

J. P. PEIXOTO ▪ J. V. GONÇALVES ▪ A. A. MARQUES DE ALMEIDA ▪ J. T. OLIVEIRA ▪ J. P. OSÓRIO ▪ R. CARVALHO ▪ L. ALBUQUERQUE ▪ R. RODRIGUES
J. V. GOMES FERREIRA ▪ F. D. SANTOS ▪ A. J. ANDRADE DE GOUVEIA ▪ A. M. AMORIM DA COSTA ▪ B. J. HEROLD ▪ JOÃO L. L. C. OLIVEIRA CABRAL ▪ J. A. LEITÃO ▪ N. GRANDE ▪ J. C. DA COSTA ▪ A. RODRIGUES ▪ A. TORRES PEREIRA ▪ B. FERNANDES ▪ J. M. GIÃO T. RICO ▪ MILLER GUERRA ▪ M. PORTUGAL V. FERREIRA ▪ J. M. COTELO NEIVA ▪ A. RIBEIRO ▪ M. TELLES ANTUNES
F. C. GUERRA ▪ A. CORREIA ALVES ▪ F. CASTELO-BRANCO ▪ A. FERNANDES
A. R. PINTO DA SILVA ▪ C. M. L. BAËTA NEVES ▪ A. X. CUNHA ▪ A. C. QUINTELA
SUZANNE DAVEAU ▪ ORLANDO RIBEIRO ▪ J. E. MENDES FERRÃO ▪ ILÍDIO AMARAL ▪ O. TEOTÓNIO DE ALMEIDA ▪ F. GUERRA ▪ ALLEN G. DEBUS
WILLIAM R. SHEA ▪ A. IRIA ▪ F. R. DIAS AGUDO ▪ M. JACINTO NUNES

HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA EM PORTUGAL

II VOLUME



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS

PUBLICAÇÕES DO II CENTENÁRIO DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA

LISBOA • 1986

- STOCK, Biran, *Myth and Science in the Twelfth Century*. Princeton University Press, Princeton (1972).
- SUPPE, Frederick, ed., *The Structure of Scientific Theories*. University of Illinois Press, Urbana (1977).
- TATON, René, ed., *Histoire Générale des Sciences*. Tome II, *La Science Moderne — De 1450 a 1800*. Presses Universitaires de France, Paris (1958).
- THORNDIKE, LYNN, *A History of Magic and Experimental Science*. (Vols. III and IV, Fourteenth and Fifteenth Centuries; Vols. V and VI, The Sixteenth Century), Columbia University Press, New York (1934-1941).
- , *Science and Thought in the Fifteenth Century*. Hafner Publishing Co., New York (1963).
- TREADGOLD, Warren, ed., *Renaissance Before the Renaissance*. Stanford University Press, Stanford, CA (1984).
- VAN FRAASSEN, Bas C., «A Re-examination of Aristotle's Philosophy of Science», *Dialogue*, 9: 20-45 (1980).
- VASOLI, Cesare, *La Dialettica e la Retorica dell' Umanesimo. «Invenzione» e «Metodo» nella cultura del XV e XVI secolo*. Feltrinelli Editore, Milano (1968).
- VERDENIUS, W. J., «Science Grècque et Science Moderne», *Revue Philosophique*, 152: 319-336 (1962).
- WALLACE, O. P., William A., *The Scientific Methodology of Theodoric of Freiberg*. The University Press, Fribourg (1959).
- WALLACE, William A., *Prelude to Galileo*. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht (1981).
- WIENER, Philip, P., and Aaron Noland, eds., *Roots of Scientific Thought*. Basic Books, New York (1957).
- WRIGHT, G. G. Neill, *The Writing of Arabic Numerals*. University of London Press, London (1952).
- YELDHAM, Florence, *The Story of Reckoning in the Middle Ages*, G. G. Harrap, London (1926).
- ZURARA, Gomes Eannes de, *Chronica do Descobrimento e Conquista de Guiné*. J. P. Aillaud, Paris (1841).

HISTÓRIA SUMÁRIA DA ENGENHARIA EM PORTUGAL ATÉ AO FIM DO SÉCULO XIX

FRANKLIN GUERRA *

SUMMARY

The author shows the most outstanding phases of the history of engineering in Portugal, since the birth of the nation.

The construction of wind and water mills carried the country on the technical revolution of european Middle Age. At the same time, building engineering improved the construction of romanesque and gothic churches all over the territory. Backing geographical discoveries of Henry the Navigator, shipbuilding is the upmost important feature of portuguese engineering.

After *Restauração* (1640), military engineering became preponderant in all technical activities. The reconstruction of Lisbon, destroyed by the 1755 earthquake, is a distinguished accomplishment of the XVIII century engineering.

Liberalism modernized high school teaching of engineering. It has led to the *Fontismo* politics, which developed portuguese roads and railways by foreign financial loans. The author makes an analysis of *Fontismo* consequences upon engineering activities until the end of XIX century.

PREÂMBULO

Nos últimos anos começou entre nós a reconhecer-se a importância determinante da História da Técnica para a compreensão da História Social. A inclusão de uma História da Engenharia, neste Colóquio sobre a História das Ciências em Portugal, confirma-o de maneira definitiva.

* Engenheiro electrotécnico.

Está por fazer a riquíssima história da nossa engenharia. Esta comunicação ao Colóquio não passa de um esboço, apressado e muito incompleto, dos seus actos mais notórios. A história completa será um dia escrita, não por um engenheiro isolado, historiador nos fins de semana, mas por um corpo de investigadores.

Na Comunicação, procurei dar nitidez a alguns aspectos que me parecem essenciais, e em primeiro lugar à correlacção estreita entre a história da nossa engenharia e a história da nação portuguesa.

Esforcei-me também por mostrar como o conceito actual de Engenharia se constituiu pouco a pouco, através da sua própria prática. O seu conteúdo enriqueceu-se pela experiência, que a sociedade acumula para nunca mais perder.

As formas que foi adquirindo ao longo do tempo (civil, militar, agronómica, electrotécnica, etc.) confluíram no conceito actual, que julgo poder definir nos seguintes termos: aplicação prática dos conhecimentos empíricos e científicos ao projecto, produção e optimização de todo o tipo de construções materiais.

É com este significado que a palavra engenharia surge no texto, mesmo quando se refere a épocas passadas, em que tal palavra nem sequer existia na nossa língua.

Agradeço à Academia das Ciências a honra de me convidar para apresentar esta Comunicação. É mais uma oportunidade que me é dada de enaltecer a importância da história da engenharia na própria formação profissional dos engenheiros.

A REVOLUÇÃO TÉCNICA DA IDADE MÉDIA

O reino de Portugal nasceu quando a revolução industrial da Idade Média europeia atingia o seu pleno desenvolvimento.

Esta revolução centrou-se no aproveitamento inteligente de duas forças naturais: o vento e os cursos de água. A energia eólica e a energia hidráulica substituíam homens e animais domésticos — forças motrizes quase exclusivas de toda a antiguidade e dos primeiros dez séculos da nossa era.

Mais ainda. Durante a Idade Média inventou-se a atrelagem moderna do cavalo, que multiplicou por quatro a força de tiro do animal. Um suplemento de energia precioso ficou assim ao dispor do homem.

A terceira característica da revolução económica e técnica da Idade Média foi a multiplicação da produtividade da terra, graças sobretudo ao pousio trienal. Outros progressos técnicos igualmente inéditos, tal como o aperfeiçoamento da charrua, que permitiu o cultivo das terras mais pesadas e mais férteis, — escondem na sua aparente modéstia consequências dignas de nota.

Tomadas no seu conjunto, estas inovações multiplicaram por três o rendimento agrícola. Enquanto que nos séculos IX e X mal se colhiam duas a três sementes, no século XIII chegavam a colher-se oito nos melhores solos. As fomes foram em grande parte mitigadas e dispôs-se dum excedente abundante sem o qual nunca a sociedade sairia da cepa torta.

Este movimento ascendente da Europa Medieval não caiu dos céus aos trambolhões. Levou séculos a amadurecer e foi o fruto da actividade prática de gerações sobre gerações. Atingiu o apogeu durante os séculos XII e XIII. Modelou a história da humanidade. Dele afinal brotou o predomínio da Europa sobre o resto do mundo.

Ainda não há muito tempo a Idade Média era abominada como Idade das Trevas. O contraste entre a Europa semi-bárbara e a fulgurante civilização árabe parecia demasiado desgostante. Quem visitasse o castelo de Bouillon, nas Ardenas belgas, onde pontificou o chefe da Primeira Cruzada, Godofredo, verdadeiro antro, pavoroso e hirsuto, como poderia não evocar os fúlgidos palácios de Granada ou de Bagdad que lhe foram contemporâneos?

Contudo, na base da civilização árabe, para além da agricultura sábia e próspera, nada havia senão a expoliação dos povos submetidos e monopólios comerciais. Também na Europa Medieval, é certo, nobreza e alto clero viviam do suor das populações. Mas uma tônica fundamental diferenciou a Europa: a inteligente e progressiva utilização dos rios e dos ventos como fontes energéticas. Os moinhos de vento e os moinhos de água substituíam em grande parte a mão-de-obra humana e a força muscular dos animais.

Por isso se entende hoje a Idade Média como fase de transição entre a sociedade escravagista da antiguidade e a sociedade mecanizada dos nossos dias. O moinho é reconhecido como o meio de produção determinante da Idade Média, que libertou a Europa da sua pele escravagista. Frederico Engels chega mesmo a considerá-lo o factor determinante da própria estrutura social da Idade Média, do feudalismo.

A CONSTRUÇÃO DE MÁQUINAS MOTRIZES

Portugal encontrou-se mergulhado desde o berço neste profundo desenvolvimento técnico-social. Os moinhos proliferaram por todo o país. Para fazer uma ideia da sua importância, basta dizer que o inventário de 1968 detectou nada menos do que 3 000 moinhos de vento e 7 000 moinhos de água, apesar de sobre eles terem rolado o vapor, a electricidade e séculos sem conta.

Foram eles as primeiras realizações da nossa engenharia. Hábeis carpinteiros e artesãos levaram a peito construir estas máquinas de moer o grão e de elevar a água, que nobres, abades e bispos lhes encomendavam.

Em Portugal perduram moinhos de toda a forma e feitio, que um livro recente de Ernesto Veiga de Oliveira e outros colegas, publicado em 1983 pelo INIC, *Sistemas de Moagem*, minuciosamente descreve.

Os mais antigos são os moinhos de água com turbina horizontal, em que a ponta superior do eixo vertical acciona directamente a mó. Construção simples e barata, mas com potências úteis muito baixas (uns centos de watts) e rendimentos insignificantes (uns 10%). São desta família os afamados moinhos de maré, de que restam em Portugal alguns exemplares nos esteiros do Tejo, conservados pelo município do Seixal.

Foram destronados pelos moinhos de turbina vertical, originários da antiga Roma, que tinham um rendimento muito mais elevado (chegava a 30%) e permitiam construir unidades muito mais potentes.

Para transmitir o movimento de rotação do eixo da turbina até à mó, adoptou-se universalmente uma brilhante ideia, exposta pelo arquitecto romano Vitrúvio no 10.º livro do seu tratado *De Architectura*. Uma roda dentada de grande diâmetro, encavilhada no eixo horizontal, engrenava num pinhão dentado, enfiado no eixo vertical, que accionava por sua vez a mó.

Outros aperfeiçoamentos, simples e eficazes, tornaram esta transmissão tão robusta (apesar de ser toda ela de madeira) que chegava a transmitir 15 kW, potência dos grandes moinhos. Jamais dispositivo algum teve aura que se lhe comparasse. Até ao fim do século XVIII, foi em Portugal, e em toda a Europa, «o sistema motor fundamental».

Os moinhos de vento, oriundos da Pérsia, que os árabes deram a conhecer aos europeus, utilizaram o mesmíssimo sistema. Mas estes

moinhos tem de ser orientados na direcção do vento. Para isso, começaram por montar-se sobre postes giratórios, em torno dos quais giravam no seu conjunto sempre que fosse necessário mudá-los de posição. Só mais tarde, no século XVI, se construíram moinhos de torre, em que apenas a parte superior girava sobre roletes de madeira. Estes moinhos de torre foram uma das criações técnicas mais gloriosas de todos os tempos.

Os moinhos portugueses, de vento e de água, dotados de astutos e originais aperfeiçoamentos, revelam a perícia e o agudo senso prático dos construtores do tempo. Estes não passavam de artesãos hábeis, verdadeiros oficiais dos sete ofícios, que faziam engenharia sem o saber. Tinham decerto recebido do estrangeiro as concepções centrais da estrutura dos moinhos (excepção feita às velas dos moinhos de vento). Mas as realizações não puderam deixar de ser intrínsecas do solo em que se ergueram.

A construção de máquinas motrizes surge-nos assim como o primeiro ramo de engenharia a desenvolver-se em Portugal. É certo que naquele tempo nem sequer a palavra engenharia existia. Mas a construção dos moinhos foi um elo importante para a formação histórica do conceito de Engenharia.

O único ou quase único material de construção era a madeira. Barcos, moinhos, habitações, máquinas de guerra — tudo se construía com madeira. A madeira constituiu a matéria prima mais importante da economia medieval: combustível além de material de construção. A floresta foi grande protector do homem daqueles tempos. Não lhe dava apenas a madeira. Alimentava-o com mel, caça, frutos selvagens, tirava-lhe a barriga de misérias.

Deve notar-se que a moagem do grão constituía uma prerrogativa feudal dos nobres e da igreja. A propriedade dos moinhos estava interdita às populações. Os lavradores tinham de pagar uma taxa (as bagatelas, como lhe chamavam) pela moagem: deixavam no moinho uma parte da farinha. Uma reminiscência desta taxa ainda hoje perdura em moinhos portugueses.

O direito feudal facilitava decerto a construção dos moinhos, pois eram os detentores da riqueza e do poder quem tinha o monopólio da sua instalação. Mas por outro lado, privando as restantes classes da propriedade dos moinhos, constringia e limitava-lhes a difusão. A construção dos moinhos no Portugal medievo foi por isso levada até

aos limites, não das necessidades da população, mas das conveniências do senhor feudal.

Talvez por isso, não se aproveitou integralmente a força hidráulica na indústria têxtil, na metalurgia, nas fábricas de papel, como acontecia, sobretudo a partir do século XV, em toda a Europa central. Se é justo afirmar que a capacidade técnica das nossas gentes cedo se revelou, não é menos verdade que a sua incapacidade industrial cedo começou também a manifestar-se.

O APOGEU DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Outra fonte de enriquecimento dos capitães de guerra e das Ordens religiosas foi a «pilhagem da Reconquista». Nos primeiros séculos da nação portuguesa, esta riqueza investiu-se sobretudo em construções religiosas.

A engenharia civil conheceu assim um desenvolvimento grandioso. As belas igrejas, catedrais, mosteiros — e também castelos, muralhas, praças de armas — são testemunho da pujança da nossa arquitectura e construção civil no decorrer da 1.^a Dinastia.

A arquitectura românica, estruturalmente menos evoluída do que a arquitectura gótica, mas expressão mais acabada das místicas e terrores medievais, predominou, especialmente no norte do país, durante um século.

Do ponto de vista da construção civil, o românico caracteriza-se pelas maciças paredes e os espessos contrafortes, sobre os quais descarregam os impulsos laterais das abóbadas.

Nas primitivas igrejas românicas, como a Sé de Braga, iniciada pouco antes da Independência, o tecto era de madeira. Mas os perigos de incêndio e do apodrecimento das madeiras instigaram por toda a parte a abóbada de pedra.

Os mestres de obras daqueles tempos sabiam que os arcos desenvolvem, além dos esforços verticais, esforços horizontais tanto mais pronunciados quanto mais abatido for o arco. Quanto valiam estes esforços, não faziam bem ideia. Hoje qualquer estudante sabe decompor um vector em duas direcções. Mas o paralelograma de forças só foi criado por Varignon no século XVII e até lá os construtores civis tive-

ram de se contentar com um saber todo ele de experiência ou de intuição feito. A verdade é que não temeram meter-se em cavalarias altas.

A maneira mais imediata de suportar os impulsos laterais é fazê-los descarregar sobre grandes massas de pedra (paredes grossas e maciças, aqui e acolá reforçadas com contrafortes). Esta construção apresentava por acréscimo, naqueles tempos de invasões e forrobodós, uma preciosa virtude: dava guarida à população citadina cercada pelo inimigo e servia-lhe de fortaleza militar.

Assim se construíram algumas das nossas mais típicas catedrais: Porto, Viseu, Lamego, a Sé Velha de Coimbra, Lisboa, Évora. Em várias igrejas românicas começou a mesclar-se, sobretudo no sul do país, uma certa dose de arquitectura gótica, que irrompeu entre nós desde meados do século XIII.

O gótico descobriu a maneira mais inteligente e racional de suportar as abóbadas e desta maneira revolucionou, estruturalmente e esteticamente, a construção das catedrais.

Do ponto de vista estrutural, o gótico distingue-se pelo facto das abóbadas se apoiarem, não sobre paredes, mas sobre pilares. Para isso é indispensável que o revestimento da abóbada pouse sobre arcos cruzados, lançados de pilar para pilar, formando compartimentos que as pedras da abóbada vão preencher.

Os esforços laterais irão por consequência incidir no topo dos pilares. Como suportá-los? Os engenheiros da época souberam criar o arcobotante, que escora o topo do pilar contra o terreno, onde está cravado por um contraforte.

A catedral torna-se desta maneira uma construção reticulada, que dispensa as paredes como órgão estrutural. Os intervalos entre pilares podem ficar abertos ou então preencher-se com vitrais, deixando jorrar a luz em apoteose.

A construção gótica, oriunda da região parisiense, resolvia de maneira feliz uma disparidade de problemas daqueles séculos. Encontrava a solução técnica mais económica para o problema estrutural e permitia exprimir esteticamente o momento histórico e as esperanças duma sociedade em rápida transfiguração. Era ouro sobre azul.

O movimento das Cruzadas, uma certa mobilidade dos técnicos, a disseminação das novas Ordens religiosas (franciscanos e dominicanos) rapidamente espalharam o gótico por toda a Europa e trouxeram-no até Portugal.

Em boa verdade, não há muitos exemplos de gótico genuíno no nosso país. Românico e gótico germinaram em construções híbridas, que na sua associação traduzem da melhor maneira o espírito religioso e os condicionamentos económicos e sociais das nossas gentes.

Se nos lembrarmos que os architectos e mestres de obras apenas tinham conhecimentos empíricos, que os trabalhadores da construção civil eram analfabetos, que não havia sequer papel para desenhar nem regras de desenho, que os meios de trabalho (roldanas, cordas, cabrestantes, martelos, pá, pica e pouco mais) eram rudimentares — como não quedar assombrado perante tanta destreza (para já não falar em tanta arte) que ergueu essas velhas igrejas pelas terras de Portugal?

Os engenheiros souberam, apesar de tantas limitações, resolver de maneira correcta inúmeros problemas de estereotomia e resistência de materiais que lhes punham a cabeça em água. Houve insucessos? Raramente. E por muito que custe dizê-lo, a verdade é que mais insucessos houve com as pontes metálicas do século XIX, apesar da Teoria da Elasticidade ser já uma ciência adulta.

Comparem-se os volumes de materiais de construção gastos com uma catedral gótica e uma catedral românica do mesmo porte. A disparidade é flagrante e ilustra bem a economia conseguida.

O gótico tornou ainda possível a normalização dos elementos construtivos e a sua pré-fabricação na pedreira. Assim se superou a fraca qualificação dos operários e se reduziu o custo dos transportes.

A igreja do Mosteiro de Alcobaça, a igreja do Carmo em Lisboa, a Sé da Guarda, a Sé de Silves são alguns exemplares do nosso gótico tardio — que teve no Mosteiro da Batalha o ponto culminante.

O Mosteiro revelou-se, durante o século e meio que durou a sua construção (ainda hoje é uma «sinfonia incompleta»), uma escola inigualável para os engenheiros e architectos portugueses. Projectado por Afonso Domingues, continuado por mestre Ouguet, ali trabalharam Martim Vasques, Fernão de Évora, João de Castilho, Miguel e Domingos Arruda.

Todo este largo período, que vai desde as origens de Portugal até ao fim do século XV, quando o gótico se extinguiu, é a época áurea da engenharia civil portuguesa.

Nas *Lendas e Narrativas*, Alexandre Herculano põe na boca de Afonso Domingues, já cego, palavras de exaltado protesto contra a nomeação de mestre Ouguet, um estrangeiro, para prosseguir a construção da Batalha. Este protesto não é uma exibição de patriotismo

romântico, mas a expressão exacta do nível técnico e artístico que a arquitectura nacional atingira.

Destes tempos não perduram apenas as velhas catedrais. Os construtores civis não tiveram mãos a medir. Muitos dos paços, solares, castelos, muralhas, que polvilham o nosso país, são fruto da engenharia desta época. Realizações por vezes espectaculares, mas quase sempre bem ajustadas às condições sociais, económicas e técnicas de então.

A CONSTRUÇÃO NAVAL E A ÉPOCA DAS DESCOBERTAS

No século XIV a crise desabou sobre a Europa.

A Guerra dos Cem Anos, a peste negra, as *jacqueries*, conjugaram-se para travar o desenvolvimento das nações europeias, que as tinham gerado no seu próprio seio. A conquista de Constantinopla deu-lhe mais tarde o golpe de misericórdia. A tradicional via comercial para o Oriente ficou barrada pelos turcos, que apareceram às portas de Viena, ameaçando devorar a Europa toda.

Os países ibéricos encontraram-se numa situação privilegiada. A nossa posição geográfica, na ponta da Europa, frente ao mar, poder-nos-ia conduzir, se tivéssemos unhas para tocar guitarra, à descoberta histórica do caminho da Índia pela costa de África. A revolução de 1383 rejuvenescera e exaltara a sociedade portuguesa. Tornámo-nos por um momento o país da vanguarda europeia.

Abriu-se então à engenharia portuguesa a necessidade imperiosa de construir os barcos apropriados a essa tarefa histórica. Os instrumentos indispensáveis às navegações existiam já em grande parte: bússola, leme, cartas-portulano eram bem conhecidas. O transporte fluvial e marítimo estava bastante desenvolvido. As Cruzadas tinham trazido até nós a última palavra da náutica europeia. As medidas tomadas por D. Fernando tinham frutificado e os estaleiros abundavam em toda a costa. A conquista de Ceuta dera-lhes um impulso decisivo.

Numa palavra, a construção naval pôde arrancar a partir do ponto de acumulação de toda a tradição marítima das nações europeias. Sobre os ombros deste saber acumulado, ergueu-se a nossa engenharia naval.

As primeiras embarcações lançadas à exploração da costa ocidental de África foram as barcas. De pequena capacidade, inferior a trinta tonéis, com pequeno calado, tripulação reduzida ao mínimo, um só

mastro, uma só verga, uma vela quadrada — eis os barcos ideais para a navegação num mar incógnito e tenebroso. Foi numa destas barcas que Gil Eanes dobrou o Bojador.

Mas a navegação não era afinal tão perigosa quanto se julgava. A barca foi posta de lado e substituída por uma embarcação maior, o barinel, munido de remos e armado com duas velas. Pouco tempo durou. Era demasiado ronco e a escravatura branca já tinha acabado há muito.

Em substituição do barinel nasce então um barco sem remos, de cerca de cinquenta toneladas, munido de dois ou três mastros, mas que — inovação decisiva — usava unicamente velas latinas, triangulares. Tinha nascido a caravela.

As velas latinas permitiam-lhe bolinar. Atingia velocidades médias de 10 km/h nos mais longos cruzeiros, com ventos adversos na viagem de retorno. Tinha uma facilidade e rapidez de manobra excepcionais. Graças a estas qualidades superiores, a caravela tornou-se o instrumento das navegações portuguesas, garantiu a nossa supremacia naval.

Quem folhear o manuscrito do *Livro Náutico*, ainda hoje existente, pode erguer peça a peça, com absoluto rigor, as embarcações daquele tempo (naus, galeões, caravelas, galés). Quirino da Fonseca calculou a estabilidade das caravelas. Verificou que os conhecimentos empíricos dos nossos engenheiros navais de Quinhentos tinham alta qualidade. As condições de estabilidade das caravelas eram na realidade bastante razoáveis, mesmo aferidas pelas práticas actuais.

O êxito e a supremacia das embarcações de guerra ou de carga durante as navegações portuguesas nasceram do labor e da inteligência de todos quantos trabalharam nos nossos estaleiros navais. Creio não haver exagero em afirmar-se que a construção naval na época das Descobertas foi o ponto mais alto alcançado pela engenharia portuguesa em toda a sua história.

O comércio com a Índia, embora ensombrado pelas tragédias marítimas, trouxe aos nossos soberanos e sua clientela largos capitais, logo investidos em luxo e construções. Moradias como o palácio real de Sintra, igrejas monumentais como os Jerónimos, fortalezas como a Torre de Belém, construções militares pela costa de África e pela Índia — mantiveram o alto crédito da nossa construção civil e militar. A arquitectura manuelina consagrou os nomes de grandes arquitectos, como Mateus Fernandes, Diogo Boytac (francês residente em Portugal), João de Castilho, Diogo e Francisco de Arruda.

Contudo, por brilhante que esta actividade seja, não podemos esquecer que ela representa ou um esbanjamento de capitais ou um desvio para as exigências da «Política de Transporte», que desde então prevaleceu no nosso país e o conduziu à decadência.

A ENGENHARIA MILITAR

A primeira escola oficial de engenharia foi a *Aula de Fortificação e Architectura Militar*, ainda nos meados do século XVII.

Após a Restauração, as necessidades de defesa militar tornaram-se imperativas. O recurso a oficiais estrangeiros revelou-se muito contingente. O ensino por transmissão rotineira ou nas escolas precárias da época não dava conta do recado. Mas não se podia ficar de braços cruzados perante a artilharia, que obrigava a mudar a forma das antigas fortificações, tornadas obsoletas, e a rever toda a estratégia militar.

Desta conjunção de circunstâncias nasceram a engenharia militar e as grandes escolas profissionais.

Na realidade, já no século XVI começara a aparecer na sociedade esse novo técnico, o engenheiro, que se ocupava um pouco de tudo: construções militares, construção de máquinas, exploração de minas, arquitectura civil.

A engenharia começou a associar-se à Ciência, logo que esta, rompendo com a tradição aristotélica, se emancipou da Escolástica. As navegações portuguesas tinham contribuído para escorvar o movimento científico europeu, do qual Portugal ficara arredado devido às circunstâncias peculiares da sua história. Logo após a Restauração tentou recuperar o tempo perdido e foi atraído, aliás intermitentemente, pela irradiação dos sábios do século XVII, que lançaram as bases da Mecânica, da Hidráulica, da Resistência de Materiais, da Metalurgia e das outras ciências do engenheiro.

Na *Aula de Fortificação* e nas escolas que se lhe seguiram até ao fim do século XVIII, o ensino das ciências de base orientou-se directamente para a resolução dos problemas práticos da engenharia militar. Os outros ramos da engenharia ficaram-lhe na sombra.

A Geometria e a Trigonometria fundamentaram a Topografia. Os instrumentos profissionais (transferidor, prancheta, bússola, nível, esquadro, etc.) foram estudados como aparelhos indispensáveis ao pro-

jecto e construção dos fortes, das praças, das muralhas. Desenvolveram-se cuidadosamente os métodos de fortificação, sobretudo o método do marechal Vauban. Ensinou-se o uso correcto das armas de guerra.

Assim começou o reinado dos engenheiros militares.

Foram pau para toda a colher. Era necessário erguer uma fortaleza, construir uma igreja, rasgar um caminho? Recorria-se ao engenheiro militar.

Mas as tradições nacionais da grande engenharia e da grande arquitectura tinham na verdade desaparecido nas enxurradas do domínio espanhol, da Inquisição, da quebra do monopólio do comércio com a Índia, da corrupção, do tratado de Methuen e de outras desgraças que desabaram sobre o nosso povo.

Houve que aliciar engenheiros estrangeiros, sobretudo quando começámos a viver à custa da «nau dos quintos». Ao cheiro porventura das peças de D. João V, acorreram de fora engenheiros e architectos, para a maior satisfação de nobreza e clero na ostentação das riquezas fáceis.

O alemão João Francisco Ludovice, familiar do Santo Ofício e Architecto-Mor do Reino, projectou o Convento de Mafra. Um italiano, Nicolau Nasoni, encheu o Norte de belas casas senhoris, ergueu a Torre dos Clérigos. Outro italiano, António Canevari, iniciou o Aqueduto das Águas Livres em Lisboa (um século antes Francisco Arruda construíra o de Elvas). Trazido pelos architectos estrangeiros, o barroco, ideal artístico do absolutismo europeu, inundou o país de lés a lés.

A RECONSTRUÇÃO DE LISBOA

A construção do Aqueduto das Águas Livres, desde Belas até ao Depósito da Mãe de Água e à distribuição pelos fontenários (onde os galegos iam buscá-la), demorou um bom século. Canevari foi despedido, segundo parece, quando se lhe descobriu a incompetência. O Aqueduto tornou-se a escola prática dos nossos grandes engenheiros e architectos do século XVIII, Manuel da Maia, Custódio Vieira, José da Silva Pais, Carlos Mardel (húngaro de nascimento), Eugénio dos Santos.

A reconstrução de Lisboa, depois do terremoto de 1755, pôs a estes engenheiros problemas inéditos, que eles souberam resolver de forma magistral.

A planta da Baixa lisboeta foi um sucesso. Como era necessário construir depressa, os «engenheiros do Marquês» trouxeram das catedrais góticas os métodos da pré-fabricação. Normalizaram os edifícios, desde a fachada até à estrutura. Aplicaram a produção em série: cantarias, madeiras, ferragens, chegavam ao destino prontas para montagem.

Não quer isto dizer que a Baixa se reconstruísse num bufo. As peias multiplicaram-se, as indemnizações, as faltas de *cum-quistibus* e outros atrasos de vida acumularam-se — e nem o pulso do Marquês conseguia pô-los em ordem.

Os engenheiros pombalinos tiveram ainda de criar uma estrutura predial anti-sísmica para edifícios de três e quatro andares. Nunca ninguém se abalancara a enfrentar tal problema. Carlos Mardel encontrou-lhe a solução com o sistema da «gaiola».

A estrutura dos edifícios consistia numa armação de madeira (uma gaiola), tal qual as estruturas reticuladas que hoje se vêem nos prédios de betão. As paredes apenas revestiam as aberturas entre vigas. Previa-se que um tremor de terra pudesse quebrar e aluir as paredes, mas a gaiola resistiria de pé às vibrações do sismo.

Estes edifícios ficaram alicerçados em estacaria submersa, que como se sabe dura uma eternidade quando é bem feita. Os engenheiros da reconstrução de Lisboa levaram o seu escrúpulo até ao ponto de colocarem guarda-fogos entre edifícios vizinhos, para evitar a propagação de incêndios.

Toda esta obra, magistralmente concebida, forma o ponto culminante da engenharia portuguesa no século XVIII.

Pena foi que as ideias dos engenheiros de Lisboa não tenham frutificado aquém e além Terreiro do Paço, durante estes dois séculos que deles nos separam. Não estaria muito mais dissolvido este nosso insolúvel problema habitacional?

AS PRIMEIRAS ESTRADAS NACIONAIS

Pelo fim do século XVIII começou a esboçar-se a abertura das nossas grandes estradas.

Não havia então em Portugal uma única estrada digna desse nome. Usavam-se caminhos consuetudinários para carroças, veredas para cavalos, e, vamos lá, o que ainda restava das antigas estradas romanas.

Em França e em Inglaterra, o florescimento comercial dera entretanto um vigoroso impulso à construção de estradas e canais, a tal ponto que Luís XIV, em 1716, tinha fundado a *École des Ponts et Chaussées*.

Entre nós, só no fim do século começou a rasgar-se a estrada Lisboa-Porto. O método para a construção foi concebido por um engenheiro português, que procurou adaptar a calçada inglesa às propriedades dos materiais de construção abundantes no nosso território.

José Diogo Mascarenhas Neto descreve o seu processo num curioso livro escrito em 1790, o *Método para Construir Estradas em Portugal*. Não há detalhe algum que o autor não trate miudamente, desde a arte de manusear os aparelhos de nivelamento usados na época, até aos inconvenientes de recorrer a prisioneiros para os trabalhos rodoviários.

O sistema de Mascarenhas Neto é uma variante ao sistema Telford então praticado nas estradas inglesas. Ambos os sistemas (e também o método francês de Tomás Trésaguet) se baseiam num princípio radicalmente oposto ao da estrada romana. Para eles, a estrada não é um muro sobre o qual as viaturas rodam, mas um órgão elástico de transmissão entre as cargas e o terreno.

Nenhum destes métodos era completamente satisfatório. Em minha opinião (e peço desculpa por meter foice em seara alheia), o ponto fraco do sistema Mascarenhas Neto estaria na utilização exorbitante de terras calcárias e de tufo. O seu ponto forte, relativamente às calçadas francesa e inglesa, seria a nitidez das funções da valeta.

Como se sabe, o tipo de estrada finalmente universalizado deve-se a John McAdam. Para McAdam, a espessura da estrada e a sua capacidade de carga eram irrelevantes. Bastavam duas ou três camadas de cascalho, que o cilindro e o trânsito compactavam — desde que o subsolo da estrada se mantivesse enxuto, graças à drenagem pelas valetas laterais. O método de McAdam tornou-se desde 1830 o padrão da estrada moderna.

Mascarenhas Neto aplicou o seu método na estrada Porto-Guimarães. Iniciou em seguida a estrada Lisboa-Porto, mas não ultrapassou Coimbra. Sobre ela passou a transitar em 1798 a malaposta a cavalos, que faliu seis anos depois.

Portugal teve então de esperar meio século para finalmente possuir uma rede de estradas. Todas elas foram estradas macadamizadas. No entretanto, durante este meio século, a Revolução Industrial chegou a Portugal.

O ENSINO DA ENGENHARIA E O LIBERALISMO

Em boa verdade, a Revolução Industrial tardou o seu bom século e meio a desembarcar na «ocidental praia lusitana». No que toca a Engenharia, creio que teve a sua primeira manifestação evidente na reforma do ensino decretada por Passos Manuel em 1837.

A partir da *Real Academia de Marinha e Comércio*, erguida em 1803 sobre os destroços das antigas *Aula de Náutica* e *Aula de Debuxo e Desenho*, Passos Manuel criou a *Academia Politécnica do Porto*, destinada a formar oficiais da marinha e engenheiros civis de todos os ramos (de minas, construtores de navios, de pontes e estradas, geógrafos).

A engenharia civil separara-se definitivamente da engenharia militar.

As reformas que ao longo dos anos se foram decretando visavam o mesmo objectivo de rejuvenescer e modernizar a engenharia portuguesa. Os *Conservatórios de Artes e Ofícios*, os *Institutos Industriais*, a *Escola do Exército*, a *Escola Naval*, a *Escola Politécnica*, todas tinham por finalidade adaptar o ensino superior ao novo país que brotou da destruição do Antigo Regime. E não é por acaso que o impulso inicial se deve precisamente a um setembrista, Passos Manuel, membro de destaque da ala progressista do nosso Liberalismo.

Também não foi por acaso que a Academia Politécnica passou as passas do Algarve. Programas e professores deram de si bom recado. Mas os professores ficavam meses sem receber os ordenados. A Academia viveu sempre no meio de mil dificuldades, de mil entraves. A construção do edifício escolar decorreu com o mesmo dinamismo e determinação que hoje pomos no Alqueva.

A ENGENHARIA PORTUGUESA E O FONTISMO

A instabilidade política, que durou desde as invasões francesas até meados do século XIX, seguiu-se a época do Fontismo. A partir de 1850 e durante trinta anos, o engenheiro Fontes Pereira de Melo, estivesse dentro ou fora do Governo, manteve-se a mentor político de Portugal. Inaugurou uma era de fomento, baseada no empréstimo estrangeiro. Tal foi a solução que a «lei do menor esforço» encontrou para nos

conformarmos com a perda do Brasil e podermos continuar a viver sem grandes maçadas.

Aparentemente, o Fontismo constitui uma época áurea para a engenharia portuguesa. Na realidade, foi o contrário.

O que de mais espectacular houve no Fontismo consistiu na criação das redes de transporte, rodoviária e ferroviária.

Em vinte e cinco anos, a partir de 1849, construíram-se 4 000 km de estradas, principais e secundárias. O próprio Fontes, nos quatro anos em que esteve à frente do Ministério das Obras Públicas, presidiu à abertura de 600 km de estradas.

A estrada Braga-Porto-Lisboa, com uma derivação de Montijo para Badajoz, sulcou o país a meio. A malaposta Lisboa-Porto começou a correr em 1855, com as suas inúmeras estações de muda, os farwestianos assaltos no pinhal de Azambuja, as trinta e quatro horas de viagem. Outras diligências iam até Badajoz ou trotavam entre Braga, Porto e Guimarães. Que grande reviravolta no Portugal arcaico...

Em 1825 tinha sido inaugurada em Inglaterra, sob os auspícios da rainha Vitória, a primeira linha férrea com comboios a vapor. A *Railway Mania* varreu a Inglaterra e em meia dúzia de anos os caminhos de ferro, que se revelaram um negócio da China, chegaram a toda a parte. A febre de construir vias férreas parecia não ter limites.

A construção dos nossos caminhos de ferro arrancou em 1886, depois de polémicas e peripécias sem conta, onde a intriga política, a corrupção e o escândalo atingiram níveis superiores. No fim do século, os caminhos de ferro tinham já 3 500 km de extensão (hoje pouco mais tem).

A primeira linha implantada foi a via férrea Lisboa-Porto, com a sua derivação para Espanha no Entroncamento. O projecto teve como autor o engenheiro inglês Rumball, empreiteiros ingleses trataram da construção, os carris, as locomotivas e todo o material de tracção foram encomendados à Inglaterra e à Bélgica.

Portugal contribuiu com a mão-de-obra, enquadrada pelos técnicos ingleses. Graças ao seu esforço e ao seu suor, a civilização pôde irradiar para todos os recantos do país gótico. Estes mouros de trabalho aguardam que o seu José Saramago lhes escreva um dia a epopeia.

O caminho de ferro liquidou a malaposta e as diligências, suprimiu o barco a vapor da carreira Lisboa-Porto, destroçou a navegação fluvial. Só os almocreves resistiram (até à chegada da camioneta no século XX).

Os caminhos de ferro reduziram os tempos de viagem a um terço e os preços a metade. O país ficou mais pequeno.

Na opinião crítica de António Sérgio, «o caminho de ferro, levando subitamente às nossas aldeias a produção estrangeira mais barata, tinha como resultado prejudicar a nossa — já que lhe não davam, a esta, incentivos e aperfeiçoamentos que a habilitassem a superar os efeitos daquele progresso das comunicações».

É sabido que a industrialização de grandes países, nomeadamente os Estados Unidos e a Alemanha, esteve vinculada à construção dos caminhos de ferro. Nos meados do século XIX, os caminhos de ferro constituíam o «abre-te Sésamo» da industrialização. Com eles se associavam a metalurgia do ferro e a construção de máquinas, que eram o ponto crucial, o ponto nevrálgico do progresso económico das nações. Nas circunstâncias em que foi realizada em Portugal, a construção dos caminhos de ferro, obra de estrangeiros, traduziu e reforçou o nosso atraso. O povo português mostrou-se incapaz de acompanhar, senão de longe e subalterno, o desenvolvimento da Revolução Industrial. António Sérgio não deu a devida ênfase à implicação profunda das condições negativas em que se criou a nossa rede ferroviária.

A CONSTRUÇÃO DE PONTES

A situação da nossa engenharia, como não podia deixar de ser, retrata a mesma subalternidade. Tomemos para exemplo o caso das pontes metálicas, que se construíram às centenas. E vamos ilustrá-lo com a história das pontes sobre o rio Douro, no Porto.

A primeira foi uma ponte de barcos, inaugurada em 1806, com projecto de Carlos Amarante, um dos últimos engenheiros militares do fim do século XVIII.

Tão precária construção tornou-se incompatível com a estrada Lisboa-Porto em perspectiva e com o progresso da cidade. Pensou-se substituí-la por uma ponte de pedra, imaginada por um frade do Mosteiro da Serra do Pilar, obra formidável de que existe um desenho de Carlos Amarante. Mas o bom senso prevaleceu e resolveu-se construir uma ponte pênsil.

A antiga concepção das pontes suspensas tinha sido modernizada no início do século XIX pelo engenheiro americano James Finley.

A famosa ponte dos estreitos de Menai, com um vão central de 170 m, projectada e construída por Telford em 1826, consagrou este modelo como o *dernier cri* das pontes daquela época.

A ponte pênsil do Porto foi projectada por um engenheiro francês de talento, Stanislas Bigot, que a construiu em vinte e um meses e a inaugurou em 1843. Importaram-se todos os materiais de construção, desde os fios de ferro trefilado para a constituição dos cabos até às próprias madeiras do tabuleiro. Exceptuaram-se os granitos e peças menores. A mão-de-obra era portuguesa e Bigot faz-lhe elogios que não desmerecem das expressões que costumamos nos nossos dias ouvir aos Presidentes da República Francesa.

Pouco anos depois a via férrea chegou a Gaia e tornou indispensável uma ponte ferroviária para galgar o Douro. A construção das pontes pênsis estava já abandonada, vivia-se a época das pontes inteiramente metálicas, em vigas de ferro forjado. Aproveitou-se o projecto genial do engenheiro francês Theophile Seyrig, que trabalhava então na casa G. Eiffel & Cie. Com um custo inferior em 30 % ao do concorrente melhor colocado, a construção foi-lhe adjudicada em 1875 e dois anos depois o comboio real atravessou-a.

As mil quatrocentas e oitenta toneladas de ferro foram trazidas de França, em elementos pré-fabricados, já furados para a rebiteagem. Os operários limitavam-se a montar as vigas e cravar os rebites. Tudo o mais veio também de França, salvo peças menos importantes. Tão boa conta de si deram os operários portugueses que Eiffel contratou alguns para França.

Diga-se de passagem que não morreu ninguém na construção da ponte e Eiffel disso se vangloriava. Junte-se a perfeição do projecto e a rapidez da execução — e temos os ingredientes que geraram, a partir da ponte Maria Pia, a reputação de Eiffel como o *leader* mundial da construção metálica.

Uma terceira ponte, também projectada por Seyrig, mas construída por um concorrente estrangeiro de Eiffel (com quem Seyrig se incompatibilizara), substituiu em 1886 a ponte pênsil. Projecto e materiais de construção — tudo ou quase tudo veio de fora.

Tal é a história edificante das pontes do Porto no século XIX.

Para sermos justos, devemos notar que muitas das centenas de pontes metálicas, construídas por esse país fora na segunda metade do século XIX, tiveram projecto de engenheiros portugueses. Mas as grandes pontes, tanto quanto sei, não o tiveram.

Também é justo e necessário destacar as obras da nossa engenharia nas construções mais diversas, desde projectar habitações ou desassorear rios, até abastecer de água as povoações ou instalar-lhes redes de esgoto. E numa obra tão importante como o porto de abrigo de Leixões, que começou a ser projectado por engenheiros estrangeiros, a última palavra coube a um português, Manuel Espregueira.

A paternidade e a idoneidade destas obras estão fora de causa. Aquilo que quero pôr em evidência é que a engenharia portuguesa se subalternizou exactamente no ponto nevrálgico da Revolução Industrial. Falhou onde nunca deveria ter falhado, se Portugal não tivesse perdido a marcha do desenvolvimento económico.

A ENGENHARIA PORTUGUESA NO FIM DO SÉCULO XIX

Esta inferioridade propagou-se a toda a actividade técnica concatenada ao cerne da Revolução Industrial.

A construção naval, na idade do barco a vapor, atingiu as raiais do ridículo. Quem ler o artigo que Eça de Queiroz escreveu n'*Uma Campanha Alegre sobre A Marinha e as Colónias*, fica a fazer uma linda ideia do estado a que chegámos.

Nas telecomunicações ficámos redondamente amarrados ao estrangeiro. O telégrafo Breguet chegou a Portugal com os caminhos de ferro. Todo o restante equipamento telegráfico para as redes de telecomunicações, fosse ele Morse, Hughes ou Baudot, vinha «em caixotes do Havre» ou de Hamburgo.

Mal Alexandre Bell patenteou em 1876 o telefone e o mostrou na Exposição de Filadélfia, logo meses depois uma linha telefónica ligava o Observatório Meteorológico da Politécnica com o Observatório Astronómico da Ajuda. Maximiliano Herrmann (alemão radicado em Lisboa) e o electricista português Cristiano Bramão fizeram em Lisboa as primeiras ligações telefónicas, com aparelhos de sua lavra. Ainda tentaram montar a rede telefónica de Lisboa, mas o governo de 1881 abriu um concurso internacional e são os ingleses que acabam por instalar as redes públicas de Lisboa e Porto.

Nos transportes urbanos, o panorama, *mutatis mutandis*, é exactamente o mesmo.

Em 1872 apareceram no Porto, até Matosinhos e Leça, os primeiros carros rolando sobre carris, puxados por mulas. No ano seguinte instalaram-se em Lisboa, de Santa Apolónia a Santos. O sucesso foi tal que a exploração chegou a contar na capital com 70 km de linhas, 300 carros e 1 200 mulas!

Coimbra teve também os seus carros puxados a mulas, mas Braga começou em 1882 com carros arrastados por pequenas máquinas a vapor, numa linha de 5 km entre a estação dos caminhos de ferro e o funicular do Bom Jesus. No Porto e em Lisboa já há anos se viam estas locomotivas a vapor, puxando três carros de cada vez.

Mas eis que chega a tracção eléctrica. Em 1895 inaugura-se a primeira linha electrificada da Península Ibérica, desde o Carmo até ao Ouro, no Porto. Seis anos mais tarde irrompe em Lisboa, entre o Cais de Sodré e Algés.

Todo o material para o transporte urbano veio do estrangeiro. A engenharia portuguesa da construção mecânica não construiu praticamente um só carro de mulas, um só carril, uma só das locomotivas a vapor, um só destes carros eléctricos, um só dos seus motores.

A Electricidade entrou em Portugal pela mão do rei D. Luís, que em 1878 mandou iluminar a fortaleza de Cascais para celebrar o aniversário do Príncipe Real. A central de 8 HP alimentava seis brilhantes candeeiros Jablochkof, exactamente iguais aos que tinham sido experimentados três meses antes na Ópera de Paris. D. Luís ofereceu tudo à Câmara Municipal de Lisboa, que fez um brilharete iluminando o Chiado e arredores.

Em 1886 o Teatro de S. Carlos inaugurou a iluminação eléctrica, três anos depois trinta e oito lâmpadas de arco deslumbraram os lisboetas na Avenida da Liberdade, pela mesma altura Vila Real inaugurou a primeira rede pública de distribuição eléctrica, em 1891 nasceram as CRGE, empresa belga que deu electricidade a Lisboa durante muitos anos.

Mas sempre e por toda a parte uma situação secundária da engenharia portuguesa, naqueles sectores que constituíam a «tecnologia avançada» da época. Numa palavra e para usar ainda expressões na moda — no século XIX a nossa engenharia contentou-se com algum *software* mas pouco meteu dente no *hardware* das grandes inovações técnicas.

Isto não aconteceu, evidentemente, por qualquer incapacidade congénita da nossa engenharia, mas pelo estado de sub-desenvolvimento da nossa economia no século XIX.

Quem teve a paciência de ler este trabalho, constatou de resto que os altos e baixos da engenharia em Portugal coincidem com os altos e os baixos da situação histórica geral do país. Neste sentido, a história da engenharia é o reflexo directo da história da nação. Que outra coisa poderia ser?