

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

ENGENHARIA HIDRÁULICA

ANTÓNIO DE CARVALHO QUINTELA *

Summary

The history and the development of the sciences more directly connected with Hydraulic Engineering (Hydraulics and Hydrology) during the 20th century in Portugal are presented.

To produce history some time distance is necessary, and so the epoch under analysis ends up in the late sixties, being subdivided into five periods.

In the first period (1900-1929) — period of empiricism — the Hydraulic Engineering activity was weak and, consequently, the design criteria were mainly of the empiric type.

During the period 1930-1939 (period of scientific initiation) it became necessary to study and design a considerable amount of important hydraulic works (mainly hydroelectric schemes, reclamation works and harbours) and, as a consequence, the use of scientific criteria on Hydraulics and Hydrology has significantly increased.

During the forties — period of fast scientific growth — those two sciences received a strong impulse in Portugal, giving rise to some interesting research results and to a modernisation of methods used in Hydraulic Engineering practice.

During the fifties — period of international prestige achievement — a high scientific level was internationally recognised mainly due to Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) contribution.

The technical and scientific advancement reached in Portugal during the forties and fifties was determined by an ambitious hydraulic works construction program.

In the sixties — period of prestige consolidation — LNEC received a high number of requests, from Portugal and from abroad, to perform hydraulic model tests of dams appurtenance works and of harbours, as well as theoretical studies on several fields and namely on those of coastal and harbour engineering.

It must be pointed out that, during this period, the hydraulic and hydrologic research began at the University and some pionnering computer programs on those fields were performed.

* Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico.

1. Objectivo

O objectivo deste trabalho é apresentar a história e o desenvolvimento no século XX, em Portugal, das ciências que mais directamente estão na base da Engenharia Hidráulica, ramo da Engenharia Civil que trata do planeamento, projecto e gestão das obras e dos sistemas para a utilização e o domínio da água. Tais ciências são a Hidráulica e a Hidrologia.

A Hidráulica pode considerar-se como a mecânica experimental de fluidos incompressíveis e a Hidrologia, no sentido restrito à Engenharia Hidráulica, como a ciência que trata das águas continentais, da sua ocorrência, circulação e distribuição, propriedades e relação com o meio.

Ensaio de História implicam distanciamento no tempo em relação aos factos analisados. Por esta razão, o presente trabalho abrange a parte do século XX até aos anos sessenta, inclusive. O limite temporal adoptado tem a particularidade de representar o início da difusão generalizada da aplicação de técnicas computacionais automáticas à Engenharia Hidráulica. Aplicações destas técnicas tiveram lugar em Portugal ainda nos anos sessenta e algumas delas serão mencionadas pelo carácter inovador que apresentaram.

2. Caracterização geral da época em análise

A disponibilidade e a criação de conhecimentos nos domínios da Hidráulica e da Hidrologia em Portugal estão em interligação íntima com a realização de estudos e projectos de obras hidráulicas, como aliás tem sucedido noutros países e para outros domínios científicos. Com efeito, a exigência daqueles conhecimentos pelos estudos e projectos implica, numa primeira fase, a apropriação dos conhecimentos disponíveis e, posteriormente, a própria investigação conducente à criação ou desenvolvimento de ciência.

Assim, apresenta-se a história e o desenvolvimento da Hidráulica e da Hidrologia, em Portugal, em ligação com os estudos e as realizações da Engenharia Hidráulica que tiveram lugar no período em causa.

Para além da consulta da bibliografia publicada, este trabalho conta com a informação acerca de estudos, projectos e características de obras contida no trabalho em preparação *Biblioteca da Direcção-Geral dos*

Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Catálogo Anotado de Documentos Seleccionados 1985 — Quintela et al.

A época em análise, correspondente aos primeiros setenta anos deste século, pode considerar-se subdividida em cinco períodos para que se propuseram as seguintes classificações em relação aos conhecimentos de Hidráulica e Hidrologia em Portugal, que adiante serão justificadas:

1900-1929 — Empirismo.

1930-1939 — Iniciação científica.

1940-1949 — Forte incremento científico.

1950-1959 — Alcance de prestígio internacional.

1960-1969 — Consolidação da posição alcançada.

No primeiro período (1900-1929), a actividade no domínio da Engenharia Hidráulica foi pequena, sendo utilizados conhecimentos existentes, essencialmente de natureza empírica.

No período 1930-1939 dá-se o início da aplicação de métodos e conhecimentos científicos daquele domínio para a elaboração de numerosos estudos e projectos de obras hidráulicas, principalmente hidroeléctricas, hidroagrícolas e portuárias.

A investigação em Hidráulica e Hidrologia e a difusão dos conhecimentos nestas áreas recebem um notável impulso na década de quarenta e atinge-se elevado prestígio internacional na década de cinquenta, no que o Serviço de Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) teve papel de relevo.

Na década de sessenta consolida-se o nível internacional atingido anteriormente.

3. Período 1900-1929 (Empirismo)

Pouca documentação sobre estudos e projectos de Engenharia Hidráulica foi obtida relativamente a este período.

A prática profissional de Engenharia Hidráulica baseava-se essencialmente no empirismo, na análise de situações análogas e na intuição. Há a assinalar o que se julga ser o primeiro estudo de amortecimento de cheia numa albufeira em Portugal, realizado em 1910 para a barragem da Torrinha (que não foi construída), prevista na Ribeira Grande,

junto de Aviz. O caudal de ponta da cheia natural de $550 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ era diminuído para $255 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (in Quintela *et al.*).

A rede hidrológica em 1910 era extremamente limitada: existiam em todo o País 26 postos udométricos (14 dos quais dos Serviços Hidráulicos, SH) e duas escalas hidrométricas. Em 1917, o Professor Engenheiro Raul Mendonça determinou para o rio Tejo, em Vila Velha de Rodão, a curva de vazão com base na medição de velocidades com molinete ligado a contador eléctrico.

No campo das obras portuárias e marítimas, há a assinalar a construção, em 1914, de um cais no porto de Leixões (cujos molhes haviam sido construídos entre 1884 e 1892) e a intervenção de João von Hafe na manutenção da embocadura da ria de Aveiro, em 1927. Merece destaque a publicação, entre 1904 e 1924, de *Os Portos Marítimos de Portugal e Ilhas Adjacentes* por Adolfo Loureiro. Esta obra tem grande valor por apresentar as soluções adoptadas e «principalmente, por descrever características fisiográficas (situações das barras estuariais e lagunares, dados hidrográficos, etc.) da época, que, comparadas com as actuais, podem fornecer dados preciosos para o estudo e estabelecimento de regimes fisiográficos» (Abecasis 1985).

Desenvolve-se sobretudo na década de vinte o interesse em Portugal pela construção dos grandes aproveitamentos hidroeléctricos.

O aproveitamento hidroeléctrico, já importante para a época, do Lindoso, no rio Lima, foi concluído em 1920 e foram reconhecidas as condições favoráveis para a construção da barragem de Castelo de Bode. Para o reconhecimento geológico do local desta barragem, os SH recorreram, em 1923, ao eminente geólogo suíço Maurice Lugeon e, em 1929, a uma comissão formada pelos geólogos António Torres, Carlos Freire de Andrade e Ernest Fleury.

A difusão de conhecimentos de Hidráulica na época pode ser avaliada mediante a análise de dois originais portugueses então publicados:

— *Formulário de Hidráulica Geral*, por Manoel Alves Costa, Gabinete de Hidráulica do Instituto Superior Técnico, 1916.

— *Curso de Hidráulica Geral*, professado no Instituto Superior de Agronomia, por Ruy Mayer, Lisboa, Imprensa Nacional, 1924.

QUADRO 1

Análise do «Formulário de Hidráulica Geral»
Manoel Alves Costa, 1916

- Obra de natureza essencialmente empírica.
- Fraco enquadramento teórico sem referência à noção de carga e ao teorema de Bernoulli (implicitamente aplicado).
- Sem referir escoamentos laminares e turbulentos.
- Ampla informação sobre coeficientes de vazão por orifícios e descarregadores.
- Fórmulas várias para cálculo da perda de carga unitária, incluindo a de Chézy (última versão do coeficiente C) e a de Manning, e tabelas.
- Equação diferencial do regolfo em canais rectangulares muito largos (condição não explicitada).
- Definição, a partir do denominador da equação anterior, de canais de pequeno e de grande declive, e de profundidade crítica.
- Classificação dos cursos de água em *torrentes e rios tranquilos* consoante a profundidade é menor ou maior do que a crítica (sem distinguir comportamentos).
- Inclusão do coeficiente de Coriolis na equação diferencial do regolfo e na definição de profundidade crítica, sem mencionar o significado.
- Tabelas da fórmula de Bresse para o cálculo dos regolfos de elevação e depressão em canais rectangulares muito largos.
- Fórmula do caudal equivalente em condutas com decréscimo linear do caudal.
- Estudo da vazão em regime uniforme de condutas circulares parcialmente cheias.
- Noções rudimentares sobre o ressalto hidráulico.

A primeira obra (Fig. 1) contém *fórmulas, tabelas e indicações práticas* (estas que constam de resumos teóricos contendo as condições de aplicação de fórmulas e de tabelas). Trata-se de uma obra de natureza essencialmente empírica, com fraco enquadramento teórico, sem referência à noção de carga nem ao teorema de Bernoulli (se bem que este seja implicitamente aplicado) — Quadro 1.

QUADRO 2

Análise do «Curso de Hidráulica Geral»

Ruy Mayer, 1924

- Obra muito fundamentada no teorema de Bernoulli (regime permanente).
- Definição e significado de carga e dos seus termos. Venturímetro e tubo de Pitot.
- Referência às experiências de Reynolds sobre escoamentos laminares e turbulentos (sem menção do número de Reynolds).
- Informação sobre vazão de orifícios e descarregadores e sobre fórmulas para o cálculo da perda de carga unitária, a qual se pode considerar equivalente à do *Formulário* de Alves Costa.
- Criteriosa informação sobre perdas de carga acidentais em condutas.
- Equação diferencial do regolfo em canais prismáticos e canais rectangulares muito largos.
- Ausência de menção da profundidade crítica e do ressalto hidráulico (incluída no *Formulário*).
- Tabela de fórmula de Bresse para cálculo dos regolfos de elevação e depressão em canais rectangulares muito largos.

O *curso de Hidráulica Geral* de Ruy Mayer (Fig. 2) está, segundo o autor, fundamentado no teorema de Bernoulli, na sua quase totalidade, o que representa um avanço relativamente ao *Formulário*, cujas tabelas e dados numéricos considera complemento essencial.

Inclui a equação geral do regolfo em canais prismáticos, mas não avança em relação ao *Formulário* na resolução de problemas de regolfo e não menciona sequer as noções de profundidade crítica, *torrentes*, *rios tranquilos* e ressalto hidráulico — Quadro 2.

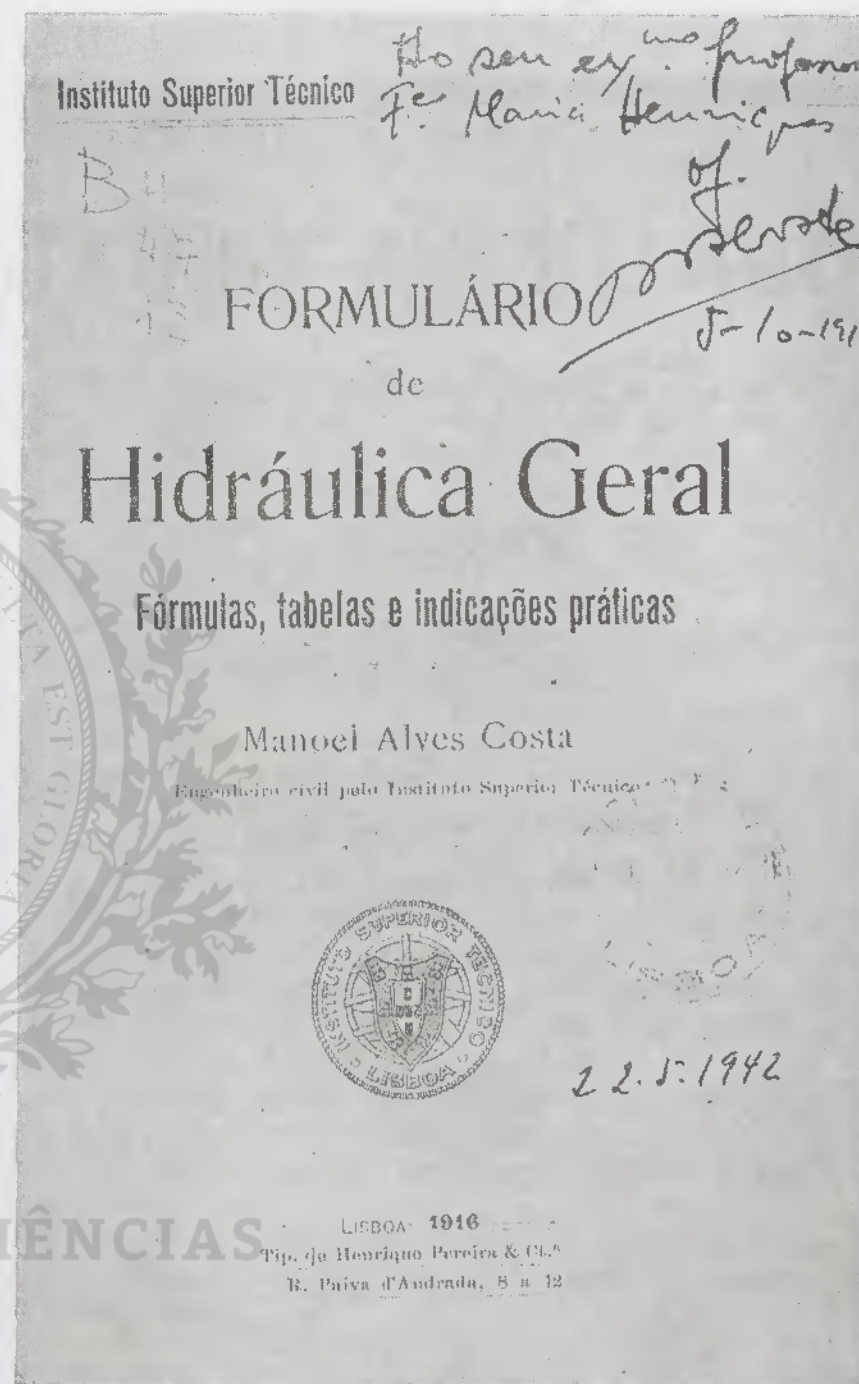


Fig. 1 — Folha de rosto do *Formulário de Hidráulica Geral*. Exemplar da Biblioteca do IST com dedicatória do autor.

CURSO

DE

HIDRÁULICA GERAL

PROFESSADO NO INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

POR

RUY F. MAYER

Professor de Hidráulica Geral e Agrícola
no mesmo Instituto
Chefe da 4.ª Secção Técnica (Estudos de Hidráulica Agrícola)
da Estação Agrária Central

Publicação do Boletim do Ministério da Agricultura



Lisboa—Imprensa Nacional—1924

Fig. 2—Folha de rosto do *Curso de Hidráulica Geral*.

4. Período 1930-1939 (Iniciação científica)

O período 1930-1939 foi assinalado por um surto de estudos, anteprojectos e projectos de obras hidráulicas, quer hidroagrícolas (da autoria da Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola, JAOHA, criada em 1930), quer hidroeléctricas e portuárias (da autoria dos Serviços Hidráulicos, SH).

No sector hidroagrícola há a referir o estudo de numerosas obras de defesa (contra inundações), de enxugo e de rega, como se regista no Quadro 3. As obras de rega incluem, em geral, barragens, algumas das quais são concluídas ainda nessa década (barragens de Magos, de terra, e de Ermal-Guilhofrei, de betão, esta projectada por consultores suíços) e na década seguinte (Burgães-Castelo, Idanha, Pego do Altar e Vale do Gaio).

São reconhecidas em documentos publicados tanto pelos SH, através do engenheiro Afonso Zuzarte de Mendonça, 1935, como pela JAOHA, através do engenheiro António Soares Branco, 1934, as necessidades de cobertura hidrológica das bacias hidrográficas e da elaboração de planos gerais de aproveitamento da água das bacias hidrográficas que integrem os diferentes aspectos intervenientes, como produção hidroeléctrica, rega, navegação, defesa contra inundações.

É de salientar o desenvolvimento da rede hidrológica promovido pelos SH e pela JAOHA, com aumento significativo dos postos udométricos e hidrométricos (estes praticamente inexistentes até então) para servir de base ao planeamento e projecto de obras hidráulicas. Regista-se, no que respeita aos SH, o apoio dado a esta acção por Duarte Pacheco, bem como a estudos de planeamento hidráulico.

A elaboração dos estudos e projectos terá exigido o início da modernização do panorama técnico-científico da Engenharia Hidráulica portuguesa, a qual se iniciou pela apropriação dos conhecimentos disponíveis no estrangeiro.

Assinalam-se alguns aspectos extraídos de estudos realizados nesta época e que de certo modo documentam o nível de conhecimentos disponíveis em Portugal.

No âmbito da Hidráulica, destaca-se:

— o cálculo dos canais dos evacuadores de cheias considerando unicamente o regime uniforme;

- a primeira referência encontrada em estudos portugueses à velocidade crítica nos escoamentos com superfície livre, definida pela fórmula geral

$$V_c = \sqrt{\frac{gS}{b}}$$

QUADRO 3

Principais estudos de obras hidráulicas no período 1930-1939

1. Obras hidroagrícolas

- Projectos de defesa e enxugo
Campos da Azambuja, de Loures, de Salvaterra, pauis de Alpiarça e paul da Ota.
- Projectos de defesa, enxugo e rega
Pauis da Cela, da Goucha, de Magos e de Muge e veiga de Chaves.
- Projectos de rega
Campos de Alvega e de Burgães, campina de Idanha-a-Nova e vales de Campilhas e São Domingos.
- Projectos (ou anteprojectos) de barragens
Barragens do Castelo, de Campilhas, de Magos, de Muge, de Pego do Altar e do Vale do Gaio.
- Planos gerais de rega
Elementos para o plano de rega do Algarve com identificação de locais de barragens.
Plano de aproveitamento dos vales do Sorraia e Sado.

2. Obras hidroeléctricas

- Anteprojecto do aproveitamento hidroeléctrico de Castelo de Bode.

3. Obras portuárias

- Portos de Aveiro (cais e prolongamento de molhe), Figueira da Foz, Leixões (molhe exterior e doca n.º 1), Peniche, Póvoa do Varzim, Setúbal, Viana do Castelo, Vila Real de Santo António, Funchal e Ponta Delgada.

- a divulgação de teorias de propagação de ondas de gravidade em diferentes condições de profundidade e da acção daquelas sobre molhes verticais;
- o recurso a ensaios em modelo reduzido num laboratório estrangeiro (da Escola Politécnica Federal de Lausana):
 - do evacuador de cheias da barragem do Ermal;
 - do quebra-mar submerso na entrada do porto de Leixões.

No âmbito da Hidrologia, assinala-se:

- o aparecimento do conceito de propabilidade associado ao de caudal de cheia, não sendo, porém, ainda usados métodos estatísticos, mas as fórmulas empíricas de Fuller e de Creager (em que o período de retorno é um dos parâmetros);
- a avaliação do caudal de máxima cheia pela fórmula racional, considerando a máxima precipitação diária registada num posto udométrico vizinho;
- a estimação do escoamento anual em bacias sem medição de caudal a partir da precipitação anual e do coeficiente de escoamento avaliado com base nos resultados já disponíveis em resultado da cobertura hidrológica de bacias portuguesas de características análogas.

5. Período 1940-1949 (Forte incremento científico)

No início desta década ocorreu um facto novo em Portugal: a publicação de um conjunto de artigos sobre temas de Hidráulica, consistindo na apresentação do estado dos conhecimentos científicos em determinados domínios, de algumas contribuições para o próprio desenvolvimento dos conhecimentos e de propostas para o desenvolvimento da Hidráulica em Portugal. Foram seus autores os engenheiros civis Alberto Abecasis Manzanares e José Filipe Rebelo Pinto, ambos bolseiros do Instituto para a Alta Cultura, o primeiro nos Laboratórios de Hidráulica da Universidade de Pádua e da Escola Politécnica Federal de Zurique e o segundo no Laboratório de Hidráulica da Universidade de Grenoble e nos Ateliers Neyret-Beylier & Picoard-Pictet.

As contribuições próprias de Abecasis Manzanares para o progresso científico da Hidráulica respeitam, sobretudo, aos escoamentos permanentes em canais.

O seu artigo publicado na «Técnica», de Julho de 1940, apresenta *O teorema da simultaneidade do mínimo de energia e do caudal máximo no caso de um escoamento plano permanente com filetes curvilíneos.*

Nele é proposto, com justificação sumária, o coeficiente a introduzir na equação do teorema de Bernoulli para a tornar aplicável a escoamentos rapidamente variados (com acentuada curvatura das linhas de corrente). O tema deste artigo foi objecto de comunicação no mesmo ano à Academia das Ciências de Paris, em co-autoria com Charles Jaeger.

O artigo de Abecasis Manzanares publicado na «Técnica» de Dezembro de 1940 trata do método variante de diferenças finitas que o autor desenvolveu para o cálculo do regolfo com caudal constante em canais prismáticos com secção de geometria qualquer. A aplicação do método era facilitada por gráficos preparados para vários tipos de secção.

O mesmo autor, mais tarde no Boletim da Ordem dos Engenheiros, 1941 e 1942, publicou a mesma matéria, precedida da apresentação do teorema de Bernoulli para tubos de fluxo de escoamentos gradualmente variados, da análise das propriedades da função energia específica e do estudos de transições, e seguida da generalização, pormenorizadamente justificada, do teorema de Bernoulli para escoamentos planos rapidamente variados, mediante a introdução do coeficiente já referido, que Varennes e Mendonça veio a designar por coeficiente de Jaeger-Manzanares. Tal teorema foi aplicado pelo autor ao estudo de descarregadores de soleira arredondada e de caleiras Venturi.

Abecasis Manzanares publicou também na «Técnica» artigos sobre as caleiras Venturi (ainda na década anterior, 1939), Hidráulica Fluvial (1940), o ensino da Hidráulica e a proposta de criação de um laboratório de Hidráulica, com fins didácticos, científicos e industriais (1941).

José Filipe Rebelo Pinto apresentou na «Técnica», de Fevereiro de 1941 e Março de 1942, uma nota sobre os problemas hidráulicos nos escoamentos a altas velocidades com superfície livre, abordando os seguintes aspectos:

- «entrada» (emulsionamento) de ar;
- transições com elevação da soleira do canal;
- ondas transversais oblíquas;
- ondulação produzida pelo vento;
- distribuição de velocidades em canais prismáticos e de eixo curvilíneo.

O artigo da «Técnica» de 1942 do mesmo autor contém noções de análise dimensional e apresenta, ao que se julga pela primeira vez em Portugal, os parâmetros adimensionais com maior influência no escoamento de líquidos (números de Reynolds, Froude, Weber e Cauchy).

Estes dois artigos têm o mérito de divulgar conhecimentos científicos em Portugal, não contribuindo, porém, para criação de novos conhecimentos.

Varennes e Mendonça publicou em 1945 a dissertação de concurso para o lugar de Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia, com o título *Curvas de Regolfo* (Fig. 3).

Trata-se de um trabalho de síntese, baseado em bibliografia muito completa, caracterizado por um rigor que se poderá classificar de dificilmente ultrapassável, no que respeita, em especial, à apresentação de conceitos, à definição de problemas, às condições de aplicação dos resultados e à própria referência aos elementos citados.

Apresenta, pela primeira vez em Portugal, a equação diferencial do regolfo em canais prismáticos na forma muito sintética

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - J}{1 - F^2}$$

(usando outra notação) e os tipos possíveis de curvas de regolfo de acordo com a análise de Bakhmeteff, de 1932. Contém anotações muito interessantes e vários exemplos de aplicação. Cita a *Idraulica* do Professor Giulio De Marchi (1939) como «o melhor livro que conheço».

Vieram a ter influência decisiva no desenvolvimento da Hidráulica e da Hidrologia em Portugal os textos policopiados das lições do Professor Abecasis Manzanares nas cadeiras de Hidráulica Geral e Hidráulica Aplicada do Instituto Superior Técnico. No concurso para o lugar de Professor Catedrático realizado em 1948, o autor apresentou dissertações para as duas cadeiras, as quais veio a integrar nos textos das lições.

A cadeira de Hidráulica Geral passou a ter, no que respeita a Mecânica dos Fluidos, uma sólida fundamentação matemática, utilizando cálculo tensorial e vectorial e funções de variável complexa e tratando, pela primeira vez em Portugal, no âmbito da Hidráulica, as equações de Navier-Stokes e os escoamentos irrotacionais planos. Não são, porém, esquecidos os aspectos fenomenológicos e práticos da Hidráulica.

A cadeira de Hidráulica Aplicada dedica cerca de um terço do ano à Hidrologia, o que só muito mais tarde veio a acontecer nalgumas

CURVAS DE REGOLFO

CANAIS COM LEITO CILÍNDRICO DE
PEQUENO DECLIVE E RUGOSIDADE UNIFORME

por

P. DE VARNES E MENDONÇA

Professor catedrático do
Instituto Superior de Agronomia

DEPOSITÁRIO
LIVRARIA FERIN, LDA.
70, RUA NOVA DO ALMADA, 74
LISBOA
1 9 4 5

Fig. 3 — Folha de rosto de *Curvas de Regolfo*.

muito boas Escolas de Engenharia Civil. Note-se que a UNESCO, no âmbito do Decénio Hidrológico Internacional, veio a recomendar em 1964 o ensino e a investigação da Hidrologia na Universidade.

No que respeita a estudos, há a assinalar o especial interesse pelo planeamento do aproveitamento hidroeléctrico dos rios portugueses. São estudados o Cávado (e o afluente Rabagão), o Zêzere, o Douro (e o afluente Paiva) e o Guadiana, tendo sido identificados e caracterizados locais de barragens, definidas as alturas destas e avaliadas as potências a instalar e as energias anuais produtíveis.

Os SH elaboraram ainda anteprojectos das barragens de Castelo de Bode e Cabril (no Zêzere), Venda Nova (no Rabagão) e Fragas da Torre (no Paiva). Relativamente aos três primeiros casos, os SH consultaram André Coyne que procedeu à remodelação do anteprojecto de Castelo de Bode e deu parecer favorável sobre os de Venda Nova e Cabril.

Em 1942 foi concluída a primeira barragem-abóbada em Portugal (a de Santa Luzia), com a altura de 76 m, projectada por André Coyne. Foram concluídas nesta década as barragens de betão, de gravidade, da Idanha, de Burgães-Castelo e da Cova do Viriato e a barragem de enrocamento do Pego do Altar, com a altura de 63 m.

A actividade da JAOHA referente a estudos incidiu, nesta década, principalmente nos projectos seguintes: rega da Vilarça e aproveitamento hidroeléctrico do Sabor, rega da campina da Idanha, rega do vale do Sorraia e da Lezíria e barragens de Maranhão e de Montargil.

Merecem referência especial os estudos de intervenção na bacia hidrográfica do rio Lis realizados no início desta década; trata-se do primeiro plano integrado de obras e medidas para a utilização e domínio de água numa bacia hidrográfica portuguesa (tendo sido concretizado).

O conjunto das obras e medidas visou:

- a correcção torrencial;
- a regularização fluvial, incluindo um molhe para fixar a embocadura, e defesa contra inundações a jusante de Leiria;
- o enxugo, a drenagem e a rega dos campos defendidos;
- a disponibilidade de uma rede de caminhos rurais.

Assinala-se o estudo dos esgotos de Lisboa, por Arantes e Oliveira, em 1941, o qual, para além da definição de soluções técnicas, inclui a determinação de valores prováveis da precipitação em Lisboa, para

diversas durações. As probabilidades são estimados pelas frequências observadas nas amostras. Este estudo da precipitação foi largamente utilizado, e por muitos anos, no dimensionamento de redes de drenagem de águas pluviais na região de Lisboa.

É de registar que Portugal foi chamado a organizar, em 1949, o primeiro congresso pós-guerra da Associação Internacional Permanente dos Congressos de Navegação, o que representou o reconhecimento pela comunidade técnico-científica internacional do prestígio alcançado pela engenharia marítima portuguesa, praticada sobretudo pelos SH, onde é de destacar a acção de Duarte Abecasis.

Nos estudos realizados pelos SH são introduzidas as seguintes inovações nas áreas de Hidráulica e de Hidrologia, sobretudo nos que respeitavam aos aproveitamentos do Zêzere (Rebelo Pinto) e à Obra do Lis (Abecasis Manzanares), ambos com data de 1942-1943:

- determinação de caudais de cheia pela fórmula semi-empírica de Giandotti;
- análise estatística de valores máximos anuais da precipitação diária segundo o método das *linhas de possibilidade climática*;
- determinação de caudais de cheia pelo método estatístico de Gibrat (aplicado à série dos caudais médios diários);
- tentativa de aplicação em 1942-43 do método «hidrógrafo-unidade» (hidrograma unitário), então recente (1932);
- dimensionamento de redes de drenagem pelo método do volume de armazenamento;
- critério probabilístico-económico para definir o caudal de dimensionamento de obras de defesa contra cheias;
- recurso a laboratório estrangeiro (Ateliers Neyret-Beylier & Piccard-Pictet) para ensaios hidráulicos em modelo dos evacuadores em túnel da barragens de Castelo de Bode (segundo esquema posteriormente abandonado) e do evacuador e da galeria de desvio provisório da barragem da Idanha;

- realização de ensaios em modelo reduzido de estruturas hidráulicas em laboratórios portugueses: laboratório da Obra do Lis, para ensaio de quedas, transições de canais e confluências (in Gonçalves Henriques 1952) e laboratório da Sorefame/Hidro-Eléctrica do Zêzere).

Nesta década, Manuel Rocha iniciou os ensaios em modelo de barragens de betão, no Centro de Estudos de Engenharia Civil, do Instituto Superior Técnico, subsidiado pelo Instituto para a Alta Cultura, IAC. Os primeiros ensaios foram executados sobre o modelo da barragem de Santa Luzia, já construída e sujeita a observação. Aquele Centro de Estudos esteve na origem do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, que na década seguinte alcançou prestígio internacional em vários domínios e, em particular, no dos ensaios estruturais de barragens e no dos ensaios hidráulicos das obras anexas. Manuel Rocha com a sua acção no LNEC imprimiu uma mentalidade nova à investigação em Engenharia Civil e à formação dos seus agentes.

É de registar a influência que o IAC teve no desenvolvimento em Portugal da Hidráulica e da Hidrologia, pelo papel que vieram a desempenhar os seus bolsiros no estrangeiro e pelo facto de o Centro de Estudos que subsidiava ter sido o embrião do LNEC.

6. Período 1950-1959 (Alcance de prestígio internacional)

Os dois factores que essencialmente determinaram que a Engenharia Hidráulica portuguesa alcançasse prestígio internacional na década de cinquenta foram:

- o projecto de grande número de barragens e outras obras hidráulicas neste período;
- a actividade desenvolvida pela Divisão de Hidráulica do LNEC.

tendo o primeiro exercido forte influência no segundo.

Indicam-se nos Quadros 4 e 5 as barragens portuguesas com altura superior a 20 m, concluídas nas décadas de cinquenta e de sessenta, respectivamente. O número daquelas barragens concluídas nessa primeira década é de 18, sendo nove do tipo abóbada.

QUADRO 4

Barragens com altura superior a 20 m concluídas no período 1950-1959

1 — BARRAGENS DE GRAVIDADE

Belver (21 m); Covão do Ferro (35 m); Lagoa Comprida (30 m).

2 — BARRAGEM DE CONTRAFORTES

Pracana (65 m).

3 — BARRAGENS-ABÓBADA

Bouçã (65 m); Bravura ** (41 m); Cabril (136 m); Caniçada (76 m); Castelo de Bode (115 m); Covão do Meio (25 m), com troços de gravidade; Picote (100 m); Salamonde (75 m); Venda Nova (97 m).

4 — BARRAGENS DE ATERRO (Terra T; Enrocamento E)

Arade ** (T 46 m); Campilhas * (T 35 m); Maranhão ** (T 55 m); Montargil ** (T 48 m); Paradela (E 110 m).

Finalidade:

Sem indicação: Produção de energia.

** Rega e produção adicional de energia.

* Rega.

*** Rega e abastecimento.

QUADRO 5

Barragens com altura superior a 20 m concluídas no período 1960-1969

1 — BARRAGENS DE GRAVIDADE

Alto Cávado (29 m); Bemposta (87 m).

2 — BARRAGENS DE CONTRAFORTES

Caia ** (52 m); Miranda (80 m).

3 — BARRAGEM-ABÓBADA

Alto Rabagão (94 m).

4 — BARRAGENS DE ATERRO (Enrocamento E; Terra T)

Divor *** (T 21 m); Pisco * (T 23 m); Santa Clara ** (T 86 m); Vilar (E 58 m).

Finalidade: Como no Quadro 4.

As barragens destinadas a permitir o fornecimento de água para rega foram projectadas pelos SH (a JAOHA fora integrada por decreto-lei de 1949 nos SH) e as destinadas à produção de energia eléctrica pelos próprios gabinetes de estudos das empresas hidroeléctricas concessionárias ou por gabinetes estrangeiros (André Coyne em Castelo de Bode e André Stucky em Belver e Pracana).

As empresas hidroeléctricas procederam à cobertura hidrológica das bacias hidrográficas das áreas de concessão e elaboraram planos gerais de aproveitamento hidroeléctrico (tendo, porém, em conta outros usos da água), bem como projectos de obras. O nível técnico-científico atingido pelos respectivos gabinetes de estudo constituiu importante contributo para o nível da Engenharia Hidráulica portuguesa.

A Divisão de Hidráulica do LNEC, criada em 1949, iniciou efectivamente a sua actividade em Junho de 1950.

Fernando Abecasis, que dirigiu, desde o início até se retirar da função pública em 1984, a Divisão de Hidráulica (e o Serviço de Hidráulica e o Departamento de Hidráulica que lhe sucederam), fez o balanço da actividade daquela Divisão ao fim de dois anos (Abecasis 1952):

- conclusão dos ensaios hidráulicos em modelo reduzido dos evacuadores de cheias, em poço vertical, das barragens de Campilhas e de Silves e da modificação da bacia de dissipação do evacuador de cheias da barragem de Vale do Gaio, já construído, a qual mostrara comportamento deficiente;
- início dos estudos do porto e restinga do Lobito e do porto da Figueira da Foz.

Aquela divisão é solicitada para estudar em modelo reduzido obras hidráulicas de elevado número de barragens em projecto nesta década e para resolver problemas hidráulicos diversos. O estudo experimental é orientado por conhecimento científicos e visa não só obter resultados práticos, como também esclarecer os fenómenos hidráulicos envolvidos. São encontradas soluções pioneiras e definidos critérios de projecto. Estudos monográficos sobre problemas hidráulicos de interesse e envolvendo a sistematização de conhecimentos de fronteira são desenvolvidos.

A documentar este trabalho — e seguindo a política de divulgação de Manuel Rocha — são preparadas publicações que aparecem sob a forma de «Memórias» do LNEC (18 «Memórias» com origem nesta década

na Divisão de Hidráulica, sendo os autores mais frequentes Abecasis, Lencastre, Castanho, e Gibert).

Como exemplo de estudo monográfico publicado como «Memória», cita-se *A previsão das características das ondas do mar* (F. Abecasis, J. Castanho e J. Reis de Carvalho 1957). Este trabalho foi e continua a ser largamente utilizado pelos engenheiros portugueses interessados por problemas costeiros.

A contribuição portuguesa para os Congressos da Associação Internacional de Investigação Hidráulica, IAHR, iniciou-se no Congresso de 1955, de Haia, com uma comunicação de Abecasis e outra de Lencastre, referentes respectivamente ao comportamento e ao dimensionamento teórico-experimental de evacuadores em poço vertical. A partir de então, aquela contribuição passou a ser regular, sobretudo por parte de elementos do LNEC. Pelo prestígio já alcançado por Portugal no domínio da investigação hidráulica, o Congresso da IAHR de 1957 pôde ter lugar em Lisboa, organizado pelo LNEC.

Neste Congresso participaram grandes figuras da Hidráulica que entraram na história daquela ciência, tais como T. Blench, P. Danel (então presidente da IAHR), I. B. Egiazaroff, L. Escande, A. T. Ippen, R. T. Knapp, G. Supino, L. G. Straub e J. T. Thijsse.

Abecasis 1985 sintetiza a acção da Divisão de Hidráulica, no que refere à Hidráulica Marítima, da seguinte forma:

«As observações na natureza das características das ondas neste porto» (Lobito), «revestem, pelo seu carácter sistemático, aspectos de pioneirismo, o mesmo sucedendo na Figueira da Foz, a partir de Janeiro de 1954 e mantendo-se durante longos anos. O estudo dos problemas erosivos da ilha de Luanda são levados a cabo de acordo com as mais modernas tecnologias; no seu âmbito efectua-se uma das primeiras tentativas de realização de estudos sedimentológicos com recurso à identificação e contagem de minerais pesados. Julga o autor que a ideia inicial de efectivação de estudos de transporte litoral com recurso a sedimentos marcados nasceu no LNEC, tendo sido discutida, em primeira mão, em 1957, por Reis de Carvalho e o próprio autor com o Dr. Veal, do laboratório britânico de Harwell, de passagem por Lisboa. Julga-se que daí nasceu a primeira aplicação levada a cabo no Tamisa, para estudo do movimento de lodos, em que se utilizou um sedimento artificial radioactivo constituído por grãos de vidro de granulometria adequada, contendo escândio irradiado na pilha atómica de Harwell. Seguiu-se, pouco tempo depois, a primeira aplicação portuguesa, na Figueira da Foz, que apresentou, na opinião do autor, sobre a experiência inglesa, a vantagem de utilizar o sedimento natural

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL

SÍNTESE TEÓRICA TABELAS E ÁBACOS
VOCABULÁRIO POLIGLOTA

POR

ARMANDO LENCASTRE

Engenheiro Civil (I. S. T.)
Chefe da Secção de Hidráulica Fluvial do
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Assistente de Hidráulica Geral e de Hidráulica Aplicada do
Instituto Superior Técnico

PRIMEIRA EDIÇÃO

«TÉCNICA»
A. E. I. S. T.
LISBOA — 1957

Fig. 4 — Folha de rosto do *Manual de Hidráulica Geral*.

marcado com um espelho radioactivo de Ag 110, segundo técnica desenvolvida no LNEC por Gibert e Cordeiro. A técnica de estudos com sedimentos marcados difundiu-se depois em todo o mundo; em Portugal, após mais algumas aplicações (por exemplo na Póvoa do Varzim em P 32) com rádio-isótopos, passou-se a utilizar luminóforos, para obviar aos inconvenientes da aplicação dos primeiros.

A necessidade de desenvolvimentos portuários em Viana do Castelo, Aveiro, Figueira da Foz, Lisboa, Setúbal, Lourenço Marques, Beira e Foz do Zambeze vem exigir a realização de completas campanhas de recolha de elementos de campo, com o duplo fim de obter um eficaz conhecimento dos fenómenos naturais e de conseguir elementos para a construção e exploração dos respectivos modelos físicos. As campanhas levadas a cabo, extremamente completas e durando vários anos, incluíram elementos topo-hidrográficos, registos maregráficos, medições de caudais líquidos e sólidos, estudos sedimentológicos (granulometrias e minerais pesados), características de agitação marítima, correntes estuárias e marítimas».

Merece referência especial a publicação em 1957 do *Manual de Hidráulica Geral* de Lencastre, que apresenta valiosa informação empírica traduzida por gráficos e tabelas e relativa a elementos a utilizar em cálculos de dimensionamento hidráulico (Fig. 4). Tal informação foi criteriosamente seleccionada e está distribuída por dez capítulos, comportando cada capítulo uma bem elaborada síntese teórica. A fórmula de resistência de Colebrook-White e o ábaco de Moody que a traduz foram assim divulgados em Portugal. O sucesso desta obra pode avaliar-se pelo facto de se terem efectuado edições suas em França, Espanha, Turquia, Brasil e Grécia, algumas delas com várias tiragens.

7. Período 1960-1969 (Consolidação da posição alcançada)

A Divisão de Hidráulica do LNEC, que desenvolvera na década anterior instalações, equipamentos e técnicas, tornou-se reconhecida como um dos grandes Laboratórios de Hidráulica a nível internacional, passando a manter intenso intercâmbio com instituições estrangeiras congéneres.

Simultaneamente com os estudos aplicados, empreendeu investigação de base. No que respeita à Hidráulica das estruturas fluviais, a investigação de base deu lugar à publicação em 1961, como «Memórias» do LNEC, de dissertações apresentadas a concurso para o lugar de investigador por Abecasis e por Lencastre.

A dissertação de Abecasis aborda os problemas das soleiras descarregadoras ligados à sua forma e vazão, à estabilidade da veia líquida e aos fenómenos de cavitação, que podem ocorrer em resultado dos valores médios das pressões na soleira e das flutuações de origem turbulenta, a cuja medição procede. Fornece indicações directamente aplicáveis no projecto.

A dissertação de Lencastre estuda os jactos provenientes de descarregadores no que respeita ao alcance, às erosões em fundo móvel e às pressões médias e flutuações turbulentas resultantes da incidência de jactos sobre fundo fixo. No que respeita a estes últimos aspectos, o tratamento teórico dos problemas e os métodos desenvolvidos para medir as flutuações turbulentas e para tratar automaticamente os dados recolhidos situavam-se na fronteira dos conhecimentos. Os resultados obtidos contribuíram decisivamente para melhorar o conhecimento dos parâmetros que influem nas flutuações turbulentas de pressão provocadas por jactos.

Para as duas dissertações anteriores foram utilizados transdutores eléctricos de pressão, cujas características foram pormenorizadamente analisadas.

F. Oliveira Lemos 1965, na sua tese para especialista do LNEC e em trabalhos posteriores, estuda a camada limite e a sua instabilidade no escoamento sobre soleiras descarregadoras. Determina experimentalmente os coeficientes de vazão e os riscos de cavitação e de separação em soleiras providas ou não de comportas planas e de segmento. Avalia a influência da localização do bordo das comportas em relação à crista da soleira e, no caso das de segmento, a influência da respectiva geometria.

São estudadas em modelo numerosas obras hidráulicas, como evacuadores de cheias, descargas de fundo, obras de desvio provisório de rios, eclusas de navegação de grandes barragens de Portugal, do Ultramar (Cambambe em Angola e Cahora-Bassa em Moçambique) e no estrangeiro.

O LNEC é chamado a intervir na resolução de problemas costeiros e portuários em várias partes do mundo. Estuda a criação das novas praias do Flamengo e de Botafogo e o alargamento da praia de Copacabana, cujas realizações são êxitos consagrados e espectaculares dos estudos (Abecasis 1985).

O LNEC assume na década de sessenta, pela promoção de conferências e cursos intensivos, um papel de formação pós-escolar muito importante, que a Universidade só mais tarde iniciou neste domínio.

Exerceram actividade, nesta década no campo da Engenharia Hidráulica, as seguintes empresas portuguesas de engenheiros consultores:

- HIDROTÉCNICA PORTUGUESA, Consultores para Estudos e Projectos, Lda.;
- COBA — Consultores de Barragens e Aproveitamentos Hidráulicos, Lda.;
- HIDROPROJECTO — Consultores de Salubridade e Hidráulica, SARL;

tendo a primeira sido fundada ainda na década anterior.

É de notar o facto de os principais fundadores destas empresas terem sido docentes universitários ou investigadores do LNEC.

As empresas de consultores e os gabinetes de estudo das empresas hidroeléctricas tiveram, por vezes, necessidade de desenvolver investigação aplicada para resolução dos problemas surgidos.

A Sorefame deu também um contributo importante para a projecção da Engenharia Hidráulica portuguesa por meio do projecto e construção de equipamentos hidromecânicos destinados a Portugal e ao exterior, alguns dos quais, especialmente comportas planas e de segmento e válvulas de borboleta, apresentavam características inovadoras.

Esboça-se o início da investigação em Hidráulica e Hidrologia na Universidade, sendo elaboradas dissertações com os temas, autores e finalidades a seguir indicadas:

- regime variável em canais, por Zózimo Rego 1960, concurso para Professor Extraordinário do Instituto Superior de Agronomia;
- solicitações devidas ao embate de navios durante a acostagem, por Fernando Vasco Costa 1961, concurso para Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico;
- caracterização dos recursos de águas superficiais em Portugal, por António Quintela 1967, doutoramento no Instituto Superior Técnico;

- camada limite, por Novais Barbosa 1968, doutoramento na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Teve início nesta década em Portugal a aplicação do cálculo automático à Hidráulica.

Varenes e Mendonça 1964 desenvolveu um método analítico geral para o cálculo de curvas de regolfo em canais descobertos uniformes. Utilizou o cálculo automático para a preparação de tabelas de funções que intervêm na determinação do regolfo e em outros problemas.

Uma aplicação pioneira, em Portugal, do cálculo à Hidráulica consistiu no estudo, em 1965, do regime variável no troço final do rio Douro, em resultado da maré e da exploração da central de Atães (construída, em vez desta, a de Crestuma-Lever) — Abecasis e Mota Oliveira 1969. Para tal, foi resolvido, por diferenças finitas, o sistema de equações da continuidade e de Bernoulli, em que foram introduzidas algumas aproximações simplificativas.

8. Notas finais

A década de quarenta correspondeu a um período em que a Hidráulica e a Hidrologia receberam forte impulso em Portugal, que se traduziu, quer pela realização de investigação com resultados interessantes, quer pela modernização de métodos utilizados na prática da Engenharia Hidráulica.

Na década de cinquenta atingiu-se elevado prestígio internacional naqueles domínios, tendo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil dado, para tal, uma contribuição particularmente importante.

Estes factos estão interrelacionados com o vasto programa de obras hidráulicas, sobretudo hidroagrícolas e hidroeléctricas, então em curso em Portugal, cujos estudos e projectos determinaram o avanço científico e técnico verificado.

Na década de sessenta, consolida-se a posição anteriormente alcançada, havendo a assinalar o início da investigação na Universidade e da aplicação do cálculo automático. O prosseguimento destas duas acções veio a estar na base do desenvolvimento da Hidráulica e da Hidrologia nas décadas de setenta e oitenta e no progresso das aplicações da Engenharia Hidráulica.

Bibliografia

- ABECASIS, Fernando M., 1952, *A Divisão da Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil*. Publicação n.º 28, LNEC, Lisboa.
- ABECASIS, Fernando M., 1955, *The Behaviour of Morning-Glory Shaft Spillways*. IAHR Sixth General Meeting, C8, pp. 1-10.
- ABECASIS, F. M., 1961, *Soleiras descarregadoras. Alguns problemas especiais*. Dissertação de concurso para investigador, LNEC, Memória n.º 175, Lisboa.
- ABECASIS, Fernando M., 1985, *Contribuição portuguesa para estudos costeiros e portuários*. «Os Portugueses e o Mundo» — Conferência Internacional, vol. 4 «Ciências», pp. 5-16. Fundação Eng.º António Almeida (Publicação de 1988).
- ABECASIS, F. Manzanares; CASTANHO, J. Pires e CARVALHO, J. Reis de, 1957, *A previsão das características das ondas do mar*. «Memória» n.º 114, LNEC, Lisboa.
- ABECASIS, Fernando e OLIVEIRA, I. Mota, 1969, *Study of the influence of the construction of a dam in a tidal estuary on its tidal characteristics*. IAHR, XIII General Meeting, Kyoto.
- BARBOSA, J. Novais, 1968, *A Camada Limite. Distribuição de velocidades em escoamentos interiores*. Dissertação de doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- BRANCO, António Soares, 1984, *Conclusões finais do I Volume do relatório da Missão oficial a Espanha*. «Anais da Hidráulica Agrícola», vol. 1, Fasc. 2, pp. 137-142. Bertrand, Lisboa.
- COSTA, Fernando Vasco, 1961, *Solicitações devidas ao embate de navios durante a acostagem*. Dissertação de concurso para Professor Catedrático, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- COSTA, Manoel Alves, 1916, *Formulário de Hidráulica Geral*. Instituto Superior Técnico. Tip. de Henrique Pereira & C.ª, Lisboa.
- HENRIQUES, Fausto Gonçalves, 1952, *Obras do rio Lis. Alguns problemas hidráulicos em canais de terra*. «Técnica» n.º 221, Abril, pp. 385-394 e n.º 222, Maio, pp. 473-490.
- JAEGER, Charles e MANZANARES, A. Abecasis, 1940, *Le théorème de la simultanéité du minimum de l'énergie totale et du débit maximum dans le cas d'un écoulement plan permanent à filets courbes*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 210, n.º 22.

- LEMO, Fernando de Oliveira, 1965, *A instabilidade da camada limite. Sua influência na concepção dos descarregadores de barragens*. Tese para especialista, LNEC, Policopiado. Lisboa.
- LENCASTRE, Armando, 1961, *Descarregadores de Lâmina Livre*. Dissertação de concurso para investigador, LNEC, Memória n.º 174. Lisboa.
- LENCASTRE, Armando, 1955, *Shaft Spillways Theoretic Experimental Design*. IAHR Sixth General Meeting, C9, pp. 1-10, Haia.
- LENCASTRE, Armando, 1957, *Manual de Hidráulica Geral*. Técnica-AEIST, Lisboa.
- LOUREIRO, Adolfo, 1904-1924, *Os Portos Marítimos de Portugal e Ilhas Adjacentes*. Oito livros, cinco volumes. Imprensa Nacional, Lisboa.
- MAYER, Ruy F., 1924, *Curso de Hidráulica Geral*. Professado no Instituto Superior de Agronomia, Imprensa Nacional, Lisboa.
- MANZANARES, A. Abecasis, 1939, *Medições de caudais por meio de ressalto*. «Técnica», n.º 105, Nov. 1939, pp. 458-462.
- MANZANARES, A. Abecasis, 1940a, *O problema do transporte sólido e a sua importância na Hidráulica Fluvial*. «Técnica», n.º 109, Março 1940, pp. 659-666.
- MANZANARES, A. Abecasis, 1940b, *Movimento permanente gradualmente variado. Estudos geral do Regolfo*. «Técnica», n.º 115, Dezembro 1940, pp. 74-90.
- MANZANARES, A. Abecasis 1941a, *Algumas considerações sobre a moderna orientação do Ensino da Hidráulica*. «Técnica», n.º 116, Janeiro 1940, pp. 139-148.
- MANZANARES, A. Abecasis 1941b, *Laboratório de Hidráulica*. «Técnica» n.º 124, Dezembro 1941, pp. 576-583.
- MANZANARES, A. Abecasis, 1941-1942, *Contribuição ao estudo de alguns problemas hidráulicos*. Separata do «Boletim da Ordem dos Engenheiros» n.º 55, 57, 58 e 60. Gráfica Santelmo, Lisboa.
- MANZANARES, A. Abecasis, 1942-1943, *Regularização do rio Lis e seus afluentes e defesa dos campos marginais*. «Anuário dos Serviços Hidráulicos», 1942-1943, pp. 73-140.
- MENDONÇA, Afonso Zuzarte, 1935, *Breves palavras sobre o problema hidráulico do nosso País*. «Anuário dos Serviços Hidráulicos», 1935, pp. 53-54.
- MENDONÇA, P. de Varennes e, 1945, *Curvas de Regolfo*. Livraria Ferin, Lisboa.
- MENDONÇA, P. de Varennes e, 1964, *Nouvelles Méthodes Analytiques de Calcul des Courbes de Remous en Canaux Découverts Uniformes*. «Boletim da Ordem dos Engenheiros», Janeiro-Fevereiro, pp. 59-76.

- OLIVEIRA, Eduardo Arantes de, 1941, *Esgotos de Lisboa*. Câmara Municipal de Lisboa.
- PINTO, José F. Rebelo, 1941, *Escoamentos de água em conduta livre a altas velocidades*. «Técnica» n.º 117, Fevereiro 1941, pp. 198-215 e n.º 117, Março 1941, pp. 236-249.
- PINTO, José F. Rebelo, 1942, *Diferentes regimes de escoamento de água em conduta livre*. «Técnica» n.º 129, Maio 1942, pp. 883-890.
- PINTO, José F. Rebelo, 1942-1943, *Aproveitamentos Hidroeléctricos do rio Zêzere desde Cambas até à foz*. «Anuário dos Serviços Hidráulicos», 1942-1943, pp. 147-213.
- QUINTELA, António, 1967, *Recursos de águas superficiais em Portugal Continental*. Dissertação de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- QUINTELA, António; MIRANDA, J. M. Costa e PINHEIRO, António, 1990, *Biblioteca da Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Catálogo Anotado de Documentos Seleccionados. 1985*. Direcção-Geral dos Recursos Naturais (em preparação).
- REGO, Zózimo Castro, 1960, *Da aplicação da teoria das características ao estudo do regime variável em canais*. Dissertação de concurso para Professor Extraordinário, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

VIAS DE COMUNICAÇÃO E PLANEAMENTO DO TERRITÓRIO

Esboço Histórico

A. BARBOSA DE ABREU *

Summary

1. TRANSPORTATION INFRASTRUCTURES

1.1. The Teaching of Transportation Engineering

By the end of XIX century, the teaching of Roads and Railways in Portugal was ministered at *Escola do Exército*, in Lisbon, and at *Academia Polytechnica do Porto*. In 1911 the *Instituto Superior Técnico (IST)* in Lisbon, and the *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)* were created, both with Civil Engineering Courses leading to a professional degree.

Professors and lectures of Railways at the IST were mostly interested in the relationship between railways and transportation systems at national, regional and suburban levels, as referred in the works of Vicente Ferreira and Ferrugento Gonçalves (1979, 1983, 1985). This latter author has also contributed on theoretical themes of transportation capacity (1964), velocity in railway curves (1980), etc. ...

At FEUP several works were produced on setting of transition curves, dynamic behaviour of vehicles, virtual lengths, etc., by authors as Bonfim Barreiros, Rosas da Silva (1930), Corrêa de Barros (1942, 1948), Paiva Brandão (1949, 1960), and Sousa Melo (1984, 1987). In the complet scientific work of Bonfim Barreiros, published on his jubilation (1958), there are two interesting original papers on interlocking theory, in which the author with a sound capacity of abstraction deals the problem in terms of Boolean Algebra.

Road and traffic themes were mostly dealt at FEUP by Paiva Brandão (1962, 1970), and Sousa Melo (1971, 1973, 1985, 1986, etc.).

* Professor Catedrático Jubilado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.