ANTIGUIDADE CLÁSSICA

O vasto conjunto de saberes de base e intuito utilitários acumulados pelas primeiras civilizações técnicas constituiu a base sobre a qual a cultura grega clássica veio a construir sucessivas visões do Mundo, já com carácter científico, ao mesmo tempo que recolhia aqueles saberes para os aplicar praticamente.

É vulgar a ideia de que o mundo helénico, a Grécia “clássica”, se elevou ao nível impressionante de criatividade e rigor filosófico e científico de que todo o Ocidente se tomou herdeiro, praticando um frio desprezo pelas actividades de carácter técnico. Não é uma visão correcta.

É certo que os gregos não privilegiavam a “techné”, no sentido do que na Idade Média se chamavam as “artes mecânicas”, o trabalho manual, atribuindo um maior prestígio ao conhecimento lógico, discursivo e especulativo. No entanto, tinham em alta estima a “métis”, ou “inteligência prática”, que os romanos designam por “sollertia” - a esperteza, a inventiva, a capacidade de encontrar soluções engenhosas para os problemas.

E é sobretudo a perfeita concordância entre o desenvolvimento do pensamento racional, do estudo das leis, da observação inteligente dos fenómenos e dos princípios gerais para lá da simples acumulação de casos particulares, e a excelência de muitas técnicas durante o período áureo do “milagre grego” que mostra a “métis” em acção. É, de certo modo, a prefiguração do que se viria a dar mais tarde com o Renascimento - uma ligação estreita entre ciência, técnica e cultura.

O período de florescimento das técnicas gregas foi relativamente curto, e caracterizado por aquilo que hoje se designaria por “tecnologias de ponta”, o que deve também ser motivo de reflexão; com técnicas correntes pouco diferentes das herdadas das civilizações pré-clássicas, coexistiram refinados desenvolvimentos que se podem atribuir exactamente à emergência de um espírito científico aplicado à prática.

No séc. VI, ainda timidamente, na escola Jónica, com Tales de Mileto, uma ciência associada à técnica que viria a atingir o seu auge com Architas e Arquimedes, começou a germinar até declinar, depois, no séc. III.

A exploração das minas do Laurion permitiu uma abundância de metal, e a evolução dos processos de mineração chegando ao conhecimento “geotécnico” das jazidas e à exploração por poços e galerias no séc. V foi um dos feitos técnicos da grande época. Vem depois as invenções de instrumentos: a serra de arco, e o torno, atribuído a Teodoro de Samos - um engenheiro, escultor, arquitecto e fundidor, que prefigura os homens do Renascimento com as suas múltiplas capacidades. A técnica de corte e transporte de pedras para a construção desenvolveu-se na Grécia com um grande avanço sobre as práticas egípcias; nomeadamente a substituição de colunas monolíticas por colunas em tambores sobrepostos permitiu a construção de templos em locais difíceis. O engenho levou a conceber o envolvimento dos blocos semi-aparelhados na pedreira por blocos de madeira cintados de ferro, permitindo rolá-los da pedreira até à obra: as caneluras eram executadas já com os blocos sobrepostos na sua posição definitiva. O rigor exigido para a perfeita execução dos projectos deveu-se, manifestamente, aos conhecimentos de geometria que os matemáticos gregos desenvolveram.

Tais conhecimentos estão patentes como uma necessidade, por exemplo, na construção do túnel para adução de água a Samos, pelo arquitecto Eupalinos - o túnel tinha 1100 metros, e o seu erro de fecho foi de poucos metros, exigindo apenas uma pequena inflexão; é um resultado notável, se se atender aos meios instrumentais então disponíveis.

O urbanismo conheceu, sobretudo na Hélade jónica, um surto de experiências tendendo a racionalizar traçados e funções; Hipodamos de Mileto, incidentalmente também um grande cultor das ciências naturais segundo o testemunho de Aristóteles, corporiza bem a intenção de aplicar a lógica e a geometria ao traçado citadino; são-lhe atribuídos os planos de Mileto, Thurii, Rodes e Pireu. Parece, no entanto, que várias cidades colónias de Mileto já tinham planos com traçados regulares anteriores a Hipodamos.

Foi em Alexandria que tomou forma o último fulgor da ciência e da técnica helénica. O rei Ptolomeu Soter promoveu a Biblioteca, organizada por Demétrio de Falera e em tomo deste mecenato desenvolveu-se um complexo de ciências e tecnologias reunindo nomes como Euclides, na geometria, Herófilo e Erasístrato, na medicina, Eratóstenes na geografia e na cosmologia, Estratão e sobretudo Aristarco, e depois o jovem Arquimedes, mais tarde fixado em Siracusa, na física e na mecânica. A chamada “escola de Alexandria” representa a culminação do esforço

de convergência da experimentação, da busca da racionalidade científica, e da utilização prática, na Antiguidade Clássica. E a “escola de mecânicos de Alexandria” criada por um famoso mas enigmático Ctesíbios, seguido depois por Fílon, tornou-se o que hoje se chamaria um “centro de excelência”, desenvolvendo-se aí uma quantidade de engenhos e técnicas no campo da hidráulica, da pneumática, da óptica, da construção de autómatos e de máquinas militares.

A emergência do mundo Romano, em termos de História das Técnicas, representa um lento retomar dos conhecimentos Alexandrinos, mas de um modo estritamente prático e utilitário. É reduzida a participação propriamente Romana na inovação tecnológica; podem apontar-se, talvez, a cúpula abobadada, a vidraça nas janelas, a balança assimétrica, as velas de cera, a adubação química. Mas o arco com aduelas era já uma criação grega, atribuível a Diodoro de Sicília; e quase todas as outras inovações atribuídas aos romanos foram importações a partir de práticas e conhecimentos de povos conquistados. Os romanos foram, sem dúvida, “alunos aplicados e observadores cuidadosos”; mas sobretudo, magistrais aplicadores. Os textos técnicos latinos são sobretudo compilações de saberes adquiridos, mas em que não abundam as inovações ou se encontra a busca de explicações teóricas características da literatura técnica helénica. A exceção é a literatura sobre as técnicas agrícolas, em que sobressaem Varrão e Columella, e a fama de Cneius Scrofa cuja obra não chegou até nós.

É Vitruvius o autor que melhor ilustra a abordagem romana às técnicas: recorrendo substancialmente aos autores e às ideias, nomeadamente da Escola de Alexandria, fez o seu Tratado acumulando de forma heteróclita assuntos relativos à Architectura, às artes e instrumentos militares, à Administração e à Hidráulica. O mais significativo avanço nas técnicas da construção devido à inventiva prática romana é o “betão”. As argamassas de cal e areia já eram conhecidas pelos gregos; a introdução da “pozzuolana”, permitiu formar um betão ou massa composta por areia, pedra britada e “pozzuolana” que endurece mesmo debaixo de água, ao contrário da argamassa de cal e areia que endurece apenas ao ar livre. O betão assim formado permitiu aos romanos a construção de fundações e blocos ou paredes, ou a construção portuária, em condições nunca antes obtidas.

A expansão do Império romano, com as suas exigências militares comerciais e administrativas, obrigou ao desenvolvimento de uma vastíssima rede viária, incluindo a frequente necessidade de vencer obstáculos com pontes. As estradas romanas, permitindo a circulação de carros, e as pontes solidamente construídas perduraram, em uso, por séculos e séculos; várias pontes romanas estão ainda em bom uso em Portugal, e não poucos traçados estradais são troços de itinerários romanos adaptados e melhorados.

Questões a explorar:

- *Assumindo que a Grécia clássica deu um contributo maior para a compreensão do Mundo pela ciência e pela filosofia, e mostrou uma maior inventiva técnica, e que a Roma clássica teve uma muito maior capacidade de aplicação e realização, tal diferença radica-se em circunstâncias históricas e geográficas (expansão imperial, necessidades militares...) ou essencialmente culturais (heranças do Oriente próximo, organização em cidades-estado, progressiva desvalorização do “mito” perante a “razão” inquiridora)?*
-

3 - A IDADE MÉDIA

Com a desagregação do Império romano e o declínio dos valores sobre os quais tinha sido edificado, e já longe dos esplendores da cultura grega clássica, a Europa entrou num tempo de turbulência política e social caracterizado pela fragmentação da noção de Estado e pela perda do conceito de cidadania herdado da ordem romana. Os povos nórdicos, os “bárbaros”, de origens diversas e em ondas sucessivas ocuparam o espaço da romanidade, e assimilando muito embora alguns aspectos jurídicos do mundo romano implantaram uma forma de vida e de cultura em que os valores associados à condição humana e à liberdade e individualidade cívica não eram já valores fundamentais. A cristianização, já começada com a conversão de Constantino, veio trazer uma valorização dos aspectos da transcendência espiritual, da Fé como superior à razão, da desvalorização das coisas “mundanas” em relação às da ordem do divino e favorecer por aí a emergência do clero como classe particularmente apta a conduzir e interpretar esses novos caminhos da civilização. Ao mesmo tempo a economia, ao perderem-se por abandono as vias de comunicação e ao reduzir-se a moeda em circulação ao mesmo tempo que o espaço geográfico entre as povoações se tornou perigoso através do banditismo e das lutas entre os senhores feudais, entrou numa fase de estagnação e de autarcia local.

A Europa assim fragmentada entrou numa época em que o poder efectivo se repartia entre a classe senhorial e a classe clerical, mas esta é a única que detinha o acesso à cultura e ao pensamento, sobretudo a sua parte “monástica” ou conventual. Eram os conventos e as catedrais os lugares onde se conservavam os saberes herdados, e se produzia e transmitia o conhecimento erudito. Os saberes técnicos, ou “artes mecânicas”, eram transmitidos através do ensino directo de mestres a dis-

cíbulos, e validados depois pelas “corporações”, mas o ensino nas aulas conventuais e nas primeiras universidades não contemplava este nível, considerado menor.

A Ciência, como actividade prospectiva e interrogadora, sofreu uma quase completa obliteração durante os vários séculos aos quais se convencionou chamar “Idade Média”: a presença fortíssima do dogma e da teologia marcaram a actividade científica que, na ausência de estímulos, de meios instrumentais e de facilidades de circulação das ideias se concentrou nas abordagens filosóficas em torno da autoridade dos textos de alguns vultos da Antiguidade, sobretudo de Aristóteles. A esse exercício filosófico dá-se o nome de “escolástica”.

Não deve no entanto considerar-se inexistente a actividade do pensamento na Idade Média, sobretudo nos domínios da filosofia e da lógica: avultam aí S. Tomás de Aquino, com a monumental “Summa Theológica”, Duns Escoto, e até Pedro Hispano, que viria a ser Papa sob o nome de João XXI, que compôs as “Summulae Logicales” que serviram de manual a gerações e gerações de lógicos, como se lhe atribuíram investigações em torno das intervenções cirúrgicas nos olhos...

Uma economia fortemente autárcaica, dirigida, portanto mais à produção de bens e serviços destinados ao consumo imediato do que à troca comercial, não constituía o ambiente propício à inovação ou à sistematização dos conhecimentos técnicos. Estes eram transmitidos com base na experiência, através de um “saber fazer” adquirido gradualmente por entre erros e sucessos, e ensinado debaixo de um certo secretismo quando envolvia actividades de grande complexidade relativa: é o caso notório das artes da edificação das grandes catedrais cujo domínio era restrito aos que aprendiam com os “mestres da obra” e, ajuramentados, deles recebiam os “segredos” cuidadosamente guardados dos profanos. Esta organização corporativa e fechada tinha uma extensão europeia, e através de fronteiras e reinos os seus membros reconheciam-se por determinados sinais atestadores da sua pertença à grande ordem dos “pedreiros livres”, “franc-maçons” ou “freemasons”.

Os conhecimentos dos mestres construtores circulavam, portanto, dentro de um meio restrito, através de um intercâmbio de experiências e de resultados mais ou menos bem conseguidos, fortemente entrelaçados com um conjunto de elaborações de carácter místico e iniciático. Não se pode, portanto, falar em sentido estrito de uma “tecnologia” da construção vigente nesta época, e sim de um conjunto de práticas avulsas resultantes do que se poderia com algum rigor chamar um “experimentalismo ingénuo”. Esse carácter avulso mas atento e baseado numa sabedoria adquirida por entre êxitos e fracassos está bem patente nos cadernos de notas e apontamentos de Villard de Honnecourt, um “mestre da obra” do séc. XII - já no

declínio da Idade Média, portanto, quando o secretismo corporativo fazia menos sentido - no qual se explicam em maravilhosos desenhos muitos dos traçados, recomendações e modos de fazer próprios da arquitectura gótica tardia, misturados com engenhosas invenções e ideias que prenunciam já a inquietação mental do Renascimento a avizinhar-se.

Mas não pode compreender-se a transição para os tempos pós-medievais na Europa sem ter presente que nos dez séculos da Idade Média se conservou e desenvolveu, fora da Europa, no mundo árabe, uma riquíssima cultura científica e técnica, não só através da recuperação dos textos árabes mas também por uma criação própria e característica. Mais livre de constrangimentos teológicos, com menor peso de uma tradição própria, maior liberdade de circulação de ideias através de um vasto espaço relativamente unificado em termos políticos e com notável facilidade para assimilar influências e culturas, o mundo árabe antigo conseguiu atingir um nível técnico e científico surpreendente.

Uma evocação literária desta condição da técnica de construção medieval é muito bem conseguida no conhecido conto “A Abóbada”, de Alexandre Herculano! A figura de Mestre Ouguet é típica de um construtor “livre”, oferecendo os seus serviços, baseado numa certificação corporativa transnacional e iniciática. A construção de naves e abóbadas nervuradas e suportadas por arcobotantes própria da arquitectura gótica implicava um conhecimento parcialmente “instintivo” e baseado em receitas, que não era necessário à pesada arquitectura “românica” herdeira do modo de construção romano, em arcos de volta perfeita e espessas paredes de suporte. A análise das solicitações estáticas em que incorria a ousada arquitectura gótica, não podia ser feita em bases rigorosas ou sequer aproximadas porque faltavam os meios científicos para o fazer.

Os navios nórdicos, com a construção “trincada” dos cascos e armação “redonda” (velas rectangulares, perpendiculares ao eixo do navio), de que são exemplos bem conhecidos os “drakkars” Vikings e os navios mercantes hanseáticos e dos “cinq ports”, eram adequados à navegação nos mares europeus do Norte. Com eles se fez o comércio marítimo ao longo do litoral europeu, e foram mesmo as “barcas” nórdicas fretadas aos negociantes que permitiram as primeiras viagens portuguesas até ao Cabo Bojador. Para navegar a sul e voltar contra os ventos desfavoráveis foi necessário criar um tipo de navio baseado na tradição mediterrânica de construção com o casco liso e velas “latinas”.

As matemáticas, ao longo da Idade Média, passaram por um longo período de dormência, sem que se registasse qualquer criação significativa ou mesmo uma prática útil; as ciências da Natureza resumiam-se à repetição inverificada e incrítica dos ensinamentos dos Antigos. As práticas da produção de bens de utilidade corrente eram estritamente artesanais; no entanto, os artefactos de carácter artístico ou sumptuário atingiram na Idade Média níveis admiráveis: na pintura, na ourivesaria, nos tecidos. A esse nível não são estranhas as condições propiciadas pela necessidade de revestir de esplendor os actos e lugares litúrgicos, e por outro lado a emergência de uma classe “burguesa” (a dos habitantes não guerreiros nem eclesiásticos do “burgo”), que, com a gradual restauração dos Estados e atenuação do feudalismo no declinar da Idade Média acedeu à possibilidade de se cultivar, ter o gosto pelas artes, pela poesia e pela música (os jograis, os trovadores).

Há, no entanto, que considerar uma evolução tecnológica importante durante a Idade Média - a da construção naval, evolução que tem o maior significado pelo que veio a permitir no dobrar do séc. XIV para o séc. XV e depois no séc. XVI.

Com as velas triangulares “latinas” (a eixo do navio, que tornaram mais fácil a navegação “à bolina”, isto é, próxima da direcção do vento) a “caravela” suplantou a “barca” nórdica, e, munida de “Castelos” à proa e à popa, veio a evoluir para a “nau” e para o “galeão”, nos séculos seguintes. Mas o momento crucial de transformação deu-se na passagem do séc. XIII para o séc. XIV, permitindo as explorações e descobrimentos portugueses.

Nestes séculos do primeiro milénio DC a cultura grega declinante e dispersa acolheu-se em grande parte no próximo Oriente; no séc. V na Pérsia Sassânida as cidades de Edessa e Harran tornam-se centros de adaptação e tradução de textos gregos; Alexandria acolhe estudantes de todo o Mediterrâneo oriental; Gondeshapur no Sul do Irão torna-se um grande centro intelectual; o Império Gupta na Índia recebe influências gregas e integra-as na sua própria produção científica - pela conquista ou pela assimilação, o mundo árabe congrega todos estes valores, e a própria língua científica passa a ser o árabe “clássico”. Bagdad, o Cairo e Córdoba passam a ser os grandes polos para onde convergem sábios e práticos do engenho e da prática. Dos indianos recolhem-se as bases do cálculo e da numeração posicional com os sinais que hoje designamos por “árabes”, e o uso de letras para designar as incógnitas; dos alexandrinos e bizantinos, a tradição geométrica grega e os sistemas filosóficos, nomeadamente o Aristotélico; da China, o fabrico do papel, com todas as suas vantagens; da Mesopotâmia os conhecimentos de hidráulica e de observação astronómica. Avicena, que desenvolveu a sua actividade entre as cortes

de Isfahan, Boukhara e Samarkanda, representa claramente este espírito sintetizador da cultura árabe; mas é com Al-Khwarizmi (de cujo nome derivou a designação de “algarismo”!) e Al-Kyndi que se desenvolveu uma ciência matemática e astronómica propriamente árabe.

A agricultura teve, no mundo árabe, um desenvolvimento notável: ainda hoje são patentes entre nós os vestígios das formas de cultivo e infraestruturas agrícolas mouriscas!

A pujança da cultura científica de língua árabe acabou por se fazer sentir no Ocidente europeu e as traduções de textos do árabe para o latim mostram bem que a cultura muçulmana serviu de “intermediário” entre o mundo clássico e os novos tempos que correspondem ao declínio da Idade Média.

No séc. X, Gerbert d' Aurillac aprende matemática com árabes insulares, e traz consigo um “astrolábio”, até então desconhecido na Europa. A Catalunha, a Sicília, Toledo, pontos de encontro entre os dois mundos mediterrânicos, tornam-se grandes centros de tradução: com a ajuda de judeus, mais conhecedores da língua árabe, centenas de obras são vertidas para o latim; Adelard de Bath traduziu a “Aritmética” de Al-Khwarizmi; Gerardo de Cremona, só por si, traduziu oitenta obras em todos os domínios científicos, entre elas os “Elementos” de Euclides e o “Almageste” de Ptolomeu, cuja importância para o desenvolvimento da ciência na Europa é evidente.

Por outro lado, a Arquitectura recebeu influências orientalizantes, nomeadamente através de Bizâncio, que se fizeram sentir nas formas da Arquitectura Românica - fenómeno que se será desenvolvido na cadeira de História da Arquitectura - assim como nas artes decorativas, no têxtil e no grafismo.

A “latinização” dos saberes acumulados pelo mundo árabe, com a revelação de textos então praticamente perdidos para o Ocidente cristão, mostrando diferentes formas de pensar e de inquirir acerca do Homem e do mundo natural foi assim uma das bases sobre as quais se construiu o novo mundo cultural saído de entre o que restava da época medieval.

4 - O RENASCIMENTO

As condições do mundo comercial libertado pelo aparecimento de uma classe burguesa, citadina e próspera, e a consequente necessidade de realizar operações com valores envolvendo a crescente complexidade própria de relações entre muitos

agentes e muitos mercados, criaram as condições para o desenvolvimento do “cálculo”. A contabilidade, a avaliação de preços e margens de lucro, o estabelecimento de contrapartidas e a própria emergência da “cambial” ou “letra de crédito” inventada pelos mercadores italianos, tinham de ser apoiados por uma prática matemática generalizada e ensinada profissionalmente.

O ambiente económico e cultural, mais uma vez, incentivou directamente o desenvolvimento da ciência e, logo, das técnicas.

A função do matemático na cidade mercantil é reconhecida e apreciada. Tartaglia, Cardano, Bombelli, Benedetto de Firenze, por exemplo, foram figuras apoiadas e estimuladas pelos serviços que os seus conhecimentos prestavam à actividade económica e esse prestígio nasceu sobretudo no ambiente de Florença. Mas em França e nas cidades nórdicas, nomeadamente as da Liga Hanseática, também o cálculo aritmético começou a desenvolver-se, podendo lembrar-se os nomes de Nicolas Chuquet, em França e de Johanes Widman na Alemanha.

Mas o despontar do Humanismo, o gosto pela investigação e pelo conhecimento como valor em si mesmo, a necessidade de aplicar a matemática à explicação dos fenómenos naturais e de encontrar para estes, interpretações lógicas e livres do dogmatismo que caracterizou a maior parte do pensamento medieval, levou ao aparecimento de uma abordagem nova dos problemas. Ela é patente nas obras de Nicolau de Cusa numa perspectiva filosófica, mas manifesta-se mais livremente na abordagem precursora, logo no séc. XII, de Leonardo Fibonnacci, ou Leonardo de Pisa, ainda na tradição fundamentalmente geométrica dos problemas algébricos herdada de Al-Khwarizmi. O acesso então tornado possível às obras de Diofanto viria a estimular mais tarde uma abordagem mais caracteristicamente algébrica.

Também esta evolução teve um enquadramento social e económico: a matemática deixou de ser um instrumento prático ao serviço do comércio para ser um exercício livre da inteligência, mas agora apoiado por outros patronos. E esses patronos foram então os príncipes e as cortes das várias cidades-estado italianas em que o gosto pela “ciência nova” era uma parte de todo o complexo da cultura renascentista. Cultivavam-se as matemáticas e as ciências da Natureza como se cultivava a poesia, a pintura e a música; nada era estranho à avidez de conhecimento dos homens que se deslumbraram com o ressurgimento, imaginado embora, das grandes culturas clássicas da Antiguidade.

Exemplo notável desta largueza de interesses e aptidões é Piero della Francesca; a sua projecção como pintor tem feito esquecer o seu trabalho como mate-

mático e geómetra, e até como mentor de Luca Pacioli. Com Piero della Francesca o estudo da perspectiva rigorosa, com o tratado “De prospectiva Pingendi” que validava com rigor o método de Leon Battista Alberti e melhorava o de Filippo Brunelleschi, o estudo dos poliedros e dos cinco sólidos regulares na sua obra “Libellus” onde faz ligação com a álgebra no seu “Trattato d' Abaco”, torna-o um dos “pais” do desenho técnico e arquitectónico moderno. Alberti e Brunelleschi, nomeadamente no cálculo dos volumes e áreas, exemplificam essa vontade de tudo compreender, tudo abarcar, tudo observar, que era típica da época.

Por outro lado, as navegações atlânticas, que tinham sido num primeiro tempo substancialmente costeiras e tentativas, exigiam um conhecimento alargado das técnicas da náutica, e estas baseiam-se na astronomia e na cartografia. Uma cosmografia herdada dos sábios mediterrânicos da Antiguidade não era já suficiente; mas as matemáticas recém ressuscitadas do seu sono milenar permitiam já estabelecer novas hipóteses e soluções. A figura de Pedro Nunes, Cosmógrafo-Mor do Reino, avulta aí, com o desenvolvimento de variadas abordagens e métodos científicos, dos quais um sobretudo - o estudo das “loxodrómicas” ou curvas de rumo constante na esfera - viriam a ser a base para o trabalho de Mercator, cujo sistema de projecções ainda se encontra em muita da nossa cartografia contemporânea.

O “Esmeraldo de Situ Orbis”, de Duarte Pacheco Pereira, o “Tratado da Esfera” de D. João de Castro, o “Colóquio dos Simples, Drogas e Cousas Mediciniais da Índia” de Garcia de Horta, tanto como as narrativas de viagens e aventuras de Castanheda e de Fernão Mendes Pinto, ou os textos de João de Barros, foram perfeitos exemplos da nova vontade de conhecer o Mundo através da observação, e fugindo à aceitação passiva e acrítica dos conhecimentos herdados dos antigos.

5 - A REVOLUÇÃO GALILEANA

Com a erosão do ideal renascentista decorrente do seu próprio êxito, no sentido em que a expansão dos conhecimentos, das aplicações e da acrescida capacidade de questionar tomou patente a impossibilidade da excelência individual em todos os domínios, tomou forma uma incipiente separação de campos de actividade no exercício do pensamento. A figura do homem de ciência ocupado em compreender o Mundo físico, ainda que envolvido na Filosofia, revela-se mesmo no facto do aparecimento de sociedades “sábias” - as Academias - das quais a primeira foi a Academia dei Lincei, fundada em 1603. Este fenómeno é significativo na História das Ideias: o aparecimento de instituições dedicadas não especificamente ao ensino

e sim à troca de ideias e ao debate. Nestes centros estuda-se, propõem-se problemas, discutem-se soluções, elaboram-se teorias, encontram-se pessoas.

É este o ambiente intelectual em que se situa a figura de Galileo Galilei, homem cuja imensa projecção no desenvolvimento da ciência moderna deve sempre ser lembrada.

Os problemas filosóficos relacionados com a cosmologia, sobretudo a questão do Infinito, associadas às novas concepções astronómicas introduzidas por Kepler, e ao mesmo tempo a inquietação religiosa subsequente à Reforma e ao movimento da Contra-Reforma, estimulam uma busca intelectualmente turbulenta e apaixonada de fundamentos e explicações. Pascal tentou-a, sobretudo no campo religioso, procurando tomar compatíveis a fé e a razão. Outro foi o caminho de Galileo, cujo programa científico se dirigiu no sentido de encontrar explicações racionais para os fenómenos físicos e astronómicos, matematizando-os, experimentando verificações materiais para as suas abordagens teóricas. Galileo fundou, praticamente, a mecânica racional e a criação da luneta astronómica, permitindo observações mais rigorosa e pormenorizadas que as do seu antecessor Tycho Brahe, revolucionou a astronomia.

Com Galileo abriu-se uma época de extrema fecundidade científica e técnica, em que avultam na matemática nomes como Fermat, que retomou e desenvolveu a análise diofantina, o próprio Pascal, com as bases da teoria dos jogos, Napier introduzindo os logaritmos, Newton com o cálculo infinitesimal, a teoria matemática da luz e as leis da mecânica celeste, Leibniz com as bases de uma lógica matemática, e uma notação eficaz para a análise infinitesimal, e, evidentemente, Descartes.

Com Descartes (cujo nome latinizado “Cartesius” está na base de todas as lógicas e desenvolvimentos designados “cartesianos”), triunfou a atitude “racionalista” que funda a autonomia do Homem e o valor do seu saber perante a incompreensível infinitude de Deus. O Homem, constituído de espírito unido a um corpo, deve tomar sobre si o próprio destino e atingi-lo através da investigação e exploração da natureza material. Vê-se bem desde já como esta atitude está na base dos subsequentes avanços nas ciências e nas técnicas que se viriam a manifestar no século XVIII.

É também fácil de compreender que esta agitação mental, este nível de preocupações transcendentais e, de algum modo, angustiosas, características desta época, se revelem muito claramente na arte Barroca, por oposição ao ideal de calma, equilíbrio e estabilidade renascentistas.

A crítica tende hoje a atribuir a Descartes uma menor originalidade científica do que a que lhe é usualmente associada; grande parte das suas ideias são de facto referenciáveis em muitos autores, que utilizou sem nunca os citar. Isso não lhe retira a enorme projecção histórica, nem o volume admirável de conhecimentos que manejou e ordenou.

Não devem esquecer-se, deste tempo dominado por aquelas figuras formidáveis, homens como Torricelli e as experiências sobre a pressão atmosférica; Van Helmont iniciando a química dos gases; Harvey descobrindo a circulação sanguínea; o próprio Pascal estudando a hidrostática e a pressão atmosférica.

Curiosamente, no domínio das técnicas e tecnologias, o século XVII não se caracterizou por grandes inovações; os avanços científicos foram mais dirigidos a melhorar e dar base rigorosa às práticas renascentistas ou até simplesmente tradicionais do que a gerar a criação de novas soluções técnicas.

Desargues, arquitecto e matemático, lançou as bases da geometria projectiva, com conceitos como “a involução de seis pontos”, “o ponto e a recta no infinito” etc. Na prática, a sua aplicação resumiu-se ao talhe das pedras preciosas. Huygens, astrónomo e físico, inventou o balanceiro regulador dos relógios - o que foi muito útil para a náutica de alto mar.

Na arquitectura, as técnicas são sobretudo as relativas à fortificação militar, e também alguns estudos sobre a resistência de fundações e estacas enterradas. Mas em tudo o resto, não houve modificações de fundo mas apenas melhoramentos. Na construção naval, assistiu-se ao aumento do porte dos navios e a certos ajustamentos da armação, mas como foi muito bem observado por um historiador da arte naval, um marinheiro de uma nau do século XVI estaria perfeitamente à vontade num galeão do século XVII ou até num navio do séc. XVIII - mas no séc. XIX já não reconheceria nada ...

6 - O ILUMINISMO

A racionalidade como objectivo e conquista do pensamento do séc. XVII, tornou-se no séc. XVIII um dado adquirido, no sentido de que nada parecia fora do alcance da capacidade da mente humana. Como se uma “luz” - “a luz da razão” - iluminasse finalmente os espíritos libertos de uma longa escravidão causada pelo dogmatismo e pela fé. Esta atitude (aqui exposta de uma forma necessariamente esquemática e pobre) recebeu o ápodo de “Iluminismo”, e levou a que o séc. XVIII seja também frequentemente designado por “o Século das Luzes”.

As consequências desta evolução no domínio das ideias vieram a manifestar-se sobretudo com o grande movimento que se materializou na Revolução Francesa, referenciada historicamente pela data de 1789. Mas é claro que a Revolução já estava nos espíritos e na formulação das ideias bem antes dessa data. Homens como Christian Wolff, Voltaire, Rousseau, abriram o caminho no campo da literatura e da filosofia.

Mas nas ciências e nas técnicas esta foi uma época fecunda sob todos os aspectos:

As Matemáticas - que estão sempre no cerne de todas as grandes revoluções científicas e são, por assim dizer, o seu mais claro indicador, exactamente por dependerem mais da capacidade mental do que dos suportes técnicos e económicos - tiveram um tempo esplendoroso.

Na esteira de Newton e Leibniz, as grandes matemáticas barrocas tiveram o seu expoente máximo em Euler, que cobriu todas as áreas importantes da Matemática, Bayes no estudo das Probabilidades, Laplace nas Probabilidades e na Mecânica Celeste, os Bernoulli (11, entre pais, irmãos, tios e primos!, dos quais Daniel e Jacques são os mais importantes), Legendre e depois a formidável figura de Lagrange, com a Mecânica Analítica, Hamilton, com os quaterniões, Sylvester e Cailey na Álgebra, Buffon abre caminho para a Biologia.

Os impulsionadores da “Enciclopédia”, tentaram o magnífico ideal de pôr “todos” os saberes ao alcance de quem os procurasse. Em torno desse ideal reuniram-se os melhores espíritos da época.

Convém não esquecer a participação de Francisco Sanches - típico homem do Iluminismo, com grande projecção na Europa de então - nas entradas relativas à Medicina, da Enciclopédia.

Esta efervescência da vida do pensamento científico e técnico tinha, coerentemente, um suporte económico e político. Os grandes blocos de potências, nomeadamente a Inglaterra, a França, a Prússia e a Rússia tinham necessidade de armar os exércitos e incentivaram programas de desenvolvimento das técnicas e do conhecimento

Este não deveria mais ser propriedade de alguns, transmitido selectivamente em círculos restritos; deveria antes ser público, acessível, utilizável - era este o programa da “Enciclopédia”. Repare-se como o espírito do tempo, o movimento das ideias impele o pensamento no mesmo sentido: as matemáticas preparam o caminho para a compreensão da complexidade do Mundo, mas ao mesmo tempo

para o domínio humano sobre esse mesmo Mundo. E esse programa foi o dos “Enciclopedistas”, grupo dos quais Diderot se pode tomar como referência. Diderot, ele mesmo um filósofo materialista e vitalista, foi *Condorcet* em França, aparecem as bases de uma contabilidade nacional, essencial à boa administração, e com Colbert, as bases de um desenvolvimento industrial planificado e voluntarista. A Ciência e a Técnica passam a ser assuntos de Estado e não apenas interesse de académicos, ou motivo de perpetuação de ensino. As instituições-tipo de desenvolvimento das técnicas não foram ainda, nesta altura, as Grandes Escolas mas sim os “Conservatórios das Artes e Ofícios”. Aí se fazia a síntese possível entre os avanços das disciplinas científicas e a prática oficial e de estaleiro.

Entre nós é característica a *Aula do Risco*, funcionando junto das obras do Convento de Mafra, sob a égide de Ludwig (ou Ludovice). A partir dela viria a ser criada, muito mais tarde, a Escola de Belas-Artes, que formou os Arquitectos a nível superior, em conjunto com as formações em Pintura, Escultura e Gravura. Do curso de Architectura da E. de B. Artes, viria a nascer a Faculdade de Architectura da U.T. de Lisboa.

A prática da Engenharia não era ainda claramente distinta da Architectura e centrava-se largamente em tomo das exigências militares; fortificações, pontes, estradas, engenhos de guerra, transportes.

Mas a irrupção da disciplina científica nas técnicas é bem patente na proliferação de tratados e manuais, no séc. XVIII. Disso é um bom exemplo a publicação do “Engenheiro Português” por Manuel de Azevedo Fortes, em 1728, e da “Lógica Racional, Geométrica e Analítica” em 1744, que representam bem a entrada do Cartesianismo na Engenharia portuguesa.

7 - A EMERGÊNCIA DA FIGURA DO ENGENHEIRO

A figura destes homens, tão capazes de levantar uma fortificação ou um aqueduto como de desenhar uma igreja ou um pavilhão para uma festa, é bem personificada pelo Coronel Manuel da Maia, o Capitão de Cavalaria Carlos Mardel e o Capitão Eugénio dos Santos, formando a equipe que venceu o concurso para a reconstrução de Lisboa, após o terramoto de 1755. A genial concepção estrutural da “gaiola” e da separação dos prédios por paredes corta-fogo, devida sobretudo a Carlos Mardel e a primeira disciplina de normalização dimensional e pre-fabricação da guarnição de vãos, devida sobretudo a Manuel da Maia, mostram bem a presença do espírito de racionalidade e organização “iluminada” pela época.

Mas por trás da frivolidade ligeira da Arte do Barroco tardio e da sociedade que representava, as ideias iluministas continham em gestação uma profunda revolução nos comportamentos, na estrutura da sociedade e nas técnicas.

8 - AS “GRANDES ÉCOLES” NAPOLEÓNICAS; A CONSOLIDAÇÃO DA FIGURA DO ENGENHEIRO

A Revolução Francesa fechou o séc. XVIII com a grande promessa de um Mundo purificado dos males do “Antigo Regime”. Que, ao fazê-lo, tenha introduzido outros, é coisa natural; o próprio da História é observar, explicar, entender, e não julgar.

Uma nova visão da sociedade e da economia exigia o domínio das tecnologias, e estas gradualmente, mas rapidamente se tomaram especializadas. Não pode esquecer-se que, com o desenvolvimento das colónias americanas e africanas no séc. XVIII se abriram novos mercados ainda que incipientes, e não já simples fontes de matérias-primas; por outro lado, na Europa, verificou-se uma baixa gradual da mortalidade e uma proporção crescente de população activa. A necessidade de produzir mais e trocar mais tomou-se evidente, para o que contribuiu o estudo de Quesnay “Le Tableau Économique” - espécie de primeiro esboço de uma “matriz intersectorial”, como hoje se diria - e a obra fundamental de Adam Smith, “A riqueza das Nações” veio instalar em termos teóricos a Economia. O pensamento em que se enquadram estas duas obras é bem significativo do movimento geral que se designa por “primeira revolução industrial”, e esta assentou no domínio das técnicas e das tecnologias.

Se em Inglaterra o desenvolvimento se fez durante muito tempo no regime dos “conservatórios”, de que são excelentes exemplos os estaleiros do Almirantado, para as indústrias, e as “sociedades sábias” como a Royal Society, para a Ciência, a França republicana criou uma figura inteiramente nova: as “Grandes Écoles”, escolas superiores para o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

Com a subida ao poder de Napoleão Bonaparte como Primeiro Cônsul e mais tarde Imperador, instaurou-se uma nova ordem administrativa, traduzida pelo Código Civil e a organização prefetural do território. Essa organização traduziu-se na Universidade por uma centralização do poder, ficando todas as Grandes Escolas sob uma autoridade única e com um regime quase militar. Esta submissão significava que o ensino superior estava ao serviço do Estado como primeiro objectivo declarado. Mas como consequência, reuniu-se em Paris e culminou em tomo de

1800 uma das maiores concentrações de sábios, inventores e técnicos até aí verificadas na História.

Na origem estava - dar uma resposta às necessidades do sector público. A “Ecole Normale” destinava-se à preparação dos professores para a grande expansão do ensino primário e secundário, exigida para o exercício da cidadania, bem de acordo com a ideologia republicana.

Particularmente importante do ponto de vista da Engenharia foi a criação da “École des Ponts et Chaussées” e da “École des Mines”, significativos centros de avanço da engenharia civil e militar.

Os alunos do IST poderão pensar na “École des Ponts et Chaussées” como um modelo inspirador da fundação do Instituto, (se bem que em termos institucionais a sua forma viesse a seguir mais de perto a figura germânica, na esteira da reforma Humboldt que moldou universidades alemãs. Bensaúde seguiu em grande parte o modelo germânico).

A expansão do Império Napoleónico exigia a capacidade de estabelecer comunicações por estrada, construir pontes e portos, fortificações e edifícios públicos administrativos, produzir armas, munições e mantimentos e estas necessidades não se compadeciam com as competências e habilidades múltiplas dos oficiais do exército, como acontecia no séc. XVIII. O séc. XIX assistiu à emergência do “Engenheiro”, fortemente apoiado num ensino científico e especializado nas suas funções.

Essa emergência do engenheiro como figura central do desenvolvimento tecnológico deu-se por toda a Europa, ainda que com características diversas.

Na Inglaterra e na Escócia as ciências e as tecnologias desenvolveram-se com base, sobretudo, em organizações, associações e academias apoiadas por interesses industriais e comerciais. São exemplos importantes a Royal Academy, o Royal Society Club, a Royal Society for the Encouragement of Arts, Commerce and Manufacture, e as “Sociedades sábias” ou “Filosóficas” como as de Norwich, Bristol, Northampton, e a Lunar Society de Birmingham. Mas não o faziam em completo isolamento em relação ao Continente: muitas informações circulavam e difundiam-se entre estas associações e os centros universitários estrangeiros, como o reconhecia expressamente um relatório ao Select Committee on Exploration of Machinery em 1841, afirmando que “...*a maior parte das invenções recentes neste País são de proveniência estrangeira!*...” Foi neste ambiente essencialmente prático que homens como Faraday, Dalton, Oersted e Watt fizeram a sua obra essencial, mas também científica...

Na Alemanha, as universidades, sob o impulso de Humboldt, aproximaram-se da vida económica e industrial, procurando respostas concretas aos problemas da sociedade em evolução. O florescimento da Química e da Metalurgia deve-se em grande parte a essa atenção dada ao conhecimento aplicado - Berzelius e Mitscherlich são disso bons exemplos.

Esta época, tão claramente definida nas ciências e tecnologias, tem como pano de fundo uma atitude filosófica bem tipificada no Positivismo de Comte, mas já se instalara nas ideias a separação entre Filosofia e Ciência anunciada por Kant.

As Artes, que no declinar do antigo regime tinham deixado as exaltações do Barroco tanto na literatura como nas artes plásticas e arquitectura, para dar lugar ao Rococo (ou Barroco tardio), procuraram retomar os valores da Antiguidade Clássica, copiando ou adaptando modelos gregos e romanos de forma pouco imaginativa e inspirada: o Neo-Classicismo. A própria indumentária e o mobiliário mostram a vontade de abandonar toda a frivolidade do traje do Antigo Regime, com as suas casacas de seda, as perucas, os ornatos florais, para assumir a austeridade revolucionária.

9 - O FIM DA ERA EOTÉCNICA

No domínio das ideias, o pensamento racionalista e integrador herdado do Iluminismo e materializado na visão social e política da Revolução francesa, foi dando gradualmente lugar a uma visão mais inquieta, mais problematizada da condição humana, que culmina com o “Romantismo”.

À claridade das “Luzes” e do primado da razão, sucedem-se a busca das profundidades do espírito humano, da relação do “eu” com o Mundo, a exaltação das componentes dramáticas da vida. É típica a literatura do Romantismo, com a sua preferência por ambientes trágicos, sentimentos angustiados e situações exóticas, tanto quanto à época como quanto ao lugar - privilegiam-se os temas medievais ou longínquos, orientais, africanos. Pense-se em Chateaubriand, Goethe ou, entre nós, Alexandre Herculano e Garrett. A música é então uma expressão privilegiada do espírito da época: já anunciado por Beethoven na viragem do século, o Romantismo atinge o seu ponto mais alto com Schubert, Schumann. Mendelssohn, entre outros ...

Esse mesmo espírito transparece nas Matemáticas: deixando à realista prática do neo-classicismo as matemáticas do senso comum este é o tempo das grandes visões, da exploração dos fundamentos e dos grandes problemas

Gauss domina esta época, cobrindo com o seu génio vários campos, Riemann, Lobatchevski e Bolyai nas Geometrias não-euclidianas, Cailey e Sylvester na teoria dos determinantes e invariantes, Hamilton e a formalização da Mecânica (na esteira de Lagrange), Galois e Abel na Álgebra, Weierstrass, Kronecker, Dedekind na Análise, Boole na Lógica, Cantor explorando a infinitude...

10 - O TEMPO DOS «INVENTORES»

Mas esta consciência do poder da imaginação e da aventura traduzia-se mais prosaicamente na fantástica corrida às invenções e novidades, à admiração pela coragem e pela ousadia, à capacidade de empreender e de realizar.

Mas havia bases materiais para tal:

Em primeiro lugar, a técnica do “ferro fundido”. Desde tempos antiquíssimos se produziu o ferro a partir do minério, em fornos rudimentares e carvão de madeira. O desenvolvimento do “alto-forno”, alternando em contínuo, camadas de minério e de carvão mineral, permitia vazar peças de dimensões já consideráveis, ainda que o material saído dos altos-fornos - a “gusa” - de grande dureza, fosse frágil em relação aos choques e à tracção. Mas já eram possíveis grandes estruturas, e sobretudo, máquinas.

Em segundo lugar, a “máquina a vapor”. A máquina a vapor permitia substituir a força muscular, humana ou animal, ou a energia localizada do vento ou das quedas de água.

Ferro fundido, carvão, máquina a vapor foram os elementos que permitiram a passagem da Época Eotécnica (ou época do vento, da água, da madeira e da força muscular para a Época Paleo-Técnica ou época da “técnica antiga”), para usar aqui a terminologia criada por Lewis Mumford no seu clássico livro “Técnicas e Civilização”.

A máquina a vapor veio revolucionar as comunicações: os caminhos-de-ferro começaram a ligar cidades, países, centros de matérias-primas e lugares de fabrico, centros de produção e mercados. Os navios transformam-se rapidamente: no espaço de uma dezena de anos, os “clippers”, rapidíssimos veleiros comerciais que traziam o chá, a lã, o algodão para as fábricas europeias, tornaram-se caducos, substituídos por “vapores” construídos de ferro, que não dependiam do regime de ventos.

Figura emblemática desta época foi Isambard Kingdom Brunel, ao mesmo tempo engenheiro e empreendedor genial, que construiu redes de caminhos-de-ferro, máquinas e comboios para nelas circularem, pontes para as linhas férreas passarem (algumas são actualmente Monumentos Nacionais no Reino Unido) e ainda por cima explorou-as! Abalançou-se a construir o maior navio de ferro da época - o gigantesco “Great Eastern”, que durante muitos anos andou ao serviço, e ainda neste século funcionava a estender cabos submarinos ...

Brunel representa assim o arquétipo do que viria a ser o “engenheiro-empendedor” do fim do século XIX .

As Artes plásticas e a Arquitectura eram tão influenciadas pela recusa dos temas e heranças do classicismo como a literatura e a música - mas o conflito entre os impulsos da estética e as possibilidades das técnicas tornou-se evidente: a intenção de retomar temas e formas medievalizantes (“revivalismos”) ou exóticos, era realizada com materiais e tecnologias então modernas, com resultados duvidosos ainda que característicos.

11 - A ÉPOCA PALEO-TECNICA

As viagens de exploração no fim do século não foram apenas movidas pela curiosidade científica e pelo gosto romântico da aventura; foram sobretudo prospecções de novos recursos e estabelecimento de áreas de influência, que vieram dar forma aos Impérios coloniais. Trazidos pelos revoltas, Proudhon e depois Marx e Engels deram forma teórica à interpretação dessas tensões e por toda a Europa fermentaram movimentos de recusa daquela estrutura social e económica, alguns sob a forma de anarquismos, com Malatesta, Bakunine, Kropotkine e outros.

Mas o desenvolvimento do sistema continuou, imparável apesar das contradições e conflitos, e a técnica estava cada vez mais ao serviço desse sistema.

Um grande desenvolvimento tecnológico esteve na base das técnicas deste período - o “aço”, os navios a vapor, o algodão, as madeiras, a copra, o açúcar, as resinas, a lã, os cereais, permitiam o funcionamento de manufacturas transformadoras - movidas, evidentemente, a vapor. As caldeiras das máquinas a vapor têm que estar permanentemente acesas e as fábricas exigem uma disposição dos maquinismos que permita a sua movimentação por veios e correias de transmissão. As fábricas tornaram-se assim concentradas, fumarentas e insalubres, e os operários tinham que trabalhar por turnos, para que as caldeiras fossem convenientemente aproveitadas; operários esses que acorriam às cidades, onde se concentrava a capa-

cidade fabril instalada, em busca de trabalho que escasseava nas zonas rurais, nomeadamente porque o rendimento agrícola baixou em virtude das produções coloniais mais baratas. Formaram-se assim as grandes massas de trabalhadores desenraizados do meio rural e que para subsistir não tinham mais para oferecer do que a sua “força de trabalho” - o proletariado.

Por outro lado, o empreendedor industrial e comerciante acumulava meios de refinar e expandir os seus empreendimentos, num processo perfeitamente teorizado pelo economista David Ricardo - o maior expoente da teoria do Capitalismo sob a sua forma mais pura. Essa, de resto, não ia contra o pensamento filosófico e social da época, nomeadamente o utilitarismo de Jevons e Bentham, e as teorizações de Walras e Pareto. As tensões e injustiças sociais do sistema não poderiam deixar de suscitar reacções.

A “gusa” saída dos altos-fornos e fundida para dentro de moldes, que tinha permitido já grandes avanços na construção, era excessivamente quebradiça e as peças de ferro fundido não resistiam convenientemente à tracção, por causa do excessivo conteúdo em carbono resultante do processo de fusão do minério. A invenção devida a Bessemer, de um “conversor” que permitindo a passagem de um fluxo de ar por dentro do metal em fusão, eliminava grande parte do carbono, arrastado sob a forma de óxido ou anidrido carbónico, e o metal resultante tinha características de elasticidade e resistência que o ferro fundido não possuía - o “aço”. Além do mais, o aço via as suas características melhoradas e adaptadas às necessidades da aplicação, através da adjuncção de outros metais - crómio, tungsténio, vanádio, etc.

Não só o aço era então um material com muito melhores características que o ferro fundido como podia agora ser fornecido em peças de dimensões e perfis “standard”: os engenheiros não estavam agora obrigados (e limitados) a desenhar e construir moldes para vazar cada peça de ferro - dispunham de perfis “laminados”, em stock, prontos a ser usados em combinações variadíssimas, rebitados ou soldados, das mais simples às mais ousadas.

Apenas, para assegurar a estabilidade, a eficiência e a economia, era preciso “calcular” as solicitações sobre cada elemento e sobre o conjunto - mas agora, os engenheiros não tinham já que se guiar apenas pelo seu instinto, a sua experiência e prática: tinham os meios que as matemáticas eficientes do princípio do século tinham elaborado, nomeadamente a Análise.

Com o aço e a matemática, os engenheiros abalançam-se às mais ousadas pontes e estruturas, à cobertura de vãos nunca antes sonhados, à criação de máqui-

nas e engenhos com capacidades nunca vistas. Gehler, Castigliano, Kuhlmann, Bresse, e numerosos outros são engenheiros que desenvolveram toda uma teorização da estabilidade e da resistência de materiais, que se tornou então numa disciplina científica incorporando os avanços parcelares anteriores, desde Euler e Hooke.

É bem característica desta época a figura do engenheiro-empREENDEDOR, capaz de projectar grandes obras, mas também de as administrar e explorar, captar financiamentos, publicitar competências - ocorrem imediatamente os nomes de Eiffel, construindo pontes e estruturas por todo o Mundo, e Ferdinand de Lesseps abrindo o canal de Suez e iniciando o de Panamá. O engenheiro foi, nesta altura, um Paradigma social, o protagonista do progresso, a figura exaltante do “portador de futuro”. A Torre de Eiffel é bem um gesto triunfal, uma proclamação do poder da técnica, e da vontade de demonstrar esse poder!

Entretanto, outros domínios da ciência conheciam avanços que se iriam repercutir nas tecnologias do fim do século e do início do século XX: Maxwell estabelece as leis do campo electromagnético que viriam mais tarde abrir caminho à radiodifusão; Boltzman dá forma à Mecânica Estatística; Minkowski desenvolve uma interpretação geométrica do espaço-tempo, essencial à formulação da relatividade generalizada; e o genial Poincaré estuda a Topologia Algébrica, a Física Matemática e a Mecânica Celeste em bases inovadoras; os Curie e Becquerel descobrem a radioactividade natural.

A Química conheceu um desenvolvimento notável, nomeadamente na síntese de compostos orgânicos, corantes e explosivos - lembre-se, por exemplo, Nobel.

Esta foi também a época privilegiada dos “inventores”; pessoas de todas as origens e formações multiplicam-se em invenções, na sua maioria completamente inúteis ou disparatadas, mas no meio daquela torrente de ideias e patentes, surgiram algumas que iriam mudar a face do fim do século e preparar o arranque do século XX:

Bell regista o invento do telefone em 1876; Edison a lâmpada incandescente em 1878; Otto, o motor de explosão; Remington a máquina de escrever em 1873; Eastman a película fotográfica em 1884.

O século XIX acaba assim, no declinar do que se chamou a Segunda Revolução Industrial num clima de confiança ilimitada no poder da técnica e da ciência, mas ao mesmo tempo atravessado por profundos conflitos e tensões sociais.

Durante um curto tempo disfarçado o mal-estar sob um conjunto de aparências e comportamentos que definiram o que se chamou a “Belle Époque” - a bela época

em que tudo parecia feliz e prometedor! - a realidade encarregou-se de mostrar o profundo conflito nas consciências e nas ideias. A Arte bem tomou as formas que em tudo se opunham à visão pesadona, pomposa e realista própria da sociedade “capitalista” mais retinta e à estética utilitária e pouco imaginativa que, na Arquitectura, escondia o rigor e a beleza das concepções dos engenheiros sob ornamentações revivalistas descabidamente aplicadas. A reacção tomou a forma de uma atitude tendente a privilegiar um retorno aos temas da natureza, à fluidez das impressões de movimento, à recusa de uma estética do objecto fabril e à busca do reencontro com as produções artesanais e as formas próprias dos seres vivos - essa atitude ou gosto foi designada então “Arte Nova”, “Jugendstil” na Alemanha, “Art Nouveau” em França.

Mas a Arquitectura dispunha então já de um material novo, que se prestava para as exigências estéticas da altura, porque com ele era possível obter formas construtivas sem a rigidez visual do aço laminado - o “betão armado”. O betão era conhecido desde a Antiguidade, como atrás se viu e os Romanos dele fizeram bom uso. Mas a ideia de o “armar” com varões de aço, capazes de absorver os esforços de tracção a que o betão não resiste convenientemente, deve-se fundamentalmente a Hennebique, ainda que rapidamente a técnica tenha sido melhorada e desenvolvida na Alemanha e nos Estados Unidos.

O século XX nascente iria revelar toda a extensão dos equívocos, conflitos e dúvidas latentes no século que estava a acabar.

12 - O PERIODO NEO-TECNICO

A electricidade já era conhecida em termos práticos e usada, com origem em pilhas, desde que Leclanché desenvolveu as primeiras pilhas práticas em 1868. Mas foi com a invenção do gerador ou dínamo, por Gramme, que ficou disponível em quantidade e potência para usos industriais. Uma das primeiras consequências do motor eléctrico foi a libertação das máquinas fabris da servidão da caldeira da máquina a vapor e da sujeição aos veios e correias de transmissão alinhados nas naves - a produção descentalizou-se, a “implosão urbana” causada pela Revolução Industrial atenuou-se.

Por outro lado, o motor de explosão desenvolvido por Otto e depois aperfeiçoado por Daimler para o automóvel, libertou os transportes da servidão da linha de caminho-de-ferro.

Electricidade e motor de explosão interna foram as bases daquilo a que Mumford chamou o período ou época “Neo-Técnica” (da Técnica Nova, para distinguir da técnica antiga do ferro fundido, do carvão e da máquina a vapor).

Mas este período foi também o tempo em que as convicções do fim do século foram completamente postas em causa e revistas, no meio de grande angústia e perplexidades:

- A Revolução soviética, seguindo-se à grande convulsão da Grande Guerra veio alterar a ordem estabelecida entre as potências e alimentar, pela demonstração, as forças revolucionárias em todo o Mundo

- O conhecimento dos comportamentos humanos foi profundamente afectado pela emergência da Psicanálise, com Freud e Jung

- A Filosofia encarnou todas as dúvidas e interrogava em todas as direcções: a Fenomenologia com Husserl; o Existencialismo com Heidegger, Sartre e Jaspers; a Filosofia Analítica com Wittgenstein.

- A Física passou a ser considerada em novos moldes, com a introdução da Quântica por Planck, das hipóteses de estrutura do átomo por Rutherford, Bohr, e depois por Heisenberg, Schrodinger, Dirac, Fermi; a Cosmologia e ao mesmo tempo a Física, com a abordagem relativista de Einstein.

- A Matemática, sobretudo sob o impulso de Hilbert, foi obrigada a rever os seus fundamentos e desse esforço de “logificação” e crítica surgiram as principais atitudes que marcam as Matemáticas contemporâneas: o Formalismo, o Intuicionismo de Brouwer e Heyting, o Construtivismo de Russel e Whitehead ...

- As Artes Plásticas assistiram à espantosa sucessão de movimentos e tendências que serão abordadas na disciplina de História da Arte - cubismo, surrealismo, abstraccionismo, futurismo ...

- A Literatura foi revolucionada por Proust, Joyce, Breton, Hemmingway, Hesse ...

- A Música procurou os caminhos da Atonalidade com Schonberg e Webern, e acolheu as influências do Jazz com Strawinski; e o Bailado com Diaghilev ...

Tudo é questionado, tudo é posto em exame, tudo se experimenta, neste tempo.

E a Arquitectura aproveitou os recursos dos novos materiais - sobretudo as possibilidades do betão armado e do aço para buscar novos caminhos - o Racional-

lismo, o Funcionalismo, o Organicismo, etc. - que serão estudados na História da Arquitectura.

Mas as técnicas receberam o formidável impulso dos avanços científicos acumulados:

- A Química, sobretudo com base no petróleo introduziu novos materiais e medicamentos

- Os transportes foram revolucionados pela aviação

- As comunicações passaram a dispor da telegrafia sem fios e depois, da radiofonia.

13 - OS MEADOS DO SEC. XX

Se Mumford tivesse podido assistir às transformações da técnica e das tecnologias no nosso tempo, acharia certamente que o período Neo-Técnico tinha acabado e se teria entrado nitidamente noutro - e talvez se possa conjecturar que o seu nome seria “A Era Info-Técnica”...

É o domínio e a aplicação da “Informação”, no seu sentido mais geral e mais rico, que caracterizam o quarto final do Século XX.

A Lógica Matemática, apoiada no desenvolvimento da electrónica, permitiu lançar as bases da computação; sobre os trabalhos teóricos de Turíng, de Von Neumann e Wiener, a tecnologia constrói quotidianamente máquinas mais rápidas e poderosas. A computação não se limita ao cálculo: associada ao trabalho pioneiro de Shannon, Kolmogorov, McMillan e muitos outros, está na base das telecomunicações modernas, da Televisão, da Telemática, do tele-control, da tele-deteção ...

Não há praticamente área alguma das actividades produtivas, do enquadramento da vida quotidiana, da investigação científica, em que a computação e a informação não estejam presentes.

Se há, portanto, alguma lição a tirar da História das Técnicas é a de que elas se estão sempre a formar dentro do complexo cultural de cada momento, e sempre de forma associada às Ideias que em cada momento despertam na sociedade. Como o

estão neste preciso momento da História, pelo que não faltam razões para os estudantes de Arquitectura e Engenharia estarem despertos para o entendimento destes processos sempre em curso.

José Pedro Martins Barata

Setembro 2003