

J. PINTO PEIXOTO • F. R. DIAS AGUDO • J. TIAGO DE OLIVEIRA • J. CAMPOS FERREIRA  
MARGARITA RAMALHO • A. RIBEIRO GOMES • ARMANDO POLICARPO • F. DUARTE SANTOS  
J. GOMES FERREIRA • L. A. MENDES VICTOR • MANUEL LARANJEIRA • M. GOMES GUERREIRO  
J. CÂNDIDO DE OLIVEIRA • ROBALO CORDEIRO • J. CELESTINO DA COSTA • A. CASTRO CALDAS  
BARAHONA FERNANDES • ARANTES E OLIVEIRA • A. F. CARVALHO QUINTELA • A. BARBOSA  
DE ABREU • GOUVÊA PORTELA • L. BRAGA CAMPOS • J. J. DELGADO DOMINGOS • A. F.  
OLIVEIRA FALCÃO • DOMINGOS MOURA • H. CAMPOS NETO • A. LARCHER BRINCA • J. F.  
QUINTINO ROGADO • M. AMARAL FORTES • M. BAPTISTA BRAZ • M. PEREIRA COUTINHO  
FERNANDO ESTÁCIO • P. O. PEREIRA SANTOS • A. A. MONTEIRO ALVES • BRITALDO RODRI-  
GUES • L. AIRES DE BARROS • MATOS ALVES • M. PORTUGAL FERREIRA • ANTÓNIO RIBEIRO  
FRANCISCO GONÇALVES • TELLES ANTUNES • LUÍS ARCHER • J. MONTEZUMA DE CARVALHO  
J. FIRMINO MESQUITA • ABÍLIO FERNANDES • J. MALATO-BELIZ • ARSÊNIO PATO DE  
CARVALHO • A. XAVIER DA CUNHA • ALLEN DEBUS • J. SIMÕES REDINHA • SEBASTIÃO  
J. FORMOSINHO • A. M. A. ROCHA GONSALVES • L. ALMEIDA ALVES • OLIVEIRA CABRAL  
FRAÚSTO DA SILVA • JOSÉ V. PINA MARTINS • AMÉRICO COSTA RAMALHO • FERNANDO  
REBELO • C. ALBERTO MEDEIROS • ILÍDIO DO AMARAL • MANUEL GARRIDO ARAÚJO  
MANUEL VIEGAS GUERREIRO • A. SIMÕES LOPES • A. SOUSA FRANCO • ONÉSIMO T. ALMEIDA  
JUSTINO MENDES DE ALMEIDA • FRANCISCO GAMA CAEIRO • RÔMULO DE CARVALHO

---

# HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA EM PORTUGAL NO SÉC. XX

I VOLUME



---

PUBLICAÇÕES DO II CENTENÁRIO DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA  
LISBOA • 1992

# NOTAS SOBRE A ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA, EM PORTUGAL, NO DOMÍNIO DA ENERGIA

DOMINGOS MOURA \*

## Summary

An outline of the evolution of the circumstances under which the electric engineering performed in Portugal, in the field of electric energy is presented, from the end of the past century until today.

After presenting a short world-wide view of the electrical engineering in the end of the XIX century a comparison is done with the conditions in Portugal over the same period.

During the first fifty years of the XX century, the portuguese electrical engineering gradually found conditions to develop.

Between the two world wars the regional electricity production and distribution systems were developed; the studies and designs were, in general, performed by portuguese electrical engineers, although sometimes supported by the producers of foreign equipment.

After the second world war, in the fifties and sixties, the portuguese electrical engineering developed ample activities: building great power stations; national electrical grid construction; growing distribution networks; equipment construction. It is also significant in the electrification activities in Angola and Mozambique.

Today the electrical engineering practice in Portugal is performed more and more in conditions ruled by its integration into the European Communities.

## 1. Panorama mundial da Electrotecnia (energia) nos finais do século XIX

O esboço da actividade da engenharia electrotécnica em Portugal obriga a seguir a evolução das atitudes mentais dos técnicos, a avaliar capacidades de pensar e de agir, a analisar os ensinos e os objectivos

\* Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico, DEEC.

dos ensinos, tudo isto tendo como fundo o panorama do que os electro-técnicos vão projectando e construindo.

Temas diferentes seriam a história da indústria da electricidade ou a história do ensino da Electrotecnia em Portugal. Já em 1985 o Prof. Duarte Ramos num editorial da revista *Electricidade*<sup>1</sup> acentuava a urgência de se fazer «a análise da evolução das estruturas da energia eléctrica no nosso país» enquanto não se apagam de todo as memórias dos pioneiros e não desaparecem os papéis dos arquivos; já se perderam, sem registo, muitos testemunhos, e documentação importante foi destruída ou está em locais que ninguém conhece sendo impossível recuperá-la.

Todavia fazer a história da indústria da electricidade ou do ensino da Electrotecnia em Portugal, requer o método e o saber do historiador e não é esse o nosso objectivo. Temos pretensão mais restrita: ordenar algumas informações e tentar perceber as atitudes mentais com que foi exercida, entre nós, a engenharia electrotécnica desde os fins do século passado até aos nossos dias. Quem sabe se o nosso trabalho não motivará outras pessoas a atreverem-se a voos mais longos...

\*

O método científico serve ao cientista para encontrar as explicações racionais do acontecer; serve ao engenheiro para adaptar o mundo exterior aos interesses dos homens e das comunidades.

Como todas as definições esta é criticável; mas não será cada vez mais movediça a fronteira entre Ciência e Tecnologia?

O que caracteriza o engenheiro electrotécnico é conhecer e praticar a Electrotecnia. Esta, num sentido lato, é o conjunto das aplicações tecnológicas do Electromagnetismo e espraia-se pelos domínios da energia e das comunicações. As informações e os juízos expostos neste trabalho restringem-se à Electrotecnia nos domínios da energia ou, em linguagem menos precisa, às aplicações da energia eléctrica. Julga-se desnecessário repetir monotonamente esta restrição ao longo do texto.

A evolução da Electrotecnia em Portugal processa-se, como é lógico, no quadro mundial do progresso científico e tecnológico. Por isso se delineia, embora com traços brevíssimos, qual foi o percurso e qual era a situação da Electrotecnia nos finais do século XIX.

\*

O interesse da forma eléctrica da energia está em primeiro lugar na facilidade com que se transmite; depois na facilidade com que se converte noutras formas de energia.

O conhecimento fundamental que suporta quer a transmissão da energia eléctrica quer a conversão em energia mecânica ou em energia térmica estava adquirido nos finais do século XIX; no último decénio desse século já eram de uso corrente as suas mais importantes aplicações tecnológicas: os transformadores, os geradores, os motores eléctricos, as lâmpadas para iluminação.

Transformadores, geradores e motores são consequências imediatas ou muito próximas da lei de indução — elo fundamental entre electricidade e magnetismo descoberto por Faraday em 1831. Os trabalhos imortais de Faraday remataram notabilíssima sequência de investigações que a partir da experiência de Oersted em 1820 ocuparam espíritos notáveis como Ampère, Arago e Laplace.

O princípio da indução electromagnética esteve — podemos dizê-lo literalmente — sob os olhos destes investigadores aos quais não faltava o génio tão manifestamente presente nos contributos com que qualquer deles enriqueceu o conhecimento científico. Todavia o desconhecimento do princípio da conservação da energia — que só em 1845 será enunciado por Robert von Mayer — encobriu-lhes a relação básica entre magnetismo e electricidade.

O uso dos fenómenos de indução para obter a conversão da energia mecânica em energia eléctrica conduz naturalmente à obtenção de corrente alternada. Contudo as aplicações da electricidade que então se faziam usavam a corrente contínua fornecida pelas pilhas de Volta. Na época parecia evidente que a corrente alternada, obtida pelo movimento de espiras num campo magnético, teria de ser convertida em corrente contínua para ter alguma utilidade; muitos investigadores esforçaram-se por realizar um comutador que não fosse rapidamente destruído pelo faiscar entre contactos (Ampère, Pixii, Siemens, Pacinotti).

Foi necessário esperar quase quarenta anos para que um operário belga, Zenobe Gramme, atacasse o problema fora dos quadros da teoria que não dominava, e movido por intuição genial da realidade construísse, em 1869, o gerador que hoje conhecemos; invenção — no dizer de Lucien Poincaré — que foi o ponto de partida de um movimento industrial tão

considerável que só teve equivalente na introdução do uso industrial do vapor<sup>2</sup>.

A descoberta de Gramme ofereceu uma fonte de corrente contínua de grande potência o que não só facilitou enormemente a investigação e o desenvolvimento da Electrotecnia como abriu o caminho ao progresso explosivo da indústria da electricidade. Logo quatro anos depois na exposição universal de Viena, em 1873, era verificado por Hyppolite Fontaine — parece que em consequência do esquecimento de desligar um interruptor — que a máquina de Gramme era reversível, isto é, se percorrida por uma corrente eléctrica, rodava entregando energia mecânica no veio.

O princípio do motor eléctrico já fora entrevisto por Faraday mas foi preciso esperar quase meio século para que o génio de Gramme e o espírito observador de Fontaine fizessem aparecer, de súbito, um motor de corrente contínua que no essencial pouco difere do que hoje é usado.

Cinco anos depois da exposição de Viena, Edison, em 1878, com persistência sobre-humana, consegue, após mais de um milhar de tentativas, obter um filamento estável para a lâmpada incandescente.

Em 1881 o engenheiro Marcel Deprez demonstra o interesse das altas tensões para a transmissão da energia eléctrica; logo em 1884 Lucien Gaulard e John Gibbs patenteiam o transformador que permite facilmente obter altas tensões alternadas.

No ano de 1884 apresentavam-se dois caminhos para o desenvolvimento da indústria da electricidade: a corrente contínua com geradores e motores eficientes mas com dificuldade em obter as tensões elevadas necessárias à transmissão a distância; a corrente alternada com geradores eficientes e permitindo, graças ao transformador, obter facilmente tensões elevadas, mas com motores complicados e caros.

Não foi preciso esperar mais de um ano para que o panorama se alterasse. Em 1885 Galileo Ferraris, professor de Física Tecnológica na Escola de Engenharia de Turim, enuncia o seu célebre teorema afirmando que correntes eléctricas alternadas percorrendo bobinas fixas, adequadamente colocadas, originam um campo magnético girante.

A simplicidade e a beleza do enunciado e da demonstração ofuscaram no espírito do grande professor a importância da utilização que se pode fazer o seu teorema: o campo magnético que roda arrasta circuitos fixados a um veio, realizando assim um motor eléctrico de corrente alternada, muito simples, robusto e barato. É o croata Nikolas Tesla que, ainda em 1885, parece que ignorando os trabalhos de Ferraris,

propõe o motor de indução tal como hoje o usamos, o qual é uma aplicação directa do teorema de Ferraris.

Pode dizer-se que em 1885 terminou a era das grandes criações no domínio da Electrotecnia da energia; estavam adquiridos, em formas que pouco diferem das actuais, os principais componentes dos sistemas de energia eléctrica que no século seguinte iriam cobrir o mundo. Neste progredir avultam três nomes: Michael Faraday, Zenobe Gramme e Galileo Ferraris.

Em 1873 James Maxwell apresenta as equações do campo electromagnético — uma das mais geniais criações do espírito humano — contendo, de forma unificada, os modelos físico-matemáticos que suportam, entre outras coisas, os sistemas de energia eléctrica e os seus componentes. Todavia em 1873 já eram conhecidos os geradores de corrente alternada e de corrente contínua e, é nesse ano que Fontaine demonstra a reversibilidade do dínamo e realiza a primeira transmissão de força motriz a distância. As descobertas fundamentais do transformador (Gaulard) e do motor de indução (Ferraris e Tesla), embora posteriores a 1873 não dependeram da formulação por Maxwell das equações do campo electromagnético, antes radicam muito directamente nos trabalhos de Arago, Faraday, Henry e Ruhmkorff.

O desenvolvimento da Electrotecnia na segunda metade do séc. XIX não emergiu no mundo industrial como acidente isolado. Pelo contrário veio complementar grandes progressos conseguidos quer nas máquinas térmicas quer nas máquinas hidráulicas, permitindo transmitir para os locais onde o seu uso tinha mais valor, grandes quantidades de energia que a natureza oferecia em locais distantes. A transmissão eléctrica veio oferecer às turbinas a vapor (Parsons, 1884) e às turbinas hidráulicas (Francis, 1849; Pelton, 1870) possibilidades de exploração muito económicas.

É certo que subsistiam dificuldades importantes que seriam objecto dos desenvolvimentos da Electrotecnia durante o século XX: no uso das tensões elevadas, na estabilidade dos geradores em paralelo, nos fenómenos transitórios, no controlo de sistemas que se iam tornando muito extensos e complexos. Também durante o século XX serão aperfeiçoados modelos matemáticos e o seu uso nos sistemas de energia eléctrica, quer para a análise dos fenómenos que ocorrem nas redes quer para compreender o comportamento das máquinas: Steinmetz, Fortescue, Blondel, Kron, entre outros, tiveram importância funda-

mental para o progresso da Electrotecnia. Contudo nos finais do séc. XIX as grandes aquisições tecnológicas estavam feitas.

\*

As potencialidades da indústria da electricidade foram rapidamente pressentidas por importantes grupos financeiros que imediatamente se lançaram na sua exploração. Também os ensinos organizaram-se para responder à crescente procura de especialistas que a indústria previa. Não cabe nestas notas historiar o que foi o desenvolvimento da indústria da electricidade nem o dos ensinos que o suportaram. Apenas uma referência, porque é exemplar, ao que se passou em França.

Em 1883 é fundada a Société Française des Électriciens tendo por objectivo o estudo e a discussão de todos os conhecimentos e documentos ligados com o progresso da electricidade, a difusão de documentação e o apoio técnico aos organismos encarregados da regulamentação dos equipamentos e instalações técnicas. Em 1891 é-lhe confiada a organização do Laboratório Central de Electricidade no qual são admitidos alunos livres autorizados a seguirem os ensaios e as pesquisas. Esta foi a origem da Escola Superior de Electricidade de Paris que se tornou numa das mais prestigiadas escolas de Electrotecnia.

Ainda no século passado, em 1898, é fundada em França a Compagnie Générale d'Électricité (C.G.E.) com o objectivo inicial de construção de equipamento mas que rapidamente se consagra à instalação de centrais eléctricas de grande potência e à fundação de empresas de distribuição. Mais tarde, já em pleno século XX, a C.G.E. irá transformar-se num poderoso «trust» controlando fabricações em todos os domínios da electricidade industrial.

Nos grandes países industriais o progresso da electricidade correspondia às necessidades do desenvolvimento que pedia mais conforto para as pessoas e energia abundante e barata para a produção. Todo um sistema se vai edificando propulsionado por homens de génio do que são exemplos Thomas Edison e George Westinghouse nos Estados Unidos, Werner von Siemens na Alemanha e William Thompson (depois Lord Kelvin) no Reino Unido.

A amplitude que nos finais do século passado já atingira a electrificação nos países industrializados da Europa é bem sugerida pelas palavras com que Paul Janet apresenta o curso dado em 1892 na Facul-

dade de Ciências de Grenoble sob os auspícios da Municipalidade: «... em empreender um ensino ... no centro de uma região onde as indústrias eléctricas mais diversas estão representadas, onde as mais pequenas povoações estão electrificadas ...»<sup>3</sup>.

Meio importante de difusão de conhecimentos, de potencialidades e de realizações são os congressos e as exposições. Em 1881 realiza-se em Paris a primeira exposição universal de electricidade ao mesmo tempo que decorre o primeiro congresso internacional dos electricistas<sup>4</sup>.

Entre os membros do congresso estão Helmholtz, Kirchhoff, Siemens, Gramme, Deprez, Planté, Becquerel. No congresso consegue-se uma primeira normalização das unidades eléctricas; é durante o congresso que Marcel Deprez apresenta a sua tese sobre a transmissão de energia eléctrica a distância.

A exposição é iluminada feericamente; um carro eléctrico circula entre a exposição e a Praça da Concórdia; duas salas são consagradas às invenções de Edison. «A exposição apresentava o estado completo da indústria eléctrica de então»<sup>4</sup>.

Nos finais do século XIX a aplicação da energia eléctrica que mais impressionava e mais interessava o público era a iluminação e foi ela que impulsionou o estabelecimento das primeiras redes eléctricas. A importância da transmissão de força motriz a grande distância só no início do século XX viria a mostrar o seu peso decisivo na expansão da indústria da electricidade.

## 2. A Electrotecnia (energia), em Portugal, nos finais do século XIX

E, em Portugal, qual era a situação?

Nos finais do século XIX as atitudes mentais predominantes na sociedade portuguesa não eram propícias a grande dinamismo nas tecnologias. Visitando Portugal em 1909, o sociólogo Léon Poincard caracteriza a situação portuguesa na segunda metade do século XIX e princípios do século XX com palavras severas das quais se extrai o seguinte<sup>5</sup>:

«... Afastados do trabalho e dos empreendimentos perderam os portugueses das classes superiores a compreensão do prático e do útil. A observação rigorosa, exacta, paciente e chã, não a pode compreender quem como elas (*sic*) procurou as carreiras intelectuais ou a ociosidade completa. Proveio daí uma tendência natural e uma preferência espontânea pela exposição teórica e fácil dos livros, bastantes para assuntos

de subtis discussões ou dissertações eloquentes e engenhosas. Por isso a sua instrução secundária e a superior estão muito atrasadas apesar dos recentes esforços para elevá-las ao nível dos resultados obtidos com os métodos modernos.»

Faltam-nos informação e autoridade para garantir que o quadro delineado por Poinard faz a descrição rigorosa da mentalidade portuguesa na transição entre o século XIX e o século XX. Todavia é precisamente a mesma impressão que se recolhe ao ler escritores portugueses da época; encheriam volumes as citações de Eça de Queiroz e de Ramalho Ortigão explanando com minúcia o que Poinard sintetiza em poucas linhas.

Curiosamente cai na área da energia o seguinte comentário de Ramalho Ortigão: «... enquanto permanecer como axioma no espírito dos nossos sábios oficiais que em Portugal não pode haver indústria porque não há carvão, o que é um erro grosseiro num país, onde por enquanto estão ainda quase inteiramente desaproveitados para o trabalho fabril os grandes motores naturais como a corrente das marés, o vento, o calor solar e os rios ...»<sup>6</sup>.

São poucas as fontes que se podem consultar procurando notícia sobre o estado e o evoluir das tecnologias em Portugal neste período. Uma fonte que se afigura significativa é a Revista de Obras Públicas e Minas publicada, a partir de 1870, pela Associação dos Engenheiros Civis Portugueses (aqui «civis» significa «não militares»).

Uma primeira impressão que se colhe ao folhear a revista, nos primeiros anos de publicação, é o nível excelente dos artigos sobre caminhos de ferro, pontes, e tecnologias afins. A política de Fontes Pereira de Melo não só promovia a realização de obras mas também vivificava o meio técnico.

Amortecida a política das vias de comunicação diminui o interesse técnico e, de modo geral, o nível dos artigos publicados. Todavia continua a manter-se actualizada a «Secção Noticiosa» que em curtos parágrafos informava sobre o que, com mais relevo ou despertando mais curiosidade, ia acontecendo no estrangeiro e em Portugal.

Durante os trinta anos entre 1870 e 1899 aparecem algumas notícias ligadas com as tecnologias da energia eléctrica. Logo no primeiro número (Janeiro de 1870) é noticiada a invenção de um professor da Universidade de Edimburgo que obtém sinais intermitentes de luz nos faróis graças à descarga de um condensador comandada por um sistema

mecânico oscilante. A energia eléctrica é fornecida por uma «bateria de Volta»<sup>7</sup>.

Todavia a maioria das referências a aplicações da electricidade situa-se nos domínios das telecomunicações. No segundo número (Fevereiro de 1870) a «Secção Noticiosa» abre com uma notícia de duas páginas sobre a ligação telegráfica por cabo submarino entre Portugal e a Inglaterra<sup>8</sup>. A notícia além do programa dos trabalhos descreve as características do cabo e informa que a companhia que lançará o cabo pertence a um grupo liderado pelo «Telegraph Constructions and Maintenance Company» a qual mobiliza o capital, considerável para a época, de 3 850 000 libras.

Até ao final do século são frequentes as notícias sobre instalações de telecomunicações, publicando-se também, sobre o mesmo assunto, vários artigos «doutrinários». A sua análise não cabe neste trabalho.

Não se encontrou na Revista de Obras Públicas e Minas qualquer referência à exposição de Viena de 1873 — tão importante para a Electrotecnia pois foi em plena exposição que se descobriu a reversibilidade do gerador de Gramme, como acima se recordou.

Todavia a exposição de 1873 não passara despercebida em Portugal. Ramalho Ortigão conta nas *Farpas*<sup>9</sup> que Fradesso da Silveira ao voltar da exposição de Viena, para a qual fôra nomeado comissário de Portugal, tenta em 1874, fundar em Lisboa uma colecção de arte industrial formada com peças obtidas em Viena. Ramalho explica, entre jocoso e indignado, como a iniciativa fracassou, já depois da morte de Fradesso da Silveira:

«... Enquanto nas estações oficiais se ia discutindo a pouco e pouco o problema do lugar onde tinha de ser posto o incómodo empacho que inteiramente pejava a repartição aduaneira, começou-se a observar na alfândega que a colecção de arte industrial '... ia diminuindo sempre...' até que da última vez que lá foi a comissão de peritos encarregados de dar parecer sobre o assunto se constatou 'com júbilo indiscreto e com satisfação geral' que da colecção 'não existia senão o funcionário encarregado de a espanar, as prateleiras muito bem espanadas e o espanador'».

\*

No volume correspondente ao ano de 1876 aparece um longo artigo sobre «Máquinas magneto-elétricas do Sr. Gramme»<sup>10</sup>, da autoria de

Alfredo Niaudet-Breguet. A leitura dos parágrafos iniciais sugere — mas não é certo — que se trata de tradução de artigo publicado em revista estrangeira. De qualquer modo é significativa a importância que a revista portuguesa dá em 1876 à descoberta de Gramme; isto contrasta com a ausência de qualquer referência às descobertas do transformador (Gaulard, 1884) e do motor de indução (Ferraris e Tesla, 1885), que logo na época se afiguravam às pessoas atentas ao evoluir das tecnologias não menos importantes do que a descoberta de Gramme quinze anos antes. Poderá concluir-se que ao findar do século XIX se estava a perder em Portugal, a sensibilidade para o caminhar e para as perspectivas abertas pelo progresso das tecnologias?

Se a publicação do artigo de Niaudet-Breguet mostra actualização nos interesses e justa avaliação do que era importante no evoluir da electrotecnia, o seu conteúdo — interessantíssimo para conhecermos a mentalidade dos electrotécnicos da época — sendo de origem estrangeira não é significativo para ilustrar o pensamento dos técnicos portugueses.

No artigo de Niaudet-Breguet é dada — com razão — a maior importância à descoberta do enrolamento em anel. As lâminas do colector — já usado por Paccinotti — são designadas por «peças irradiantes» e a palavra «colector» designa o que hoje chamamos «escovas». Também é curioso que, embora já mencione a «acção invertida da máquina» isto é o funcionamento como motor se alimentado por uma bateria, o funcionamento do motor alimentado por um dínamo é apresentado como «experiência curiosíssima»:

«Uma experiência curiosíssima ... consiste em colocar duas pequenas máquinas Gramme num mesmo circuito; quando se põe uma delas em movimento à mão, esta fornece uma corrente que, passando pela outra, a põe igualmente em movimento ...».

E continua:

«Merece esta experiência, julgamos nós, a atenção de todas as pessoas que tomam interesse pela mecânica; pois ela apresenta de um modo singularmente notável um sistema mecânico inversor ...».

Niaudet-Breguet informa que a primeira máquina Gramme para uso industrial, construída em 1872 foi cedida à firma Christofle & C.<sup>te</sup> de Paris, para as suas oficinas de galvanoplastia da prata. No ano seguinte Gramme constrói mais dez máquinas das quais seis são compradas por Christofle & C.<sup>te</sup>.

No final do artigo Niaudet-Breguet volta ao «sistema inversor» para com clarividência afirmar:

«... Esta ideia precisa de amadurecer, entretanto será difícil que isto não cause viva impressão nos engenheiros; vê-se com efeito que ela fornece um meio de utilizar a força das quedas de água, tão abundante nas montanhas, longe delas ...».

«... não hesitamos em dizer que desta nova combinação sairá uma revolução industrial e económica».

Tinha razão para não hesitar: a «experiência curiosíssima» isto é os sistemas de transmissão de energia eléctrica iria cobrir o planeta durante o século seguinte.

\*

Em Portugal andava-se devagar. Só em 1897, no número de Janeiro da Revista de Obras Públicas e Minas<sup>11</sup> encontramos um primeiro artigo de autoria nacional, sobre realização nos domínios da energia eléctrica: «A luz eléctrica em Vila Real», assinado por Cabral de Morais, engenheiro militar. A energia era fornecida por uma central hidroeléctrica de serviço público que aproveitava uma queda no Rio Corgo.

No artigo, datado de Abril de 1897, que se espraia por 47 páginas, não se encontrou qualquer referência à autoria do projecto de electrificação. Apenas menciona que a concessão foi dada em 1890 sendo a escritura publicada no Diário do Governo de 7 de Junho de 1892. A concessão passou depois para uma companhia e finalmente para as mãos do industrial alemão Emilio Biel estabelecido no Porto desde 1860. Segundo o autor do artigo «... Foi só então ... que a formosa capital de Trás-os-Montes, conseguiu ver condenados os seus modestos lampeões de petróleo, gozando desde 1894 de um magnífico luar que mesmo nas mais escuras noites projectam os arcos eléctricos dispostos nas suas praças e jardins».

Em Junho de 1878 tinham sido feitas em Paris as primeiras experiências de iluminação eléctrica pública e logo em 28 de Setembro do mesmo ano é feito um primeiro uso, em Portugal, da iluminação a electricidade, em Cascais, no aniversário do príncipe real D. Carlos (com seis candeeiros de arco, tipo Iablotchkov). Em 31 de Outubro de 1878 ensaia-se a luz eléctrica em Lisboa, no Chiado<sup>12</sup>. É pois aceitável a afirmação de Cabral de Morais: «Vila Real foi das primeiras terras do país

que promoveu a substituição pela lâmpada eléctrica, da sua primitiva iluminação».

Do artigo consta que «a exploração tem sido regular e segura: o ponto fraco da instalação é a escassez de água no rio durante a época das estiagens». E mais adiante: «As interrupções na iluminação que sucedem na época em que a Vila Real afluente maior número de forasteiros, impressionam desagradavelmente o público e têm originado apaixonadas discussões sobre o modo de as evitar».

Cabral de Moraes, em nota na primeira página, informa que o artigo «é redigido com os apontamentos que tomei na visita que fiz às instalações acompanhado pelo hábil maquinista da estação central».

A descrição da instalação é muito minuciosa, quase fotográfica, pormenorizando, peça a peça, a disposição dos componentes e o seu dimensionamento, mas com ausência total de qualquer espírito crítico. Aliás a linguagem usada nas descrições não revela formação especializada de nível elevado:

«As bobines são chatas, e formadas por fio fino e longo, enrolado em caixas prismáticas de zinco coberto de cartão».

«As peças polares são em forma de telha ...» (p. 89).

E mais adiante:

«Sabe-se que um defeito no isolamento de um só dos condutores de uma canalização origina uma perda de corrente que se chama terra ...» (página 121).

Afigura-se provável que a concepção e projecto da instalação eléctrica tenham vindo do estrangeiro, possivelmente da firma Schuckert & C.<sup>a</sup> de Nuremberga, representada por Emílio Biel, e que fornecera os geradores, com o enrolamento do induzido já em tambor.

O artigo revela uma Electrotecnia nacional conhecedora de algumas informações básicas, mas incapaz de mergulhar até às raízes do conhecimento teórico e da experimentação e de criar soluções autónomas para situações diferentes.

O que impressiona não é a compra dos equipamentos no estrangeiro — situação natural num país com indústria fraca, que começava a electrificação. O que impressiona é a postura exterior aos critérios e às escolhas técnicas, a incapacidade para inserir as soluções que se contemplavam num sistema de conhecimentos em evolução. Não seria assim noutros domínios científicos e tecnológicos. Mas à Electrotecnia portuguesa de então applicava-se o desconsolado juízo de Rocha Peixoto: «...relativamente à marcha geral da ciência, e a despeito das contri-

buições individuais de vários, Portugal foi, de todos os tempos, um país menos do que subalterno, para não dizer fora da história»<sup>13</sup>.

\*

Merece alguma atenção o ensino da Electrotecnia.

É ainda na Revista de Obras Públicas e Minas que em 1872 é publicado um artigo sobre a «A escola politécnica de Zurich e a instrução técnica em Portugal»<sup>14</sup>. Depois de extensa descrição da organização da escola de Zurich e dos cursos nela professados o artigo faz a comparação com a situação portuguesa (pp. 407 e 408):

«Quando comparamos o nosso estado acerca da instrução técnica, em todos os graus, com o da maior parte dos países da Europa, e principalmente com o da Suíça e de alguns pequenos estados da Alemanha, não podemos deixar de lamentar o abandono de certos estudos em Portugal, que mais poderiam contribuir para a sua prosperidade. E não é porque em relação ao ensino superior a despesa, que fazemos, seja demasiadamente mesquinha. A repartição e o modo de a empregar, é que é lastimoso, na opinião de todos».

E mais adiante:

«O vício não está só nas leis e na deficiência dos estudos: está talvez mais nos costumes e no domínio de certas ideias».

A transcrição foi longa mas valeu a pena pois traduz um estado de espírito que iria impulsionar iniciativas importantes.

\*

O ensino da engenharia electrotécnica de nível superior fez-se em Portugal, até há poucos anos, apenas em duas escolas: a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e o Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Qualquer destas escolas tem raízes no século passado que merecem breve menção.

A Aula de Náutica do Porto, primeira precursora da actual Faculdade de Engenharia, foi criada em 1762<sup>15</sup> com o fim de preparar pessoal para o comando e manobra das naus de guerra que os comerciantes portugueses mantinham à sua custa para defesa e auxílio aos navios de comércio<sup>16 e 17</sup>.

Em 29 de Julho de 1803 a Aula de Náutica é substituída pela Academia Real de Marinha e Comércio, a qual por sua vez é substituída

pela Academia Politécnica<sup>16</sup>. Esta última «destinada a formar engenheiros, oficiais de marinha, comerciantes, agricultores, industriais e artistas» ... «era como todas as escolas porque se pretendeu orientar, a tentativa inicial do ensino científico da engenharia»<sup>17</sup>.

Segundo o *Resumo Histórico* sobre a Faculdade Técnica publicado em 1922 pela Universidade do Porto<sup>17</sup>: «desta Academia Politécnica saíram uma parte importante da pleiade brilhante dos engenheiros portugueses do período áureo das construções públicas, das redes de estradas e de caminhos de ferro e dos portos de mar e outros que têm marcado o seu lugar de destaque nos altos cargos de administração, no comércio e na indústria».

É ainda no citado *Resumo*<sup>17</sup> que a páginas 12 encontramos uma referência ao ensino da Electrotecnia:

«... ampliado o número de cadeiras, especialmente por Decreto de 21 de Julho de 1885 ... naqueles dois últimos anos de aplicação eram professadas ... e anos depois a electrotecnia e a química aplicada».

A Academia Politécnica é incorporada na Universidade do Porto em 1911, dando origem em 1915 à Faculdade Técnica que depois se transformou na actual Faculdade de Engenharia. É a matéria para os capítulos seguintes.

\*

Caminhos diferentes antecederam a criação do ensino da engenharia electrotécnica em Lisboa.

Deve-se a Passos Manuel a criação dos Conservatórios de Artes e Ofícios em Lisboa e no Porto<sup>18</sup>; Fontes Pereira de Melo<sup>19</sup> cria o ensino industrial dividindo-o em três graus: elementar, secundário e complementar [<sup>20</sup>, página 673].

João Crisóstomo de Abreu e Sousa<sup>21</sup> e António Augusto Aguiar<sup>22</sup> introduzem algumas alterações à orgânica do ensino industrial; todavia é Emídio Navarro que em 1886 faz a reorganização profunda do ensino técnico, procurando adaptá-lo, quanto era possível, às necessidades do país<sup>23</sup>.

Segundo o decreto de Emídio Navarro o ensino industrial e comercial era professado nos Institutos Industriais e Comerciais de Lisboa e do Porto e nas escolas industriais, todos dependentes do ministro das obras públicas, comércio e indústria. Na lista das cadeiras professadas nos Institutos Industriais e Comerciais encontra-se a 8.<sup>a</sup> Cadeira que

tem a designação de «Electrotecnia, Telegrafia e outras aplicações da electricidade». A Electrotecnia é também mencionada na designação da 2.<sup>a</sup> Cadeira: «Rudimentos de Física, de Química e de Electrotecnia». O ensino era orientado por lentes catedráticos equiparados em categorias e honras aos lentes das escolas superiores.

Em 1888<sup>24</sup> é publicado o regulamento dos Institutos Industriais e Comerciais de Lisboa e do Porto no qual a 8.<sup>a</sup> Cadeira (Electrotecnia, Telegrafia e outras aplicações da electricidade) faz parte do curriculum de vários cursos, sendo acompanhada por trabalhos práticos no «laboratório electrotécnico».

João Franco<sup>25</sup> reorganiza os estabelecimentos de ensino técnico com o «propósito de lhes comunicar o espírito da economia que deve presidir a todos os serviços públicos». Esta reorganização limita os Institutos Industriais e Comerciais ao ensino médio «tirando-lhes os cursos elementares e os pretendidos (*sic*) cursos especiais ou superiores». Remete a formação de engenheiros «se são de obras públicas para a Escola do Exército e para a Academia Politécnica» e «e se de minas ou industriais para a mesma Academia» (página 4 do relatório assinado por João Franco).

Uma das vítimas desta «rigorosa parcimónia» para que «o tesouro faça com eles (os Institutos) o mínimo dispêndio» é a Electrotecnia que desaparece da lista das cadeiras professadas.

A reforma de João Franco felizmente não teve vida longa. Sete anos depois<sup>26</sup> Augusto José da Cunha reorganiza os cursos industriais e cria o Curso Superior Industrial (em seis anos). Entre os cursos industriais figura o curso de Electrotecnia (em 4 anos). O ensino da Electrotecnia (13.<sup>a</sup> Cadeira) divide-se em três partes:

- 1.<sup>a</sup> parte — Electrotecnia (medidas eléctricas — geradores e transformadores eléctricos);
- 2.<sup>a</sup> parte — Electrotecnia (telegrafia e telefonia);
- 3.<sup>a</sup> parte — Electrotecnia (outras aplicações da electricidade).

A vida do Instituto Industrial e Comercial de Lisboa é atribulada. É dolorosa a leitura do relatório do seu director, Francisco da Fonseca Benevides<sup>61</sup>, sobre o período 1898-1900, que mostra não só a desorientação governamental quanto ao ensino de engenharia, mas também a permanência em lugares da maior responsabilidade de devotos da «rigorosa parcimónia» tão cara a João Franco.

É do Instituto Industrial e Comercial de Lisboa que em 1911 nasce o Instituto Superior Técnico como adiante se recordará.

\*

Assim, é ao terminar o século XIX que aparece em Portugal, julgamos que pela primeira vez, um curso de Electrotecnia, que Alfredo Bensaude propusera seis anos antes<sup>13</sup>.

O curso é de nível médio. Sobre a sua eficiência a opinião dos contemporâneos não nos deixa ilusões. No preâmbulo do decreto que em 1911 cria o Instituto Superior Técnico<sup>40</sup> pode ler-se: «No que diz respeito ao ensino técnico, considerado nos seus diferentes graus, a nossa miséria é confrangente, a despeito da multiplicidade de institutos em que tal ensino se faz, não obstante a farfalhice dos programas respectivos».

Não seria com a formação dada pelas três partes da Cadeira de Electrotecnia que os técnicos portugueses poderiam realizar com pensamento autónomo, as tarefas de electrificação. Esta seria conduzida durante muitos anos numa dependência quase total das fabricações estrangeiras. Por diversas razões esta dependência, embora atenuando-se, continuará até meados do século XX.

### 3. Período 1900-1918

Logo em 1900 encontramos na Revista de Obras Públicas e Minas<sup>27</sup> notícia sobre o Congresso Internacional de Electricidade a celebrar em Agosto desse ano no palácio dos congressos junto da exposição de Paris.

A pedido do secretário do congresso, Paul Janet, a revista transcreve o programa dos assuntos postos para discussão. O enunciado dos temas ocupa quatro páginas da revista, dando um panorama minucioso das frentes de investigação e desenvolvimento da Electrotecnia no início do século.

Entre os temas propostos, em número superior a uma centena, encontramos «métodos práticos de decomposição de uma curva periódica em funções harmónicas», «oscilógrafos», «emprego de condensadores», «geratrizes assíncronas», temas que noventa anos depois ainda são objecto de atenção e desenvolvimento. Impressiona a importância dada à Electroquímica e à Electrometalurgia entre as aplicações indus-

triais da electricidade. Apenas na área da iluminação surpreende a grande importância dada às lâmpadas de arco ficando as lâmpadas de incandescência reduzidas ao tema «novos candeeiros de incandescência».

Entre nós continuava-se uma tímida electrificação em três áreas: iluminação, tracção eléctrica e força motriz industrial.

Não é objecto deste trabalho historiar e electrificação em Portugal. Todavia assinala-se que já em 1892<sup>28</sup> tinham sido publicadas disposições relativas à outorga de concessões e à fiscalização das instalações eléctricas para garantir a sua exploração sem perigos. O progredir da electrificação determinou a publicação em 1901 de novo decreto<sup>29</sup> que pormenoriza o processo legal de obtenção de concessões.

Data de 1901 a concessão para tracção eléctrica à Carris de Ferro de Lisboa e de 1903 a concessão à Carris de Ferro do Porto, logo seguidas em 1904 pela concessão do caminho de ferro entre Sintra e a Praia das Maças; em 1906 é concedida autorização à companhia Coats & Clark para serviço particular de tracção eléctrica, em Vila Nova de Gaia; em 1910 estava em instalação o serviço público de tracção eléctrica em Coimbra<sup>30</sup>.

Em 1891 constituíra-se em Lisboa a empresa Companhias Reunidas Gás e Electricidade (C.R.G.E.), que além do fornecimento de gás obtinha a concessão, por 30 anos, da distribuição de electricidade em toda a área de Lisboa, obrigando-se a fazer imediatamente a iluminação eléctrica da Avenida da Liberdade. A empresa obrigava-se a montar no prazo de cinco anos uma potência geradora de 1.000 cavalos. Este equipamento que foi instalado junto da fábrica de gás da Boa Vista estava em condições de funcionar em 1903.

O artigo do Eng. Mariz Simões<sup>29</sup>, de onde transcrevemos estas informações, tem o maior interesse; descreve os primeiros tempos da iluminação eléctrica em Lisboa, reproduz comentários da imprensa da época e relata as vicissitudes da vida financeira e técnica da C.R.G.E. até à sua consolidação.

Em 1907 constitui-se a Sociedade da Energia Eléctrica que fornece energia à parte central do Porto, a partir de uma central instalada em terrenos sobre o Rio Douro a cerca de um quilómetro da foz<sup>31</sup>.

Também em 1907 iniciam-se os trabalhos da central da Senhora do Desterro que viria a ser inaugurada em 1909<sup>32</sup>. Assinala-se o nome de António Marques da Silva, impulsor dos aproveitamentos hidroeléctricos que se iriam agrupar na Hidroeléctrica da Serra da Estrela.

Ainda em 1907 é dado o alvará à Electrica del Lima para a exploração energética do Rio Lima no Lindoso<sup>33</sup>. Todavia dificuldades de diversa ordem, agravadas pela guerra, atrasaram a obra e só quinze anos mais tarde (1922) rodaria o primeiro gerador.

Em 1899 inaugurara-se a iluminação eléctrica em Vila Franca do Campo na Ilha de S. Miguel nos Açores alimentada pelo aproveitamento hidroeléctrico da Ribeira da Praia<sup>41</sup>. Foi a primeira povoação a ser electrificada nos Açores; seguiu-se a Ribeira Grande e em 1904 a cidade de Ponta Delgada. A estas iniciativas ficou ligado o nome do engenheiro químico José Cordeiro, um dos pioneiros da electrificação em territórios portugueses.

No domínio da força motriz eléctrica eram as principais concentrações industriais que determinavam as realizações mais importantes. Além das redes de Lisboa e do Porto assinalam-se as redes alimentadas pelos aproveitamentos hidroeléctricos da Serra da Estrela e da bacia do Ave.

Nas colónias são dadas algumas concessões para centrais termoeléctricas abastecendo redes locais. No contrato da concessão dada a Giovani Zanchi, em 1909, para o abastecimento de energia eléctrica na zona do Lobito e Benguela consta uma cláusula curiosa<sup>34</sup>:

«... o mesmo concessionário ou quem o representar fica obrigado a estar sempre prevenido de quantidade de petróleo e dos utensílios necessários, a fim de garantir a continuidade da iluminação pública no caso de haver interrupção parcial ou total na iluminação eléctrica».

Faz bastante falta em algumas concessões actuais esta engenhosa maneira de promover a qualidade do serviço ... Aliás disposição análoga constava do contrato de concessão da distribuição de gás em Lisboa às Companhias Reunidas Gás e Electricidade (Julho de 1891): no caso de incidente que provocasse a suspensão da iluminação pelo gás as Companhias teriam de a substituir pela de petróleo, para o que existiriam em depósito 4.000 candeeiros para funcionar com este combustível<sup>35</sup>.

Se algumas realizações eram importantes a expansão da electricidade era pequena: uma estatística publicada em 1910 indica que na Metrópole as «instalações eléctricas de iluminação ou transporte de força» de carácter industrial e cujas linhas atravessavam a via pública eram apenas setenta e três<sup>36</sup>.

É ainda na Revista de Obras Públicas e Minas que vamos encontrar dois longos textos, de valor desigual, sobre temas de Electrotecnia, ambos publicados em 1911: um é o parecer do Conselho Superior de

Obras Públicas e Minas sobre a instalação de pára-raios no edifício do Liceu Passos Manuel em Lisboa<sup>35</sup>; outro é a conferência sobre motores eléctricos feita pelo engenheiro Augusto Ferreira do Amaral na Associação dos Engenheiros Civis Portugueses<sup>36</sup>.

O parecer do Conselho (Processo n.º 31.260) é dado sobre a memória descritiva da instalação «conforme o sistema de protecção delineado definitivamente ao que parece (sic) ... pelo engenheiro Luís Vito Veiga da Cunha, chefe de secção ... na direcção de Obras Públicas de Lisboa».

Não conhecemos o projecto da instalação dos pára-raios senão pelo que dele refere o parecer. Contudo as referências são suficientes para se afirmar que a solução proposta pelo engenheiro Veiga da Cunha seria, nas suas linhas gerais, a solução que em 1989 consideraríamos mais eficiente. Isto tem grande significado por se tratar de um domínio em que os modelos teóricos se têm sucedido e onde ainda hoje há aspectos fundamentais que não estão esclarecidos. Será apropriado afirmar que a intuição técnica do autor do projecto o levou à melhor solução.

Embora manifestando acordo com a solução proposta, o autor do parecer (que não está identificado entre os doze membros do Conselho que assinam) discute modelos teóricos da protecção contra descargas atmosféricas. Nesta discussão misturam-se observações correctas com fantasias sem qualquer suporte como acontece no trecho seguinte:

«(o pára-raios) ... não extrai a electricidade da nuvem fulminea, não a sangra, como se supunha então: pelo contrário liberta e lança na atmosfera fluído eléctrico que se acumulou à superfície da terra, neutralizando assim a nuvem que provocou a sua aparição. Pode porém acontecer que a quantidade de electricidade desenvolvida pela nuvem, mercê da sua influência indutiva, seja tão elevada que o pára-raios não chegue para dar vazão. Neste caso sobrevirá a descarga eléctrica brusca; e como esta procura sempre o caminho mais fácil que a leve à terra, deve o condutor metálico pela sua mínima resistência relativa absorver todo o movimento eléctrico, defendendo assim o espaço circundante».

Depois de citar resultados experimentais pertinentes e importantes, o autor do parecer volta a teorizar; a teoria exposta não se recomenda pelo brilho excessivo:

«Razão há, pois, para não confiar cegamente no efeito decisivo da grande altura dada às hastes do sistema Franklin».

«De resto, a lei de Coulomb, fundamento de toda a electricidade, diz que a atracção entre essas duas massas eléctricas varia na razão

inversa do quadrado do sistema (?) que as separa. Ora as hastes mais elevadas não excedem uns 10 metros e a altura das nuvens acima do solo parece não ser inferior a uns 600 metros. Isto quer dizer que as atracções nos dois extremos das hastes são sensivelmente iguais».

E conclui: «a altura das hastes tem, portanto, uma influência muito secundária no fenómeno da fulminação».

Estas e muitas outras passagens levam-nos a pensar que no princípio do século chegava a Portugal informação abundante sobre as tecnologias praticadas no estrangeiro e sobre a validação experimental dessas tecnologias. A escolha feita pelo autor do projecto dos pára-raios foi acertada porque soube discernir conclusões justas na enorme massa de experimentação acumulada sobre protecção contra descargas atmosféricas. Todavia a discussão profunda da teoria, a formulação rigorosa dos modelos e a sua crítica, estavam afastadas, se não de boa parte da engenharia electrotécnica portuguesa, pelo menos do Conselho Superior de Obras Públicas e Minas, circunstância que tem algum significado.

\*

A conferência do Eng. Augusto Ferreira do Amaral discute dificuldades postas pela utilização dos motores eléctricos; a disposição das transmissões; a fixação da potência dos motores; a opção entre corrente contínua e corrente alternada. Estas discussões são antecedidas pela comparação dos custos da unidade de energia obtida nos motores eléctricos e nos motores térmicos.

Estes eram de facto os problemas principais em que tinha de atentar o engenheiro encarregado de projectar o fornecimento de força motriz a uma instalação industrial. O conferencista dá orientações para as escolhas e justifica-as com espírito de rigor recorrendo a modelos adequados.

A conferência não trata da teoria fundamental que permite contribuir e aperfeiçoar as máquinas eléctricas — e não era esse o seu objectivo. Nesta área não entráramos activamente quando teria sido possível, porque não tínhamos nem indústria nem escolas. Mas já era importante que o uso da força motriz eléctrica se fizesse com economia e tirasse todo o partido possível desta forma de energia. Para isto o conferencista dava uma contribuição actualizada e útil.

O grande concorrente do motor eléctrico era, na época, o motor a gás pobre; na conferência procura-se demonstrar — com números pre-

cisos — que tendo em conta todas as despesas, a energia útil no veio, não era mais cara no motor eléctrico do que no motor a gás pobre.

O conferencista insiste em aspectos sobre os quais ainda hoje é necessário chamar a atenção dos projectistas: a escolha de motores com potência excessiva; a energia desperdiçada em transmissões evitáveis. Cita uma fábrica de Santa Apolónia em que as transmissões estavam de tal maneira empenadas que o tecto do edifício oscilava visivelmente com o veio e pendurais.

Quarenta anos mais tarde ainda encontrei, em Lisboa, instalações industriais em estado semelhante.

Os motores eléctricos de diferentes tipos são comparados a partir das características «binário-velocidade angular» e é isso que interessa ao utilizador. As expressões dos binários são deduzidas com suficiente rigor analítico; as conclusões quanto a domínios de aplicação mantêm-se actuais.

A conferência do Eng. Ferreira do Amaral correspondia inteiramente aos objectivos que se propusera. Hoje, passados cerca de 80 anos, ainda tem interesse o que dá bem a medida do seu valor.

\*

O nome de Augusto Ferreira do Amaral aparece também ligado à criação da classe de Engenharia Electrotécnica na Associação dos Engenheiros Civis. É ele que em sessão de 29 de Abril de 1912 apresenta a proposta da criação da «7.ª classe de estudos que se ocupará dos assuntos que afectam a engenharia electrotécnica e os interesses profissionais dos engenheiros electricistas»<sup>37</sup>. A proposta opõe-se o Presidente da Associação, Eng. Cordeiro de Sousa; todavia é aprovada na sessão ordinária de 13 de Maio de 1912.

Tem interesse registar algumas afirmações feitas durante a discussão da proposta: «todos ou quase todos os electricistas foram educados na Alemanha...», «...devendo ser por isso atendidos os que subsidiados pelo próprio Estado foram estudar ao estrangeiro visto que não se podia estudar em Portugal», «Prevê que a nova classe constituída por rapazes novos que estudaram no estrangeiro será trabalhadora»<sup>37</sup>.

As grandes insuficiências do sistema de ensino técnico levavam a recorrer às escolas estrangeiras. A situação ia mudar com o advento da República.

\*

Em 1911 o Governo Provisório<sup>38</sup> cria as Universidades de Lisboa e do Porto. Na Universidade do Porto incorpora a Academia Politécnica, escola de engenharia com organização estruturada e com um edifício em vias de conclusão.

A Academia Politécnica é transformada na Faculdade de Ciências à qual fica anexa a Escola de Engenharia. Esta dependência injustificada e inconveniente não agradou aos professores de engenharia: em resposta às suas reclamações é publicada, em 1915, a lei n.º 410 que transforma a Escola de Engenharia, anexa à Faculdade de Ciências, em Faculdade Técnica com autonomia própria.

O artigo 77.º da lei n.º 410 instituiu na Faculdade Técnica o curso de Electrotecnia; as cadeiras que o compunham constavam do plano de organização dos estudos, publicado no mesmo ano<sup>39</sup>.

É esta Faculdade Técnica que em 1926 mudará a sua designação para Faculdade de Engenharia.

\*

Também em 1911, Manuel Brito Camacho, ministro do Fomento do Governo Provisório faz publicar um decreto<sup>40</sup> desdobrando o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa em duas escolas independentes: o Instituto Superior Técnico e o Instituto Superior de Comércio.

Ainda em 1911 são publicadas as bases regulamentares do Instituto Superior Técnico<sup>41</sup> inspiradas nas ideias de Alfredo Bensaúde que seria o seu primeiro director<sup>42</sup>. O Instituto era organizado como escola superior de engenharia, com o curso geral em dois anos a que se seguiam mais três anos de especialização.

Um dos cursos especializados era o de Electrotecnia. Esta área repartia-se por oito cadeiras<sup>43</sup>:

38.ª — Electrotecnia geral.

39.ª — Teoria da electricidade. Corrente contínua.

40.ª — Corrente alternada.

41.ª — Medidas eléctricas.

42.ª — Transmissão, transformação e distribuição de energia eléctrica.

43.ª — Projecto e construção de máquinas eléctricas.

44.ª — Electroquímica. Electrometalurgia.

45.ª — Aplicações da electricidade.

O ensino era apoiado por um Laboratório de Electrotecnia.

O grande número de cadeiras repartidas por domínios bem definidos permitia um ensino em profundidade. Certamente mais difícil seria encontrar em Portugal professores capazes de fazerem esse ensino e por isso recorreu-se ao estrangeiro.

Segundo informação verbal que me foi dada por um professor do Instituto já falecido — nada encontrei registado que me permitisse confirmar a informação — a primeira pessoa contactada terá sido o eminente professor Eric Gérard, então director do Instituto Electrotécnico de Montefiore da Universidade de Liège. Gérard teria declinado o convite e indicou o nome de um dos seus assistentes, Léon Fesch, que foi quem veio a lançar o ensino da Electrotecnia no Instituto Superior Técnico, em moldes actualizados.

Conserva-se na biblioteca do Instituto um exemplar dos apontamentos das lições do Prof. Fesch, sobre «Corrente alternada», tirados pelo aluno Cassiano de Oliveira<sup>43</sup>. Na apresentação dos apontamentos, depois dos habituais agradecimentos ao professor que acedera a rever o manuscrito e referências ao nível elevado (o que era exacto) e clareza das lições, Cassiano de Oliveira desabafa «...que para mim já é compensação bastante ele (o texto dos apontamentos) nos possa servir de auxiliar no estudo desta bem difícil matéria...». Os três pontos finais são de Cassiano de Oliveira.

O nível da exposição de Fesch é análogo ao dos textos de Electrotecnia que, na época, se professavam nas boas escolas superiores de engenharia europeias. Cotejamos as lições de Léon Fesch com as lições de Paul Janet na Escola Superior de Electricidade em Paris<sup>44</sup> e os textos equivalem-se. Todavia a exposição do professor de Lisboa (a avaliar pelos apontamentos de Cassiano de Oliveira) é muito mais compacta o que não facilitaria a sua apreensão pelos alunos e daí o comentário de Cassiano de Oliveira na apresentação.

\*

Apontaram-se alguns traços que se julga caracterizarem o panorama geral da engenharia electrotécnica em Portugal, nos anos que precederam a primeira guerra mundial.

Nesses anos a tendência que se acentuava na indústria eléctrica mundial era a «concentração» antecessora da interligação generalizada que se iria processar a partir do fim da guerra <sup>46</sup>.

Em 1911 já existem nos E.U.A. transmissões de 135 kV e na Europa já estavam ultrapassados os 100 kV, quando em 1900 o limite eram os 10 kV. A potência das máquinas crescia rapidamente: em 1910 eram instalados grupos de 30.000 cavalos-vapor na Central de Chicago. O consórcio AEG, em 1910, já emprega 45.000 pessoas e eleva o seu capital para 120 milhões de marcos.

Nos países industrializados a produção apoia-se, cada vez mais em técnicos de nível elevado. É de Henry Le Chatelier, em 1917, a afirmação — citada pelo Prof. Adriano Rodrigues no primeiro número da revista *Engenharia* <sup>47</sup>:

«Na Alemanha na mais pequena fabriqueta de tijolos, perdida na encruzilhada de dois caminhos, em pleno campo, encontrareis sempre um técnico e com frequência um doutor em ciências...».

\*

Estas tendências têm tradução embora tímida na indústria eléctrica portuguesa: alarga-se o raio de acção das centrais e cresce a potência instalada; as redes eléctricas são obra de engenheiros, em número crescente diplomados pelas escolas portuguesas.

Todavia aparelhagem e máquinas são na quase totalidade importadas; continuávamos distantes da criação tecnológica. Faltavam-nos os incentivos que vêm de uma sociedade dinâmica, de uma indústria forte e de governantes apostados em servir o progresso material dos cidadãos.

Referindo-se aos finais do século XIX e início do século XX o Prof. Tomás Dias escrevia em 1945 na revista *Engenharia* <sup>48</sup>:

«...Depois de um período brilhante da engenharia portuguesa — o de Fontes Pereira de Melo com a construção de caminhos de ferro, pontes, estradas e portos de mar — o país estacionou exangue, mas somente pela má orientação da política económica. Dispendeu-se o dinheiro mas não se colheu o fruto das despesas realizadas».

«A agricultura continuou rotineira, com a rega directa da natureza, com poucos adubos, comprados no estrangeiro, etc. (*sic*). A indústria só via na pauta aduaneira a sua razão de ser; a energia térmica era paga ao

estrangeiro e a hidráulica, desaproveitada, continuava a correr nos rios; as matérias primas — ferro, algodão, lã, etc. — vinham do estrangeiro».

«O preço de fabrico interessava pouco».

«As colónias serviam para campo de revoltas de gentio e deportação de criminosos».

«É a este período que pertenceu em parte a minha geração».

«Os engenheiros dos serviços públicos estiolavam nas repartições, sem dotações para obras de fomento, e os que seguiam a profissão liberal tropeçavam com todas as dificuldades de uma indústria em início de desenvolvimento, a partir da pauta proteccionista de Oliveira Martins, com grande número de homens activos e empreendedores mas com falta de técnica».

Seria preciso esperar muito tempo — demasiado tempo — para que a engenharia electrotécnica portuguesa encontrasse ambiente mais propício para se desenvolver e afirmar.

#### 4. Entre as duas guerras

É entre as duas guerras mundiais que se alargam e consolidam os principais sistemas de produção e transmissão de energia que, mais tarde, na segunda metade do século se iriam unificar na rede eléctrica nacional: no Norte fornecem energia à zona do Porto e aos têxteis da bacia do Ave; no Centro aos têxteis da Serra da Estrela e à indústria da zona de Coimbra; mais abaixo os aproveitamentos da Ribeira de Niza fornecem energia a concelhos no Alto Alentejo, Beira Baixa e Ribatejo. Lisboa e os concelhos vizinhos eram abastecidos por uma central que queimava carvões importados.

A medida que estes grandes conjuntos iam estendendo as suas distribuições, paralisavam as pequenas centrais locais — muitas ainda em corrente contínua. Contudo os interesses dos grandes concessionários dificultavam e atrasavam o caminhar para a rede eléctrica unificada.

Os projectos de centrais e das redes de transmissão já eram feitos na maioria dos casos por técnicos portugueses embora, no caso das centrais, muito amparados pelos fornecedores do equipamento. Exceptuava-se a rede de Lisboa em que a orientação técnica estrangeira se manteve dominante até mais tarde.

As potências a instalar nas centrais e as distâncias das transmissões não punham problemas novos; tudo se podia resolver com segu-

rança, recorrendo a tecnologias já muito experimentadas noutros países. Isto reflectia-se no ensino da Electrotecnia nas nossas escolas superiores: com excelentes bases de Matemática e de Física, tinha bom nível mas não estimulava a criação porque nada nem ninguém a requeria.

Exigências diferentes poderiam fazer ao ensino, fabricantes de máquinas eléctricas, de aparelhagem de manobra, de protecções ou de equipamento eléctrico para a indústria pesada; não se faziam em Portugal estes fabricos e comprávamos máquinas e aparelhos que a inteligência estrangeira ia criando. Algumas excepções nos domínios da aparelhagem de manobra mais simples não invalidavam o quadro que se descreveu.

Excepção importante era o fabrico de isoladores para alta tensão. De 1924 a 1928 é publicada<sup>49</sup> uma notável série de artigos assinados pelo engenheiro A. Ferreira do Amaral, sobre o fabrico de isoladores na empresa Electro-Cerâmica em Vila Nova de Gaia. Os artigos fazem uma discussão séria e muito profunda das tecnologias de projecto e fabrico de isoladores fundamentando-as com rigor na teoria dos fenómenos eléctricos e tendo em conta, com claro espírito crítico, as solicitações a que os isoladores são submetidos em serviço.

Esta actividade industrial fazia-se assim apoiada na teoria e na experimentação. Não admira que viesse a dar frutos singulares — entre a indústria portuguesa — quando o estabelecimento da rede eléctrica nacional abriu um mercado grande pela extensão e nos requisitos de qualidade.

Contudo uma fábrica sozinha não chegava para impor os rumos à formação dos engenheiros. As escolas preparavam os alunos para o projecto e exploração de sistemas de produção, de transmissão e utilização de energia eléctrica, mas é muito descurado — porque sem aplicação — o ensino que os capacitaria para o fabrico de máquinas e equipamentos.

\*

Sucessivos decretos vão alterando currículos e regulamentos das escolas, mantendo sempre a Engenharia Electrotécnica como especialidade autónoma ao lado da Engenharia Civil, de Máquinas, Química e de Minas.

Em 1921 é publicado um regulamento da Faculdade Técnica da Universidade do Porto<sup>50</sup>: os professores são providos por concurso

público, o exame no fim do ano é a regra para a avaliação em cada cadeira, a Faculdade confere o grau de doutor, a dependência é do Ministro da Instrução Pública. O ensino da Electrotecnia, em três anos, reparte-se por quadro cadeiras:

- 18.<sup>a</sup> — Electrotecnia Geral.
- 19.<sup>a</sup> — Máquinas Eléctricas.
- 20.<sup>a</sup> — Electricidade Aplicada.
- 21.<sup>a</sup> — Medidas Eléctricas.

Os alunos eram obrigados, ainda, a uma cadeira de «Electricidade» no terceiro ano do curso preparatório frequentado na Faculdade de Ciências.

A Faculdade Técnica tinha laboratórios e oficinas de Electrotecnia.

Ao redigir estas notas temos na nossa frente o programa da 19.<sup>a</sup> Cadeira — Máquinas Eléctricas, então regida pelo professor Eng. Luís Couto dos Santos. Para a época, o programa era inteiramente actualizado. No final do estudo das máquinas de corrente contínua inseria-se um pormenorizado capítulo sobre acumuladores.

Em 1926 a Faculdade Técnica muda a designação para Faculdade de Engenharia<sup>51</sup>, sendo a lei orgânica publicada em 1930<sup>52</sup>.

Também em 1921 é publicado um regulamento do Instituto Superior Técnico<sup>53</sup>: os professores são providos por convite, a média das frequências é a regra para a avaliação em cada cadeira, não é conferido o grau de doutor, a dependência é do Ministro do Comércio e Comunicações.

Professores providos por convite e avaliação dos alunos pelos seus trabalhos ao longo do ano, eram práticas que contrariavam as tradições do ensino superior português. Daí as fortíssimas oposições que Alfredo Bensaude teve de vencer para as impor<sup>13, 45, 54</sup>. Até muito tarde nortearam o funcionamento do Instituto Superior Técnico.

Segundo o regulamento de 1921 o curso de Engenharia Electrotécnica no Instituto Superior Técnico tem a duração de seis anos e reparte-se por cinco cadeiras:

- 37.<sup>a</sup> — Electrotecnia Geral.
- 38.<sup>a</sup> — Teoria da Electricidade. Corrente Contínua.
- 39.<sup>a</sup> — Corrente Alternada.
- 40.<sup>a</sup> — Electroquímica. Electrometalurgia.

41.<sup>a</sup> — Medidas Eléctricas e Aplicações da Electricidade. Transmissão, Transformação e Distribuição de Energia Eléctrica (1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> partes).

Existem o Laboratório de Electrotecnia e Medidas Eléctricas e a Oficina de Electrotecnia.

Comparando o currículo de 1921 com o que constava das bases regulamentares de 1911<sup>42</sup> vê-se que desapareceu o «Projecto de Construção de Máquinas Eléctricas» e que as anteriores 41.<sup>a</sup>, 42.<sup>a</sup> e 45.<sup>a</sup> cadeiras se agrupam agora numa única, a 41.<sup>a</sup> cadeira. Dificuldades em conseguir professores, desinteresse da indústria ou ambas as coisas?

Em 1921 os currículos de Engenharia Electrotécnica no Instituto Superior Técnico e na Faculdade Técnica da Universidade do Porto, assemelhavam-se mas a lógica da repartição das matérias pelas diferentes cadeiras é mais clara na Faculdade Técnica.

Sem nos alongarmos no exame comparado dos dois regulamentos, notamos a maneira diferente como o legislador define as escolas:

«A Faculdade Técnica da Universidade do Porto é um estabelecimento de ensino superior profissional, de investigação científica e de difusão de alta cultura» (artigo 1.<sup>o</sup> de decreto n.<sup>o</sup> 7332<sup>50</sup>).

«O Instituto Superior Técnico é um estabelecimento de ensino industrial superior ... destinado a ministrar o ensino da engenharia» (artigo 1.<sup>o</sup> do decreto n.<sup>o</sup> 7727<sup>53</sup>).

\*

Em Dezembro de 1925 inicia-se a publicação da revista *Técnica*, órgão da Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico.

Não são numerosos os artigos no domínio da engenharia electrotécnica. Todavia pela frequência da colaboração e pelo rigor do conteúdo dos artigos começa a destacar-se o nome do Eng. José do Nascimento Ferreira Dias Júnior. Os primeiros artigos que publica são sobre Mecânica Aplicada; os que se seguem tratam questões com interesse para os sistemas de energia eléctrica e para o uso dessa energia<sup>52</sup>.

Em meados da década de vinte a electrificação, em Portugal, não era matéria pacífica. No editorial da *Técnica* em Julho de 1926 manifestavam-se apreensões sobre o interesse da electrificação sem fomento industrial. O estado da electrificação é descrito nestes termos:

«Duas pequenas centrais na Serra da Estrela, ao Norte a Central do Varoza, mais para Nordeste, entre Porto e Braga, uma série de pequenas centrais de interesse puramente local e finalmente no Alto Minho a Central do Lindoso, feudo espanhol em terra portuguesa».

Embora não o explicita o editorialista restringia-se, certamente a aproveitamentos hidroeléctricos. Diz que ouve falar em aproveitamentos hidroeléctricos com centenas de milhares de cavalos-vapor e pergunta: «e que havemos nós de fazer com esses cavalos todos?». É que — segundo o editorial, «Portugal — eis a parte negra — é um país que não consome electricidade».

Mais documentado e preciso, mas não menos carregado com traços negativos, é o quadro traçado pelo Prof. Ferreira Dias, alguns anos mais tarde, numa conferência realizada em Março de 1932 a convite da Universidade Técnica<sup>55</sup>. Desta conferência extraímos transcrições longas. Valem a pena pois não se poderia encontrar voz mais autorizada para expor o panorama da energia eléctrica em Portugal entre as duas guerras mundiais.

Começa por traçar o quadro mundial da expansão acelerada dos sistemas de energia eléctrica e menciona a proposta apresentada em 1930 na 2.<sup>a</sup> Conferência Mundial de Energia da super-rede europeia a 400 kV, «estendendo-se de Leste a Oeste, desde os confins do Mar Negro até Lisboa, e de Norte a Sul desde a Escandinávia até aos Balcans»<sup>62</sup>.

«Ante esta conquista do mundo pela electricidade» a situação portuguesa «é tão mesquinha que quase confrange falar nela ...».

E mais adiante no seu português nítido e incisivo:

«Quanto à produção da nossa energia eléctrica estamos também mal. Temos cerca de 200.000 kW, repartidos por quase 400 centrais — não contando as de potência inferior a 25 kW. Destas 400 instalações só 20 têm mais de 1.000 kW, entre serviços públicos e privados. As outras, poeira sem valor de uma produção fragmentada, com uma potência média de 120 kW, são simples casas de máquinas dando energia cara e má, com um trabalho intermitente, incapazes de manter um fornecimento regular e impotentes, por maioria de razão, para fomentar o consumo».

E continuava com ironia bem justificada:

«... estamos na idade da pedra lascada (quanto a electrificação) em grande parte do nosso território, e na restante nem lá chegámos ainda porque temos regiões mais virgens de electricidade — excluída a atmos-

férica bem entendido — do que certas florestas tropicais onde segundo a voz corrente 'a mão do homem nunca pôs o pé'».

A capitação anual do consumo era «inferior a 40 kWh por habitante» e com distribuição muito irregular chegando «ao mínimo incrível de 2,7 kWh/hab. ano no distrito de Bragança». E rematava: «Não há consumos nos usos domésticos, não há na indústria e muito menos na agricultura».

Contudo, não conclui de modo negativo: «Apresentei-o (o panorama da electrificação em Portugal) com tristeza mas não com desalento; e o azedume que por vezes não reprimo não é tanto a acusação do passado como a fé inabalável no futuro.

Tinha razão para ter fé: o futuro ia ele construí-lo com a sua inteligência e a sua vontade.

\*

A ideia da rede eléctrica nacional era antiga e antevia-se como continuação natural da expansão das redes regionais, a que se assistia. Já em 1927 era aberto concurso «entre os engenheiros electrotécnicos portugueses» para a apresentação de anteprojectos de uma rede eléctrica nacional<sup>56</sup>, nas bases enunciadas na lei dos aproveitamentos hidroeléctricos de 20 de Outubro de 1926. Concurso e lei «ficaram sem valia nenhuma na orientação das centrais eléctricas» segundo o engenheiro e economista Ezequiel Campos que acrescenta: «Os trabalhos apresentados neste concurso só foram apreciados em 8 de Abril de 1930; e ficaram esquecidos» (in *Problemas Fundamentais Portugueses*, edição da Revista Ocidente, 1946, p. 148).

Era desanimada a opinião de Ezequiel de Campos sobre o processo da electrificação portuguesa, entre as duas guerras: «A conclusão irrefutável desta sequência da electrificação portuguesa é que o dinheiro que se gastou na instalação das centrais eléctricas até ao fim de 1943, as quais já não têm, por metade do país, capacidade para o desenvolvimento do trabalho nacional, dava de sobra para se terem agora instaladas as centrais necessárias para o nosso abastecimento completo e perfeito de electricidade por mais de uma década futura, pois as centrais existentes custaram mais do dobro do que teriam custado as centrais apropriadas ao nosso consumo de electricidade se antes de 1927 — quando isto tudo da economia da potência instalada já se sabia — tivéssemos orientado a electrificação portuguesa» (*ob. cit.*, p. 146).

\*

Ferreira Dias e algumas pessoas que com ele colaboravam, avaliavam correctamente a importância da electrificação para o desenvolvimento do país e não se ficavam pelas análises irónicas e pelos desabafos melancólicos. Iam transformando os órgãos da administração pública tornando-os capazes de se imporem aos interesses particulares; e iam difundindo a boa doutrina.

Em 1931, Ferreira Dias é designado para chefiar a Direcção dos Serviços Eléctricos, organismo que na Administração-Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos vinha substituir a anterior repartição (criada em Agosto de 1927) e «em consequência torna-se cada vez mais profunda a intervenção do Estado na orientação dos problemas eléctricos nacionais»<sup>57</sup>.

Em 1936 é criada a Junta de Electrificação Nacional<sup>58</sup>, organismo encarregado de materializar a intervenção do Estado. Era então Ministro das Obras Públicas o Eng. Duarte Pacheco, que fôra Director do Instituto Superior Técnico, ele próprio engenheiro electrotécnico. Para presidir à Junta de Electrificação Nacional é convidado o Prof. Ferreira Dias.

Importantes para o conhecimento do modo como se equacionavam os problemas da electrificação são os relatórios que precedem as estatísticas anuais das instalações eléctricas, publicadas pela Direcção dos Serviços Eléctricos. Alguns desses relatórios, da autoria de Ferreira Dias, estão publicados na *Técnica*<sup>59</sup>; são documentos fundamentais para a história da indústria da electricidade em Portugal.

O espectro da falta de consumo preocupava os responsáveis, mais conscientes, que queriam avançar com a electrificação. Ferreira Dias, que mais tarde viria a apresentar a sua visão da electrificação no panorama mais geral da política industrial<sup>60</sup>, não expressa esse receio mas tudo faz para o esconjurar.

Em 1941 publica no *Boletim* da Ordem dos Engenheiros o artigo «Uma casa electrificada»<sup>61</sup>, que, na época foi muito comentado.

O artigo descreve a electrificação total que fizera na sua residência, onde montou cinco contadores para medir os consumos das diferentes categorias de receptores. Faz leituras mensais durante três anos.

Insiste na comodidade da aparelhagem eléctrica e no seu aspecto agradável: «Mas eu verifico que o meu fogão, com a sua novidade, com o seu esmalte lúcido e com tudo à sua volta impecavelmente branco,

desperta infinitamente mais a atenção de toda a gente do que uma aguarela de bom autor suspensa numa parede da sala».

Conclui que nas localidades «onde a Junta de Electrificação Nacional teve a oportunidade de fixar tarifas recentemente e as condições de distribuição o permitem, o uso da electricidade é perfeitamente acessível». E insiste: «... continuarei a trabalhar ... com a convicção de que desfiz uma lenda: a inviabilidade da electrificação doméstica em Portugal».

É claro o objectivo de criar consumos, mesmo à custa de alguns entorses ao bom-gosto. Todavia o uso generalizado da electricidade no fogão da cozinha e para a água quente doméstica só viria a conseguir-se no Porto graças a tarifas que distorceram a realidade económica e que os choques petrolíferos obrigariam a corrigir.

O artigo termina com esperança: «Espero que Deus me conceda a oportunidade de desfazer outras lendas — outras inviabilidades com que a tradição apouca a electricidade portuguesa».

Anos depois iria desfazer muitas lendas.

## 5. De 1945 ao primeiro choque petrolífero

Terminada a segunda guerra mundial vai oferecer-se à engenharia electrotécnica portuguesa actividade vastíssima: entre 1945 e 1973 estabelece-se a rede eléctrica nacional, constroem-se grandes aproveitamentos hidroeléctricos, inicia-se a série das centrais termoeléctricas de grande potência, expandem-se por todo o território da Metrópole as redes de distribuição. Ao mesmo tempo realizam-se nas colónias de África — principalmente em Angola e Moçambique — consideráveis trabalhos de electrificação que culminam no notável empreendimento de Cahora Bassa.

É também neste período que se inicia importante actividade industrial de fabrico de máquinas e equipamentos eléctricos. Para quem seguir o evoluir da Electrotecnia em Portugal não surpreende que nestes fabricos tenha sido mais pesada a intervenção da massa cinzenta estrangeira do que o foi na realização de centrais e redes.

Como vimos o ensino da engenharia electrotécnica mantinha bons fundamentos teóricos e preparava engenheiros capazes de realizar as tarefas da electrificação. Quer no Porto, quer em Lisboa, um grupo notável de professores praticava ensinamentos de grande rigor científico: na Faculdade de Engenharia destacavam-se os nomes dos professores

Manuel Correia de Barros e Rodrigo Sarmiento Beires; no Instituto Superior Técnico além de Ferreira Dias — a quem competia o ensino com aplicação mais directa nas centrais e nas redes — professavam António Witnich Carrisso e Carlos Ferrer Moncada. O Prof. Carlos Moncada notável pela exactidão e minúcia com que expunha as suas aulas ilustrava-as com demonstrações experimentais escolhidas com raro sentido da pedagogia. Principalmente a estes professores se deve o à-vontade com que os engenheiros electrotécnicos portugueses enfrentaram as tarefas da electrificação a partir do fim da segunda guerra.

O ensino capacitava os técnicos para a realização das tarefas mas não as promovia. Na origem da mudança de perspectivas que a partir de 1945 se ofereceram aos electrotécnicos portugueses esteve, em primeiro lugar, a persistente acção de Ferreira Dias e de algumas pessoas que com ele colaboravam.

Circunstâncias ligadas com a guerra facilitaram o arranque da electrificação: a existência de créditos sobre alguns dos países vencedores (designadamente o Reino Unido) que se admitiu poderem financiar importações de equipamento; o enfraquecimento do poder de grupos estrangeiros ligados às concessões em Portugal; alguma confiança na capacidade de resolver problemas técnicos, adquirida durante os seis anos em que foi difícil o recurso à tecnologia estrangeira; a consciência da importância da produção autónoma de electricidade que se generalizou na população devido às restrições e dificuldades sofridas nos anos de guerra. Também, a política de fomento industrial impulsionada por Ferreira Dias<sup>60</sup>, requeria electricidade abundante e barata.

Logo em Dezembro de 1944 é publicada a lei n.º 2002 contendo as trinta e duas bases que iriam reger a electrificação do país. Em 1946 iniciam-se obras para o aproveitamento das bacias do Cávado e do Zêzere e em 1951 entram em serviço as Centrais de Vila Nova e de Castelo de Bode, a que rapidamente se sucederam Salamonde, Caniçada e Paradela na bacia do Cávado e Cabril e Bouçã na do Zêzere. Em 1952 entra em serviço a Central de Belver no Tejo.

A opção pelo aproveitamento do Cávado, antes do Douro, não foi pacífica. Quer Ezequiel de Campos quer Araújo Correia defendiam a prioridade do Douro. Este último, em apêndice ao «Parecer sobre as Contas Gerais do Estado de 1943» aprovado em 1945, escreve:

«Esta solução (prioridade do Cávado em detrimento do Douro) vem indubitavelmente contrariar as obras do Douro, bem mais interessantes no ponto de vista económico nacional! ... Se for tomada a decisão sem

prévio estudo da influência na obra do Douro, e se dessa decisão resultar o adiamento dos trabalhos neste rio por algumas dezenas de anos, será isso grave erro económico e neste caso também político».

Vinha de longe o apaixonado interesse de Ezequiel de Campos pelos temas da electrificação. A propósito da prioridade entre as bacias do Cávado e do Douro escreve: «Fui analisar o Cávado em 1911, bem antes de Rodrigues Nogueira, o Douro do Porto à foz do Agueda em 1912; o Paiva, a Lagoa Comprida da Serra da Estrela ... e dormi ao relento nos penedos do Guadiana em Setembro de 1917 quando o reconheci desde o Moinho do Gato, à entrada da fronteira com a Espanha, até perto do Pulo do Lobo». E mais adiante: «Em 1916, no livro *Pela Espanha* renovei o pedido de atenção para o rio Douro. Estava ainda a central do Lindoso na treva da realização. E pensei que dos interesses de Portugal e Espanha se concluía a conveniência do aproveitamento hidro-eléctrico num 'amanhã muito próximo' do rio Douro, por Zamora pelos espanhóis, e da Régua até ao Porto pelos portugueses» (in *Problemas Fundamentais Portugueses*, 1946, pp. 149 e 150).

Ezequiel de Campos e Araújo Correia temiam que a realização das centrais na bacia do Cávado atrasasse dezenas de anos o aproveitamento do Douro. Não foi isso que aconteceu. Em 1956 iniciam-se as obras da Central do Picote, primeiro escalão do Douro internacional que desde 1902 era objecto de pedidos de concessão quer em Portugal quer em Espanha<sup>64</sup>. Seguem-se rapidamente os escalões de Miranda e Bemposta; mais tarde o aproveitamento do Douro completar-se-ia com as centrais no troço nacional.

Se nas primeiras duas centrais, designadamente nos equipamentos eléctricos de Castelo do Bode é visível uma grande influência das soluções técnicas praticadas antes da guerra em centrais estrangeiras, nas seguintes os projectistas portugueses rapidamente se autonomizam. Um exemplo notável da rapidez com que a electrotecnia portuguesa passa a dominar as tecnologias de projecto e de execução das instalações, foi a Central de Picote que impressionava pela perfeição e harmonia das soluções encontradas e pela execução sem falhas<sup>65</sup>.

Com o início dos grandes aproveitamentos estabelecem-se as primeiras linhas em muito alta tensão, da rede primária: de Castelo do Bode para Sacavém e de Vila Nova para Ermesinde, a 150 kV.

Recordo, sem evidentemente poder garantir a exactidão literal das palavras, que o Prof. Ferreira Dias explicava assim a escolha dos 150 kV: «... teria sido possível adoptar os 220 kV que estavam a ser introduzidos

na Europa, mas havia pouca experiência e pareceu menos arriscado ficar pelos 150 kV. Hoje a escolha iria, certamente, para os 220 kV ...».

A construção e exploração da rede primária foi entregue à Companhia Nacional de Electricidade, que interligou centros de produção e consumo. Obedecendo à Base X da lei n.º 2002 as centrais interligadas «ficavam sujeitas à disciplina de um repartidor de cargas».

Intransigentemente orientada pelo seu presidente — o Prof. Ferreira Dias — na defesa dos interesses gerais perante os interesses dos grupos económicos, a Companhia Nacional de Electricidade desempenhava o papel de maestro em toda esta vastíssima execução. Procurava-se fomentar os fabricos nacionais — de apoios, de isoladores, de cabos, do equipamento para as subestações. Com isto lançaram-se as bases do que hoje são peças salientes da indústria electrotécnica portuguesa.

Vinha de longe — como se recordou — a tradição de qualidade no fabrico de isoladores de alta tensão na Electro-Cerâmica. Perante o mercado que se multiplicava, os fabricantes de isoladores agrupam-se para a construção de um laboratório que ensaiasse as matérias primas e os produtos nas várias fases do fabrico. O laboratório será construído no Candal, em Vila Nova de Gaia, a pequena distância da fábrica da Electro-Cerâmica seu principal utilizador.

Para dirigir o laboratório os fabricantes de isoladores vão buscar à Faculdade de Engenharia o Prof. Manuel Correia de Barros<sup>66</sup>. Projectos, técnicas de fabrico<sup>67</sup> e ensaios de isoladores, são orientados com rigoroso espírito científico, sem concessões a facilidades comerciais, e os resultados foram tão notáveis que rapidamente os isoladores de alta tensão fabricados no Candal ultrapassavam em qualidade os concorrentes estrangeiros.

Volto a recordar o Prof. Ferreira Dias numa ocasião em que conversava sobre os isoladores de cadeia já em serviço nas linhas da rede primária. Citava números de avarias nos isoladores de fabrico estrangeiro e com os olhos brilhantes de entusiasmo, acrescentava: «Sabe quantos isoladores da Electro-Cerâmica se avariaram em serviço? Até agora, nenhum!».

Para a construção de máquinas eléctricas organizou-se em 1948 a Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas em que se associaram um grande construtor europeu — os Ateliers de Construction Eléctriques de Charleroi —, a Companhia União Fabril e uma pequena mas dinâmica oficina de construções e reparações eléctricas, a Electro-Moderna, do Porto. Mais tarde as actividades da empresa alargaram-se à construção

de aparelhagem de manobra e de diversos equipamentos eléctricos e ainda às instalações de alta e de baixa tensão. Ao lançamento e ao sucesso destas actividades ficou ligado o nome do Eng. António Rica Gonçalves, antigo docente da Faculdade de Engenharia; e também o do Eng. António Costa Reis.

Como era natural os associados estrangeiros da Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas trouxeram além da experiência quanto a métodos de fabrico, projectos de máquinas e aparelhagem e protótipos. Todavia tudo era filtrado pelos engenheiros portugueses do gabinete de estudos da empresa; estudos autónomos desenvolveram-se em vários domínios como, por exemplo, no projecto de grandes transformadores<sup>68, 69</sup>.

A Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas não se ocupava com a construção de máquinas rotativas de grande potência. Nesse domínio lançou-se a SEPSA — Sociedade de Construções Electromecânicas com fábrica em Leça do Bailio.

As tarefas de construção das obras e dos equipamentos seguiam-se as tarefas de exploração dos sistemas de energia: optimização do uso do conjunto das centrais térmicas e hídricas<sup>70, 71</sup>, regimes tarifários, comportamento das redes, estudos de máquinas especiais<sup>72</sup>, aplicações na indústria<sup>73</sup>, automatismos<sup>74</sup>, por exemplo.

No estudo e definição das tarifas teve papel preponderante o Eng. Paulo de Barros, figura com relevo em toda a obra de electrificação<sup>75</sup>.

No estudo do comportamento das redes tiveram, neste período, acção importante os engenheiros da Companhia Nacional de Electricidade. Foi manifestação notável da capacidade da Electrotecnia portuguesa a realização em 1964 do analisador analógico de redes construído nos laboratórios da Companhia em Sacavém<sup>76</sup>.

Nos domínios da tracção eléctrica iniciam-se neste período dois empreendimentos importantes: a electrificação dos caminhos de ferro<sup>77</sup> e o metropolitano de Lisboa<sup>78</sup>. Para os caminhos de ferro foi adoptada a solução que então invadia os caminhos de ferro europeus: o motor monofásico a 50 Hz. Outras soluções se seguiram até porque as dificuldades de comutação nestes motores nunca foram completamente dominadas. Para o metropolitano as virtudes da corrente contínua impuseram-na claramente.

Ainda neste período iniciam-se a construção e a exploração das centrais térmicas de grande potência: primeiro a Central da Tapada do Outeiro queimando carvões nacionais, depois a Central do Carregado queimando fuelóleo.

Ao findar a guerra a electrificação em Angola e Moçambique reduzia-se a pequenas redes locais alimentadas, em geral, por centrais diesel-eléctricas. Uma estatística de 1951 regista a existência de 297 centrais em Angola das quais 269 térmicas, produzindo anualmente 26 milhões de quilowatts-hora; e, em Moçambique 299 centrais, todas térmicas, produzindo 25 milhões de quilowatts-hora.

Nas décadas de cinquenta e sessenta organizam-se empresas, instalam-se centrais, estendem-se linhas de transmissão. A engenharia electrotécnica portuguesa deixou, em África, testemunhos da sua capacidade de concepção e realização: as centrais hidroeléctricas das Mabubas, do Biópio, da Matala, de Cambambe<sup>80</sup>, a central térmica de Lourenço Marques<sup>81</sup> e tantas outras instalações não desmerecem do alto nível que se praticava na Metrópole. Regista-se que a concepção do aproveitamento de Cahora-Bassa e da transmissão da energia, em corrente contínua, para a África do Sul, foi inteiramente portuguesa incluindo todos os estudos em fase de anteprojecto<sup>82</sup>.

De toda esta actividade encontram-se numerosos testemunhos na revista *Electricidade* que desde 1957 se publica sem interrupções. Praticamente todas as realizações ligadas com a electrificação em território nacional lá estão referidas com maior ou menor minúcia; algumas são tratadas em artigos com notável conteúdo tecnológico. Tem alguma razão o Eng. Ferreira do Amaral quando escreve<sup>83</sup>: «... a nossa dimensão (da revista) é a dimensão exacta do Portugal electrotécnico». O artigo de Ferreira Dias com que abre o primeiro número da *Electricidade* ainda hoje merece leitura atenta não só pelas muitas previsões que o futuro confirmou, como pelas que não se confirmaram e que mostram como os factores determinantes das transformações são, quantas vezes, difíceis de prever.

A ideia de estar garantido pelo nuclear um abastecimento indefinido de energia a preços baixos foi o pano de fundo das políticas de energia entre o fim da guerra e os anos finais da década de sessenta.

A partir da década de sessenta foi analisada a hipótese da instalação, em Portugal, de centrais nucleares<sup>84</sup>, embora desde o fim da guerra o assunto merecesse a atenção de alguns especialistas<sup>85</sup>. Todavia nenhuma central nuclear se instalou, até agora, no nosso país, o que, tendo em conta a experiência que por esse mundo fora se foi adquirindo, a tomada de consciência de riscos de várias naturezas, a evolução do conhecimento científico e das tecnologias, e os recentes rumos dos mercados da energia, talvez não tenha sido um mal.

É curioso assinalar que as tentativas de desenvolver em Portugal acções científicas e tecnológicas motivadas pela perspectiva da introdução da energia nuclear, patrocinadas pelo Instituto de Alta Cultura, vieram a animar desenvolvimentos — com grande mérito — em áreas da Electrotecnia que não a da energia eléctrica.

\*

Todo este quadro de estudos e realizações da engenharia electrotécnica portuguesa é bem diferente do que encontrámos entre as duas guerras mundiais. Todavia por falta de maturidade na indústria ainda não ocorrem solicitações significativas para a criação de soluções autónomas nas máquinas, aparelhagem de manobra e equipamentos eléctricos diversos. A urgência de avançar com a electrificação levou a recorrer a soluções importadas, quando, em certos casos, um pouco de paciência e melhor perspectivação dos interesses do país, teriam permitido que nascessem e se desenvolvessem soluções mais marcadamente nacionais.

A Paulo de Barros não escapa a essência do problema. No editorial do primeiro número da revista *Electricidade* escreve<sup>86</sup>: «O problema, aliás, é fundamentalmente de mentalidade: a grei lusitana, avessa à disciplina e ao enquadramento exigido pelo desenvolvimento industrial, sem espírito colectivo, é mais atreita ao esforço individual e momentâneo, do que ao trabalho de cooperação, ignorado, obscuro e lento...».

Estes aspectos negativos de um panorama globalmente animador são bem realçados num depoimento feito à revista *Electricidade* pelo então administrador da SEPSA, Eng. Taillet Alves<sup>87</sup>:

«... a luta travada pelo desenvolvimento no nosso país da produção de máquinas eléctricas pesadas e, sobretudo, a obtenção de 'independência técnica' neste e noutros fabricos eléctricos revela-nos a fase pouco evoluída que ainda vivemos...». E, mais adiante, refere-se à «indústria, com pouca técnica de origem nacional...».

Não será rigoroso afirmar que faltava totalmente a criação autónoma nos fabricos de máquinas e outros equipamentos. Contudo o que aqui e ali se revelava não era significativo nem capaz de ser o núcleo de actividade fabril na fronteira tecnológica.

Nas áreas da fabricação de máquinas e equipamentos eléctricos era praticamente inexistente verdadeira investigação; exceptuava-se a actividade dirigida pelo Prof. Correia de Barros no domínio dos isoladores de alta tensão, mas o seu notável exemplo continuava solitário. Trabalhos,

embora com grande interesse, de engenheiros da Campanhia Nacional de Electricidade, não cobriam actividades de fabrico.

Nos anos que precederam imediatamente os choques petrolíferos alguns pedidos de ajuda a acções de investigação e desenvolvimento na área da electrotecnia de energia, foram acolhidos favoravelmente pelo Instituto de Alta Cultura. Contudo essas propostas, de origem universitária, eram poucas e tinham fins ligados com as carreiras académicas dos seus autores.

\*

Em 1955 são publicados novos planos dos cursos de engenharia<sup>88</sup> que atribuem «um plano de estudos único e obrigatório» ao Instituto Superior Técnico e à Faculdade de Engenharia; ambas as escolas concedem o grau de doutor; afirma-se a importância da cultura geral e de sólida cultura científica que não devem ser sacrificadas à especialização.

Os «novos planos» introduzem no último ano do curso cadeiras de opção: os alunos podiam escolher entre «Aplicações da Electricidade (2.ª parte)» e «Telecomunicações (2.ª parte)»; e entre «Electroquímica. Electrometalurgia. Electrotecnia» e «Mecânica Quântica. Física Nuclear». Esta última cadeira, anos depois foi substituída por «Electrónica Aplicada (2.ª parte)».

A possibilidade de optar — que largamente se justificava — revelou uma crescente redução no número de alunos que se inscreviam na disciplina da área da energia («Aplicações da Electricidade - 2.ª parte»). Esta desigual repartição dos alunos por Correntes Fortes e Correntes Fracas era tendência geral em todo o mundo e continuaria a acentuar-se até à actualidade.

No Instituto Superior Técnico o professor de Aplicações da Electricidade era Ferreira Dias. Em Maio de 1966 realiza uma palestra, a pedido dos alunos do curso de Electrotecnia, sobre as possíveis ocupações profissionais no ramo das Correntes Fortes<sup>89</sup>.

Em certo passo da palestra afirma: «... começa a haver provas concretas do interesse do Estado e dos particulares para abandonar o empirismo em que se tem vivido em matéria industrial, começando-se a estudar e a medir — coisas que por muito tempo se consideraram sumptuárias. Longos anos se supôs que vinha tudo nos livros; começa-se a ler os livros e a concluir que não é bem assim». E mais adiante: «Uma velharia arquivada, estas Correntes Fortes! Sólida tolice! Tão

lúcido conceito só pode ter germinado no cérebro confuso daqueles moços que se dizem existencialistas e se passeiam, cobertos de sebo e de caspa, mas olímpicos como Júpiter, nas ruas do Quartier Latin».

E a terminar: «... Correntes Fortes e Correntes Fracas são sectores paralelos igualmente nobres, onde o engenheiro curioso e estudioso encontra com igual facilidade motivos de análise e meditação».

Esta foi uma das últimas lições de Ferreira Dias; em Novembro de 1966 morria inesperadamente.

\*

É neste período que o Instituto de Alta Cultura intensifica fortemente o envio de bolseiros para no estrangeiro se especializarem em áreas científicas e tecnológicas. Esta política teve resultados transcendentes: passados poucos anos os cursos de engenharia electrotécnica portugueses nivelavam-se, em actualização, com os das boas escolas estrangeiras. Infelizmente não se nivelaram ainda em eficiência, mas disso a culpa não será totalmente das escolas.

Na década de sessenta são fundadas instituições universitárias em Luanda e Lourenço Marques. Em ambas se professam cursos de engenharia electrotécnica com currículos análogos aos da Metrópole. No estabelecimento dos programas, formação de docentes e planeamento de laboratórios colaboram professores do Instituto Superior Técnico e da Faculdade de Engenharia.

Em 1970 são novamente actualizados os planos do ensino da engenharia<sup>90</sup>: a duração do curso é encurtada para cinco anos, adopta-se o regime semestral para as disciplinas (a palavra «disciplina» substitui a tradicional «cadeira») alarga-se a lista das opções, acentua-se a especialização.

No início da década de setenta foram criadas na Universidade de Coimbra as condições para o ensino de todos os anos dos cursos de Engenharia, tendo passado a antiga Faculdade de Ciências a ser designada por Faculdade de Ciências e Tecnologia. Os primeiros licenciados em Engenharia pela Universidade de Coimbra viriam a diplomar-se em 1975<sup>117</sup>.

\*

Contemplando com justificada satisfação o muito que foi feito e com alguma melancolia as oportunidades perdidas chegamos ao primeiro

choque petrolífero nos inícios da década de setenta. Durante essa década e na seguinte muitas coisas iriam alterar-se e entre elas a mentalidade, os objectivos e os meios com que, em Portugal, se trabalhava na área da engenharia electrotécnica. Contudo não é fácil mudar atitudes e eliminar insuficiências que radicam em modos de pensar e em estruturas sociais com séculos. Por isso para se perceberem muitas das dificuldades actuais foi útil conhecer e reflectir sobre o passado que as gerou.

## 6. O panorama actual e alguns cenários

Nos finais de 1973 os preços do petróleo sobem de cerca de dois para cerca de doze dólares por barril. Foram muitas as causas desta elevação de preços<sup>91</sup> que ficaria conhecida como o «primeiro choque petrolífero». Em 1979 um segundo «choque» iria elevar o preço do barril para cerca de trinta e quatro dólares.

Os choques petrolíferos alteraram profundamente o mercado da energia e chamaram a atenção para as irracionalidades com que estava a ser usada. Uma dessas irracionalidades era — e continua a ser — a degradação da energia eléctrica para obter calor, um contrasenso à luz da Termodinâmica.

A subida dos preços do petróleo impulsionou o uso racional da energia e tornou rendíveis novas fontes. O preço da energia eléctrica subiu por razões que não apenas a subida de preço dos combustíveis: uma consequência importante foi a tendência para reservar a electricidade para os usos em que não é facilmente substituível; outra consequência foi alterar os critérios de projecto de máquinas, linhas de transmissão e receptores pois os rendimentos mais económicos são agora maiores. Tudo isto se foi passando entre tentativas, nem sempre bem coordenadas, de substituição de fontes de energia, de autonomia energética, e de combate ao desperdício.

Embora as razões imediatas dos choques petrolíferos fossem erros de planificação dos compradores e alterações dos equilíbrios políticos, há motivos para pensar que a chamada «crise energética» é sinal de mudanças de fundo.

A energia nuclear de cisão como suporte dos sistemas de energia eléctrica não terá sido aposta totalmente errada mas foi, certamente, aposta prematura. Tomou-se como certo que as dificuldades com a segurança, com a eliminação dos resíduos, com a transmutação dos isótopos

naturais férteis em materiais cindíveis, se iriam resolver rapidamente: passados cerca de quarenta anos após a entrada em serviço da primeira central nuclear continuam por resolver.

Actualmente não se encontram oportunidades de produzir energia eléctrica abundante e barata. Cada vez mais há que recorrer a combustíveis de extracção cara ou a obras hidroeléctricas volumosas por unidade de potência instalada; o custo dos equipamentos não pára de crescer pondo, até, em causa «verdades» tidas por evidentes tais como as economias de escala.

A instalação de grandes centrais outrora motivo de regozijo para as populações e tema apetecido da propaganda dos governos, é feita hoje num ambiente de hostilidade que, em alguns casos, quase se assemelha a ambiente de guerra. Nas mentalidades deste final de século os valores da ecologia têm cotação tão alta que começam a ser determinantes para a escolha de quem governará.

Na preocupação com o ambiente têm as pessoas alguma razão. Temem-se as potenciais agressões das centrais nucleares — Chernobyl é um pesadelo com consequências de que ainda não nos apercebemos completamente; temem-se as centrais térmicas clássicas que poluem a atmosfera com compostos de enxofre e com compostos de azoto e que rejeitam grandes quantidades de calor para áreas pequenas. É possível atenuar estas poluições, mas aumentando o investimento e portanto o custo da energia.

Recentemente vieram acrescentar-se receios pelas consequências da emissão de dióxido de carbono. O dióxido de carbono é um produto natural e inevitável da combustão e daí alguma perplexidade sobre a possibilidade de minorar significativamente a sua emissão pelos motores térmicos.

As próprias centrais hidroeléctricas que há anos se viam enobrecedoras da paisagem graças aos magníficos planos de água que criavam e à grandiosidade das obras de retenção, são hoje contestadas porque afogam vales e desfiladeiros de grande beleza natural, porque alteram localmente o clima, porque agredem a fauna e a flora aquáticas.

As consequências claramente indesejáveis de certas realizações explicam as reservas dos ecologistas: um exemplo são as obras de Assuan, no Alto Egipto, disparate com dimensões faraónicas. Mas há coisas, aparentemente menores, que deviam ter merecido mais atenção dos projectistas das centrais: a passagem dos peixes, é problema que

nunca foi satisfatoriamente resolvido mesmo em açudes com pequena altura.

Mudou muito o quadro em que o engenheiro electrotécnico é chamado a fazer escolhas, pondo-se em dúvida algumas das tendências que nortearam o desenvolvimento da indústria da electricidade durante cem anos: instalar centrais de grande potência, caminhar rapidamente para interligações densas, contar com penetração crescente da electricidade no abastecimento energético. Hoje tudo isto é discutido.

Há quem pressinta que se está a fechar um ciclo e a iniciar um novo quadro tecnológico para o uso da energia eléctrica. Não é certo que seja assim mas justificam-se fundas interrogações.

Em Portugal as incertezas foram ampliadas pela turbulência social e económica provocada pelas mudanças políticas de 1974; e não se deverá esquecer que o campo de actividade da engenharia electrotécnica portuguesa sofreu importante redução com a independência de Angola e de Moçambique

\*

Outras mudanças aconteceram que, embora tragam dificuldades, contêm estímulos e promessas.

Uma é o grande peso que as tecnologias da electrónica, da micro-electrónica e da informática têm, hoje, nos sistemas de energia eléctrica. É necessário alargar muito o espectro da preparação escolar dos electrotécnicos que se consagram ao domínio da energia, pondo a tónica nos conhecimentos fundamentais em domínios diversos.

Não sendo boa pedagogia aumentar a escolaridade actual e aumentando o tempo consagrado a conhecimentos básicos, não será possível fazer nas escolas o aprendizado de muitas tecnologias específicas. Contudo as nossas indústrias têm estruturas tecnológicas frágeis e não se deverá contar demasiado com a formação obtida na indústria. Há aqui um desafio à lucidez e ao empenho dos corpos docentes das escolas.

A entrada de Portugal nas Comunidades Europeias é outra mudança com consequências importantíssimas. Abre-se enorme espaço de competição entre electrotécnicos com as mais variadas formações, treinados em meios industriais muito avançados: vai-se diluir a importância dos títulos e aumentar a importância da capacidade e da competência.

\*

O sistema científico e tecnológico português ligado à engenharia electrotécnica, não tem assistido passivamente a todas estas mudanças. Pelo contrário é real e crescente o esforço para se manter nas frentes do conhecimento participando em acções de pesquisa, de desenvolvimento e de demonstração e para adaptar o ensino às novas exigências.

Nas áreas da análise de redes<sup>93</sup>, dos materiais isolantes<sup>94</sup>, da fiabilidade<sup>95</sup>, dos parâmetros das linhas de transmissão<sup>96</sup>, do controlo dos sistemas de energia eléctrica<sup>97</sup>, do planeamento das redes<sup>98, 99</sup>, da alta tensão<sup>100</sup>, das máquinas eléctricas<sup>101</sup>, da produção descentralizada<sup>102</sup>, dos materiais<sup>103</sup>, da segurança das redes<sup>104</sup>, do efeito coroa<sup>105</sup>, da automatização de centrais e subestações<sup>106</sup> e em muitas outras, tem-se trabalhado com seriedade; pode esperar-se que os engenheiros electrotécnicos portugueses serão capazes de apoiar a indústria e os serviços nos mercados que se abrirem.

A Electrónica de Potência começa a ser objecto de apreciável actividade industrial que encontra mercado quer no equipamento da rede nacional, quer na indústria que se moderniza, quer na exportação.

Simultaneamente com estas actividades tecnológicas, tem-se desenvolvido no Instituto Superior de Economia da Universidade Técnica de Lisboa considerável acção na área da Economia da Energia, o que tem contribuído para racionalizar decisões no domínio da energia eléctrica e tem suportado estudos para o Plano Energético Nacional<sup>107</sup>.

Numa comunicação publicada em 1989<sup>117</sup> o Prof. Eduardo Sousa Saraiva relata as sucessivas transformações do plano de estudos de Engenharia Electrotécnica feitas, entre 1982 e 1987, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. As reformas curriculares que conduzem a formações de espectro estreito são criticadas pelo Prof. Sousa Saraiva que conclui a sua comunicação notando que «...continuaremos a não ter a certeza de que um licenciado em Engenharia Electrotécnica saiba que existe uma máquina chamada motor de indução ou mesmo conheça como funciona o transformador».

\*

Actividades de pesquisa no domínio da energia eléctrica têm encontrado apoio na Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica e também no Instituto Nacional de Investigação Científica neste último

através dos centros sediados nas universidades. Com a adesão de Portugal às Comunidades Europeias abriram-se aos nossos investigadores os programas de investigação e desenvolvimento comunitários, onde já marcaram presença significativa. Merecem referência destacada os trabalhos sobre células fotovoltaicas realizados por uma equipa da Universidade Nova de Lisboa<sup>108</sup>; e também os trabalhos sobre aproveitamentos hidroeléctricos de pequena potência realizados de acordo com um contrato de desenvolvimento industrial entre o Instituto Superior Técnico e o Ministério da Indústria<sup>109</sup>. No Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial têm prosseguido pesquisas sobre o uso da conversão fotovoltaica e sobre o aproveitamento da energia eólica.

Artigos com excelente nível, publicados em revistas nacionais e estrangeiras, ocupam-se dos resultados que se vão obtendo nestas acções de pesquisa, desenvolvimento e demonstração. Deve assinalar-se que, hoje, é frequente a publicação de artigos da autoria de electrotécnicos portugueses em revistas com grande difusão internacional o que, há vinte anos, era raro acontecer.

\*

Em 1969 tinham-se agrupado na Companhia Portuguesa de Electricidade os grandes produtores e a rede de transporte<sup>110</sup>. Em 1976 forma-se a Electricidade de Portugal<sup>111</sup> na qual se juntavam a Companhia Portuguesa de Electricidade e as principais empresas distribuidoras. Nos anos que se seguiram, a Electricidade de Portugal foi absorvendo a restante distribuição em alta e baixa tensão. Entre as realizações da Electricidade de Portugal assinalam-se o estabelecimento da rede de 400 kV e a sua ligação em 1979 à rede europeia<sup>112</sup>; a construção do laboratório de alta tensão, capaz de ensaios ao choque ultrapassando os 2 MV<sup>113, 114</sup>; a introdução, em grande escala, de novas tecnologias no Centro de Despacho de Sacavém.

\*

Por todo o mundo a engenharia electrotécnica tem-se movido, no domínio da energia, num quadro de grande incerteza quanto às tendências que vão prevalecer na indústria da electricidade. Cenários muito diversos merecem consideração e conforme uns ou outros prevalecerem assim o uso da electricidade seguirá percursos diferentes.

Os ciclos dos combustíveis fósseis revelam-se episódios com vida curta: a duração do ciclo do petróleo pouco excederá um século. Por isso não será com energia obtida do petróleo, do gás natural ou do carvão que, a longo prazo, se poderá assegurar o abastecimento energético da civilização industrial.

Sem negar a possibilidade de outras fontes — por exemplo a geotermia profunda — virem a revelar-se solução com peso no balanço energético mundial, as fontes que neste momento se afiguram com mais potencialidades, embora a prazo indeterminado, são as nucleares, a biomassa e a radiação solar.

A cisão nuclear quer em reactores térmicos quer recorrendo ao ciclo do plutónio, esbarra, hoje, com uma muralha de dificuldades e a tendência é mais para parar reactores em serviço do que para lançar novos programas de centrais nucleares. Contudo muitas outras vias parecem possíveis — a longo prazo, insiste-se. As recentes peripécias com a fusão fria (Martin Fleischmann da Universidade de Southampton e Stanley Pons da Universidade de Utah), tiveram, pelo menos, a virtude de chamar a atenção para o interesse de explorar outras vias nucleares além da cisão e da fusão por via térmica.

Em 1986 o Prof. Umberto Colombo apresentou ao Parlamento Europeu o esboço de um projecto que propunha a produção de grandes quantidades de biomassa, tornada possível, segundo Colombo, pelos avanços das biotecnologias.

A realização deste projecto reduz a dependência energética europeia e os excessos agrícolas da Comunidade e contém a possibilidade de reduzir — e no limite anular — os efeitos das emissões de dióxido de carbono. De facto na medida em que a energia térmica quer nas centrais eléctricas quer noutros processos, fosse obtida a partir da biomassa, as emissões anuais de dióxido de carbono seriam contrabalançadas pelas absorções anuais necessárias à renovação da biomassa. Em relação ao eventual efeito de estufa a produção de energia baseada na biomassa afigura-se processo praticamente neutro.

A radiação solar entrega todos os dias na Terra cerca de vinte mil vezes mais energia do que o consumo total diário nos edifícios, nas indústrias e nos transportes. A tecnologia da conversão fotovoltaica permite a apropriação da energia da radiação solar convertendo-a em energia eléctrica com rendimentos comerciais que já rondam os dez por cento. Este rendimento pode parecer baixo mas nenhum outro ciclo

de obtenção de energia eléctrica a partir da radiação solar permite obter rendimento significativamente maior.

Carlo Rubbia<sup>115</sup> receia os efeitos das centrais fotovoltaicas sobre o ambiente e considera inaceitável a não disponibilidade contínua desta fonte de energia. Não tem razão. A dificuldade — essa grave — é o custo da energia eléctrica obtida por via fotovoltaica ser, ainda, cerca de uma ordem de grandeza maior do que o custo conseguido usando as tecnologias tradicionais.

Não se conhecem razões para esperar mais de uma destas vias do que das outras. Os caminhos serão condicionados pelo progresso das ciências e das tecnologias para o qual é sempre fantasioso marcar calendários.

Francis Bacon no *Novum Organum* previne: «todas as grandes descobertas são devidas, não às combinações do espírito e aos desenvolvimentos da arte, mas sim inteiramente ao acaso, que tem o hábito de não ocorrer senão ao fim de séculos...». Não será bem assim, mas devemos acautelar-nos contra expectativas de progressos rápidos quando dependem do avanço em conhecimentos fundamentais. No domínio da energia o futuro esconde-se, ainda, por trás de um horizonte fechado.

Felizmente os choques petrolíferos fizeram actuar as leis do mercado: com a subida do preço abrandou muito o crescimento da procura de energia.

A diminuição dos consumos anteriores está a ser uma «fonte» de energia importante, para os novos consumos. Isto, o renovado uso de fontes clássicas (carvão, gás natural) e a ajuda de algumas tecnologias recentes (pequenos aproveitamentos hidroeléctricos totalmente automatizados, certos ciclos de cogeração, derivados da biomassa, por exemplo) desdramatizaram o panorama energético e permitem aguardar com alguma tranquilidade o progresso das ciências e das tecnologias.

Foi lentamente, muito lentamente, que a engenharia electrotécnica portuguesa se foi aproximando da capacidade de realização da Electrotecnia nos países industriais. Algumas razões deste andar vagaroso afloraram num ou noutro passo destas notas: fraqueza da indústria, nível

de vida baixíssimo, erros dos governos, falta de estímulo à criação tecnológica que ninguém pedia.

Hoje a situação é diferente, embora persista excessivo afastamento das dinâmicas criadoras de soluções novas para os problemas novos. Enquanto apenas forem propostos problemas com soluções sabidas, continuaremos ausentes das frentes do conhecimento e das actividades que definem os centros do poder industrial.

Estamos a assistir a transformações nos sistemas de energia que põem infundável lista de problemas. Portugal enfrenta grandes dificuldades com o seu abastecimento energético o que é estímulo para muitos e variados trabalhos de investigação, desenvolvimento e demonstração, no domínio da energia eléctrica.

Não esperemos que outros respondam aos desafios para depois copiarmos as soluções. Pelo contrário deve ser promovido o estudo autónomo mesmo com risco de, em muitos casos, não chegar primeiro às soluções ou de estas não serem as melhores. Circunstâncias várias criaram uma oportunidade singular que os portugueses não devem perder.

O conceito de «indústria portuguesa» vai, provavelmente, ser substituído pelo de «indústria exercendo-se em Portugal». Esta indústria comandada por gentes diversas será, talvez, mais capaz de formular questões com interesse real para a aplicação.

A perspectiva pode ser alargada à oferta de serviços de investigação e desenvolvimento à indústria comunitária feita por equipas sediadas em Portugal. Já há tímidos exemplos desta exportação de pesquisa e parece ser na busca de todos os mercados possíveis para as suas capacidades que a engenharia electrotécnica portuguesa se deverá orientar.

A organização de laboratórios destinados a ensaiar a qualidade dos materiais e dos equipamentos eléctricos afigura-se urgente: evitará a invasão do mercado português por produtos sem qualidade; garantirá a qualidade do que se fabrica e do que se exporta. Destes laboratórios podem sair informações e sugestões com interesse para a indústria. Nesta área assinala-se a actividade do Instituto Electrotécnico Português<sup>116</sup>.

Tudo isto requer que as viscosidades da burocracia não entorpeçam os esforços para progredir. Todavia qualquer que seja a resposta que dermos aos desafios que se nos apresentam, do que parece não haver dúvida é que neste final do século XX temos oportunidades para acertar o passo com o mundo electrotécnico mais avançado, oportunidades que por diversíssimas razões não nos foram dadas nos finais do século XIX.

\*

Estou muito grato ao Prof. Doutor Manuel Vaz Guedes a quem devo o conhecimento de valiosíssima documentação sobre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Escolas que a precederam.

Também agradeço ao Senhor Jorge de Castro Ferreira, Assessor dos Serviços Administrativos do Instituto Superior Técnico, o ter-me chamado a atenção para o relatório de Fonseca Benevides sobre o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa.

#### Neste trabalho referem-se os seguintes textos:

- <sup>1</sup> H. Duarte Ramos, *Electricidade*, n.º 214, Agosto-Setembro, 1985, p. 227.
- <sup>2</sup> Lucien Poincaré, *L'Électricité*, Ed. Flammarion, Paris, 1918, p. 115.
- <sup>3</sup> Paul Janet, *Premiers principes d'électricité industrielle*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1899, p. VII.
- <sup>4</sup> M. Du Gouëdic, «Em 1881... O Congresso e a Exposição Universal de Electricidade», *Electricidade*, n.º 169, Novembro, 1981, pp. 465 e 466.
- <sup>5</sup> Léon Poinsard, *Portugal ignorado*, ed. Magalhães e Moniz, Lda., Porto, 1912, p. 56.
- <sup>6</sup> Ramalho Ortigão, *As Farpas* (edição integral), Vol. X, ed. Livraria Clássica Editora, Lisboa, 1944, p. 171.
- <sup>7</sup> *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. I, Janeiro, 1870, p. 32.
- <sup>8</sup> *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. I, Fevereiro, 1870, pp. 62 e 63.
- <sup>9</sup> Ramalho Ortigão, *As Farpas* (edição integral), Vol. X, ed. Livraria Clássica Editora, Lisboa, 1944, pp. 167 a 170.
- <sup>10</sup> Alfredo Niaudet-Breguet, «Máquinas magneto-eléctricas do Sr. Gramme», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. VII, 1876, pp. 171 a 179, 222 a 228, 262 a 270 e 301 a 311.
- <sup>11</sup> Cabral de Morais, «A luz eléctrica em Vila Real», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XXVIII, Março e Abril, 1897, pp. 81 a 127.
- <sup>12</sup> Abreu Nunes, *Em guisa q as ruas fossem alomeadas*, Lisboa, 1945.
- <sup>13</sup> Rocha Peixoto, «A remodelação do ensino técnico e o projecto Bensaúde», *Revista de Portugal*, Vol. IV, 1892, pp. 803 a 812.
- <sup>14</sup> J. C., «A escola politécnica de Zurich e a instrução em Portugal», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. III, 1872, pp. 400 a 408.
- <sup>15</sup> Decreto de 30 de Junho de 1762.
- <sup>16</sup> Adriano de Abreu Cardoso Machado, «Memória histórica da Academia Politécnica do Porto», *Anuário da Academia Politécnica do Porto*, ano lectivo 1877-1878, Porto, 1878, pp. 87 a 233 (segue uma «lista alfabética dos lentes e directores da Academia da Marinha e Comércio da cidade do Porto»).

- <sup>17</sup> *Faculdade Técnica - Resumo histórico-Organização*, edição especial, publicada pela Universidade do Porto, para a Exposição Internacional do Rio de Janeiro, Porto, 1922.
- <sup>18</sup> Decreto de 13 de Janeiro de 1837, de Passos Manuel.
- <sup>19</sup> Decreto de 30 de Dezembro de 1852.
- <sup>20</sup> Newton de Macedo, «Instituições de Cultura» in *História de Portugal*, Vol. VII, pp. 659 a 678, ed. Portucalente Editora, Lda., Barcelos, 1935.
- <sup>21</sup> Decreto de 20 de Dezembro de 1864.
- <sup>22</sup> Decreto de 24 de Setembro de 1883.
- <sup>23</sup> Decreto de 30 de Dezembro de 1886.
- <sup>24</sup> Decreto de 3 de Fevereiro de 1888.
- <sup>25</sup> Decreto de 8 de Outubro de 1891.
- <sup>26</sup> Decreto de 30 de Junho de 1898 (um regulamento é publicado por decreto de 9 de Julho de 1903).
- <sup>27</sup> «Congresso Internacional de Electricidade», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XXXI, 1900, pp. 122 a 126.
- <sup>28</sup> Decreto de 1 de Dez. de 1892 (organização dos serviços telégrafo-postais).
- <sup>29</sup> Decreto de 24 de Dezembro de 1901.
- <sup>30</sup> «Indústrias eléctricas», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XLI, 1910, pp. 200 a 203.
- <sup>31</sup> Fritz Hoesen, «Algumas notas sobre a rede de energia eléctrica da cidade do Porto (S.M.G.E.)», *Electricidade*, n.º 100, Fevereiro, 1974, pp. 110 a 112.
- <sup>32</sup> «Empresa Hidroeléctrica da Serra da Estrela», *Electricidade*, n.º 100, Fevereiro, 1974, p. 96.
- <sup>33</sup> «A S.A. Eléctrica del Lima», *Electricidade*, n.º 100, Fev., 1974, pp. 94 e 95.
- <sup>34</sup> «Companhia Eléctrica do Lobito e Benguela», *Electricidade*, n.º 100, Fevereiro, 1974, pp. 90 a 92.
- <sup>35</sup> «Pára-raios, destinados ao novo Liceu Passos Manuel, na cerca de Jesus, em Lisboa — Consulta do Conselho Superior de Obras Públicas e Minas», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XLII, Março-Abril, 1911, pp. 101 a 116.
- <sup>36</sup> A. Ferreira do Amaral, «Motores eléctricos», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XLII, Julho-Agosto, 1911, pp. 307 a 332. (A páginas 261 do mesmo volume há uma referência à conferência do Eng. Ferreira do Amaral).
- <sup>37</sup> «Actas das sessões de 29 de Abril e de 13 de Maio de 1912, da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XLIII, 1912, pp. 208 a 213.
- <sup>38</sup> Decreto de 22 de Março de 1911.
- <sup>39</sup> Decreto n.º 2103 de 25 de Novembro de 1915.
- <sup>40</sup> Decreto de 23 de Maio de 1911.
- <sup>41</sup> I. Mariz Simões, «Pioneiros da Electricidade em Portugal — José Cordeiro», *Electricidade*, n.º 125, Maio-Junho, 1976, pp. 159 a 161.
- <sup>42</sup> Decreto de 14 de Junho de 1911.
- <sup>43</sup> *Corrente alternada*. Apontamentos das lições do Prof. Léon Fesch, coligidos por Cassiano de Oliveira, 1915-1916.
- <sup>44</sup> Paul Janet, *Leçons d'Electrotechnique Générale*, 3 volumes, ed. Gauthier Villars, Paris, 1916.

- <sup>45</sup> Alfredo Bensaúde, «Notas Histórico-Pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico». *Técnica*: n.º 170, Janeiro, 1947, pp. 99 a 108; n.º 171, Fevereiro, 1947, pp. 159 a 164; n.º 172, Março, 1947, pp. 233 a 238; n.º 173, Abril, 1947, pp. 301 a 304; n.º 174, Maio, 1947, pp. 363 a 368; n.º 175, Junho, 1947, pp. 431a 440; n.º 178, Dezembro, 1947, pp. 619 a 626; n.º 181, Março, 1948, pp. 801 a 814.
- <sup>46</sup> «Crónica-Retrospectos de 1910 — 1910 eléctrico», *Revista de Obras Públicas e Minas*, Vol. XLII, 1911, pp. 79 a 81.
- <sup>47</sup> Adriano Rodrigues, «Primeiras Palavras», *Engenharia*, n.º 1, Julho, 1945, p. 2.
- <sup>48</sup> Tomás Dias, *Engenharia*, n.º 1, Julho, 1945, p. 4.
- <sup>49</sup> A. Ferreira do Amaral, «Os isoladores de alta tensão — Para linhas aéreas de transporte de energia eléctrica», *Revista de Obras Públicas e Minas*, n.º 630, Outubro, 1924, pp. 118 a 126; n.º 631, Dezembro, 1924, pp. 159 a 167; n.º 632, Maio, 1925, pp. 23 a 34; n.º 633, Julho, 1925, pp. 77 a 82; n.º 634, Dezembro, 1925, pp. 126 a 131; e *Revista da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses*, n.º 639, Janeiro, 1927, pp. 23 a 29; n.º 640, Março, 1927, pp. 74 e 75; n.º 642, Setembro, 1927, pp. 147 a 150; n.º 645, Março, 1928, pp. 80 a 84.
- <sup>50</sup> Decreto n.º 7332 de 29 de Janeiro de 1921.
- <sup>51</sup> Decreto n.º 12696 de 19 de Novembro de 1926.
- <sup>52</sup> Decreto de 26 de Julho de 1930.
- <sup>53</sup> Decreto n.º 7727 de 6 de Outubro de 1921.
- <sup>54</sup> Alfredo Bensaúde, «O Instituto Superior Técnico», *Técnica*, n.º 88, Dezembro de 1937.
- <sup>55</sup> J. N. Ferreira Dias, «Aspectos da electrificação de Portugal», *Técnica*, n.º 45, Junho, 1932, pp. 455 a 463.
- <sup>56</sup> «A electrificação geral do país», *Revista da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses*, n.º 641, Julho-Agosto, 1927, p. 115.
- <sup>57</sup> J. Cansado Valente, nota publicada no n.º 100 da revista *Electricidade*, Fevereiro, 1974, pp. 80 e 81.
- <sup>58</sup> Decreto-Lei n.º 26.470 de 28 de Março de 1936.
- <sup>59</sup> J. N. Ferreira Dias, «Produção, consumo e distribuição da energia eléctrica — Relatório da Estatística das Instalações Eléctricas, 1932», *Técnica*, n.º 55, Dezembro, 1933, pp. 281 a 292; «Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal», *Técnica*, n.º 69, Novembro, 1935, pp. 196 a 203.
- <sup>60</sup> J. N. Ferreira Dias, *Linha de Rumo*, ed. Liv. Clássica Editora, 2.ª ed., 1945.
- <sup>61</sup> Francisco da Fonseca Benevides, *Relatório sobre o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa — 1898/1900*, Imprensa Nacional, Lisboa, 1901.
- <sup>62</sup> J. N. Ferreira Dias, «A energia e as suas perspectivas actuais», *Electricidade*, n.º 1, Janeiro-Março, 1957, pp. 10 a 23.
- <sup>63</sup> José Nascimento Ferreira Dias Júnior, «Uma casa electrificada», *Boletim da Ordem dos Engenheiros*, n.º 50, Fevereiro, 1941, pp. 33 a 43; n.º 51, Março, 1941, pp. 85 a 94.
- <sup>64</sup> Leopoldo Poole da Costa, «As quedas de água do Douro Internacional», *Revista da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses*, 1927, pp. 82 a 91.
- <sup>65</sup> Walter Rosa, «A Central do Picote», *Electricidade*, n.º 7, pp. 223 a 237; n.º 8, pp. 353-369.

- <sup>66</sup> M. Correia de Barros, «Evolução recente do uso de isoladores», *Electricidade*, n.º 4, Outubro-Dezembro, 1957, pp. 11 a 24.
- <sup>67</sup> M. Tavares de Pinho, «Isolantes e isoladores», *Electricidade*, n.ºs 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69 e 70.
- <sup>68</sup> Renato Morgado, «Ensaio de aquecimento de transformadores de potência», *Electricidade*, n.º 30, p. 159.
- <sup>69</sup> Franklin Guerra, «Um novo laboratório para o ensaio de transformadores de grande potência», *Electricidade*, n.º 26, Abril-Junho, 1963, pp. 124 a 128.
- <sup>70</sup> Sidónio Freitas Branco Pais, «O problema de repartição de reservas de energia entre albufeiras interligadas», *Electricidade*, n.º 3, Julho-Setembro, 1957, pp. 34 a 50; n.º 4, Outubro-Dezembro, 1957, pp. 62 a 80.
- <sup>71</sup> Sidónio Freitas Branco Pais, José Cruz Morais e António Leite Garcia, «Conjugação das centrais térmicas e hídricas na satisfação das necessidades de energia eléctrica», *Electricidade*, n.º 32, Outubro-Dezembro, 1963, pp. 453 a 574.
- <sup>72</sup> Diogo de Paiva Leite Brandão, «O amplificador rotativo metadínamo», *Engenharia*, n.ºs 33, 34, 36, 50 e 51, 1963-1964.
- <sup>73</sup> Manuel Jazelino V. da Costa, «Método de cálculo de resistências para forno de resistência ou para aparelhos electrotérmicos», *Engenharia*, n.º 44, Janeiro-Fevereiro, 1966, pp. 3 a 16.
- <sup>74</sup> A. Almeida do Vale, «Introdução à álgebra de Boole. As funções lógicas e a sua realização na técnica dos relés electromecânicos», *Engenharia*, n.º 48, Março-Abril, 1970, pp. 3 a 11.
- <sup>75</sup> Paulo de Barros, «Bases para o estabelecimento de um sistema tarifário de venda de energia eléctrica em alta tensão», *Electricidade*, n.º 1, Janeiro-Março, 1957, pp. 25 a 37; n.º 2, Abril-Junho, 1957, pp. 24 a 38.
- <sup>76</sup> Carlos Portela, «Breve notícia sobre o analisador de redes da Companhia Nacional de Electricidade», *Técnica*, n.º 333, Dezembro, 1964, pp. 159 a 165.
- <sup>77</sup> Pedro de Brion, José Valério Vicente e Ernesto Maria Salvado, «Electrificação dos caminhos de ferro», *Electricidade*, n.º 26, Abril-Junho, 1963, pp. 99 a 111.
- <sup>78</sup> «O metropolitano de Lisboa», *Electricidade*, n.º 12, 1959; n.º 13, 1960.
- <sup>79</sup> Ilídio Mariz Simões, «Pioneiros da electricidade em Portugal — Em guisa q̃ as Ruas de Lisboa fossem alomeadas ... a electricidade», *Electricidade*, n.º 133, Setembro-Outubro, 1977, pp. 258 a 264; n.º 134, Novembro-Dez., 1977, pp. 313 a 325.
- <sup>80</sup> José Colen, «O aproveitamento hidroeléctrico de Cambambe. Notas sobre o custo do empreendimento», *Electricidade*, n.º 26, Abril-Junho, 1963, pp. 140 a 143.
- <sup>81</sup> Pedro Pessoa de Carvalho e José Ferrajota Luciano, «Central térmica de Lourenço Marques», *Electricidade*, n.º 27, Julho-Setembro, 1963, pp. 201 a 217.
- <sup>82</sup> Domingos Moura, «O transporte de energia de Cabora-Bassa para a rede eléctrica da ESCOM: 1750 MW a 1400 km», *Electricidade*, n.º 52, Março-Abril, 1968, pp. 93 a 110; n.º 53, Maio-Junho, 1968, pp. 183 a 193.
- <sup>83</sup> João Maria B. Ferreira do Amaral, «Editorial», *Electricidade*, n.ºs 155/156, Setembro-Outubro, 1980, p. 355.
- <sup>84</sup> Armando Gibert, «As três primeiras fases do aproveitamento nacional da energia nuclear na produção de electricidade», *Electricidade*, n.º 21, Janeiro-Março, 1962, pp. 41 a 54.

- <sup>85</sup> Armando Gibert, «Aproveitamento de energia atómica», *Técnica*, n.º 170, Janeiro, 1947, pp. 109 a 122.
- <sup>86</sup> Paulo de Barros, «Editorial», *Electricidade*, n.º 1, Janeiro-Março, 1957, p. 9 (a autoria deste editorial está identificada a páginas 57 do n.º 100 da revista).
- <sup>87</sup> Alfredo C. Taillet Alves, nota publicada no n.º 100 da revista *Electricidade*, Fevereiro, 1974, pp. 140 e 141.
- <sup>88</sup> Decreto n.º 40.378 de 14 de Novembro de 1955.
- <sup>89</sup> José Nascimento Ferreira Dias, «Rumos de um electrotécnico de correntes fortes», *Técnica*, n.º 360, Março, 1966, pp. 581 a 590.
- <sup>90</sup> Decreto n.º 540/70.
- <sup>91</sup> Domingos Moura, «O panorama mundial da energia», capítulo 1 do livro *O que é a energia nuclear — Oportunidades em Portugal*, ed. Moraes Editores, Lisboa, 1978.
- <sup>92</sup> J. Ferreira Dias, «Tarifas de energia reactiva», *Técnica*, n.º 94, Junho, 1938, pp. 647 a 653; n.º 100, Março, 1939, pp. 209 a 222.
- <sup>93</sup> J. P. Sucena Paiva e J. M. Ferreira de Jesus, «Simulação digital de defeitos em sistemas de energia eléctrica», Congresso da Ordem dos Engenheiros, Porto, Novembro, 1978, Tema 5, Comunicação 12.
- <sup>94</sup> H. Duarte Ramos, «Medição de descargas parciais», *Electricidade*, n.º 141, Janeiro-Fevereiro, 1979, pp. 9 a 22.
- <sup>95</sup> M. Ferreira de Oliveira e M. C. Matos, «Cálculo de índices de fiabilidade com recurso às técnicas dos cortes mínimos e de Monte Carlo», Congresso da Ordem dos Engenheiros, Porto, 1978.
- <sup>96</sup> J. F. Borges da Silva, «The electrostatic field problem of stranded and bundle conductors solved by the multipole method», *Electricidade*, n.º 142, Março-Abril, 1979, pp. 90 a 100.
- <sup>97</sup> J. P. Sucena Paiva, «Controlo em tempo real dos sistemas de energia», *Electricidade*, n.º 112, Fevereiro, 1975, pp. 26 a 33.
- <sup>98</sup> A. Almeida do Vale, F. Maciel Barbosa, J. Borges Gouveia e Vladimiro Miranda, «Redespacho da produção após a ocorrência de uma contingência. Consideração do impacto económico nos consumidores», *Electricidade*, n.º 170, Dezembro, 1981, pp. 491 a 496.
- <sup>99</sup> J. A. Nascimento Batista, «Disparo de unidades de grande potência em sistemas interligados. Casos particulares de aplicação ao planeamento da rede portuguesa», *Electricidade*, n.º 145, Setembro-Outubro, 1979, pp. 237 a 260.
- <sup>100</sup> Domingos Moura, *Técnicas de alta tensão*, ed. AEIST, Lisboa, 1980.
- <sup>101</sup> M. S. Garrido, «L'analyse matricielle des machines électriques», *Técnica*, Vol. XXIX, Junho, 1967, pp. 443 a 445.
- <sup>102</sup> Domingos Moura, «A produção descentralizada de energia eléctrica no sistema energético português», Seminário avançado *Tecnologias das fontes de energia eléctrica descentralizadas*, Lisboa, Maio, 1966, Comunicação n.º 1, pp. 5 a 39.
- <sup>103</sup> Carlos Sá Furtado, «Um caso de desenvolvimento de materiais e a sua aplicação tecnológica: os supercondutores em electrotecnia de potência», *Electricidade*, n.º 142, Março-Abril, 1979, pp. 77 a 87.
- <sup>104</sup> L. M. Vilela Pinto, «Análise dos sistemas de protecção de pessoas contra contactos indirectos», *Electricidade*, n.º 169, Novembro, 1981, pp. 461 a 464.

- <sup>105</sup> T. Correia de Barros, «Efeito coroa em linhas de transporte de energia». Dissertação de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1985.
- <sup>106</sup> J.P. Sucena Paiva, Virgílio C. Abelaira Gomes e J.L. Pinto de Sá, *Autómato de subestações*, Endiel, Porto, 1985.
- <sup>107</sup> H. Baguenier, *Política de utilização das energias renováveis*. Conferência sobre política energética, cd. IED, Caderno n.º 13, Lisboa, Dezembro, 1986.
- <sup>108</sup> Leopoldo Guimarães, «A conversão directa de energia solar em energia eléctrica», *Técnica*, n.º 461, Novembro, 1980, pp. 81 a 84.
- <sup>109</sup> J.P. Sucena Paiva, «Energia hidroeléctrica de baixa potência». Seminário avançado *Tecnologias das fontes de energia eléctrica descentralizadas*, Lisboa, Maio, 1986, Comunicação n.º 2, pp. 40 a 61.
- <sup>110</sup> José Albino Machado Vaz, «Companhia Portuguesa de Electricidade, SARL», *Electricidade*, n.º 63, Janeiro-Fevereiro, 1970, pp. 3 a 4.
- <sup>111</sup> Decreto-Lei n.º 502/76 de 30 de Junho.
- <sup>112</sup> Augusto Vaz e J. Allen Lima, «Ensaio de campo e estudos de simulação da rede a 400 kV da EDP», *Electricidade*, n.º 172/173, Fev.-Março, 1982, pp. 50 a 73.
- <sup>113</sup> Augusto Vaz, «Meios de ensaio de equipamentos de alta tensão», *Electricidade de Portugal*, 2.ª Jornadas Técnicas, Lisboa, Janeiro, 1987, Comunicação n.º 4.
- <sup>114</sup> Rui Leuschner Fernandes, «Perspectivas da evolução da actividade laboratorial em alta tensão em Portugal», *Electricidade*, n.º 187, Maio, 1983, pp. 198 a 202.
- <sup>115</sup> Carlo Rubbia, *O dilema energético*, Editorial Presença, Lisboa, 1988.
- <sup>116</sup> M. Tavares de Pinho, «O Instituto Electrotécnico Português», *Electricidade*, n.º 204, p. 384.
- <sup>117</sup> E. S. Saraiva, «O ensino de correntes fortes na Universidade de Coimbra», Comunicação ao ENDIEL-89, Porto, Abril 1989.

## ENGENHARIA DA RADIODIFUSÃO, TELEVISÃO E TELECOMUNICAÇÕES EM PORTUGAL NO SÉCULO XX

PROF. ENGENHEIRO H. CAMPOS NETO \*

### Summary

The article is divided in three parts: the first covering the first fifty years, the second from 1951 until today, the third part listing the main achievements of Portuguese Engineering.

#### 1. The first fifty years

Portugal has a longtime tradition of serious involvement in Telecommunications: Electrical Telegraphy was introduced in 1855, experiments with the telephone took place in 1877, just one year after Bell's invention, the Public Telephone Networks of Lisbon and Oporto having been inaugurated in 1882, etc.

The Industrial and Commercial Institute of Lisbon, in 1903 included in its curriculum the subjects «Electrotechnics» with its second part devoted exclusively to «Telegraphy and Telephony». The first portuguese Engineering University was created in 1911 and included a course in Electrical Engineering with the subject «Telegraphy and Telephony».

References are made to the first Professors of Telecommunications and Electronics and the courses they taught.

References are also made to the engineers that were the pioneers of Telecommunications in Portugal and their work.

#### 2. From 1951 until today

The course of Electrical engineering was restructured: «Power Engineering» and «Telecommunications Engineering» became independent courses. The Center of Electronics Studies and several Centers of Scientific Investigation were created. New Universities were founded. Numerous scholarships were granted for doctorate work in Universities abroad. Cooperation between University and Industry started.

\* Instituto Superior Técnico.