

A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA NO PERÍODO 1951/1959 E O SEU FUTURO DESENVOLVIMENTO

Em artigo anterior, fez-se a apresentação do plano desta publicação e tratou-se de alguns aspectos gerais relacionados com as necessidades do consumo e os critérios seguidos para as satisfazer, tendo-se desenvolvido mais pormenorizadamente as condições de exploração conjugada dos grandes sistemas produtores.

Neste segundo artigo, apresentar-se-ão as linhas gerais que caracterizam a evolução na concepção dos esquemas dos aproveitamentos e dos seus órgãos e abordar-se-ão alguns problemas da sua realização, nomeadamente os económicos e os financeiros.

A evolução na concepção dos esquemas dos aproveitamentos e dos seus órgãos

De acordo com o enunciado, vão apresentar-se as linhas gerais que caracterizam a evolução na concepção dos esquemas dos aproveitamentos e dos seus órgãos, durante o período 1951/59.

No que se refere propriamente aos esquemas dos aproveitamentos, há a considerar dois grandes grupos: o primeiro compreende os aproveitamentos de alta e média queda, com longos circuitos hidráulicos e dotados, conseqüentemente, de câmaras de equilíbrio; o segundo é constituído pelos aproveitamentos de queda média, com circuitos hidráulicos de curta extensão. Ao primeiro pertencem os aproveitamentos do sistema Cávado-Rabagão (Venda Nova, Paradela, Salamonde e Caniçada) e ao segundo, os do

sistema Zêzere (Cabril, Bouçã e Castelo do Bode) e os do Douro Internacional (Picote).

As realizações do primeiro grupo iniciaram-se pelo aproveitamento de alta queda de Venda Nova, cujo esquema (fig. 1) é caracterizado por uma central a céu aberto e por um circuito hidráulico com um troço também a céu aberto (conduta forçada) a jusante da câmara de equilíbrio. O esquema do aproveitamento de Paradela, o mais recente dos escalões do sistema Cávado-Rabagão, foi condicionado à existência daquela central, já preparada para aí se instalar a potência deste escalão, e por isso tem características análogas às do de Venda Nova.

Entre as duas realizações referidas, situam-se, no tempo, os escalões de Salamonde e Caniçada, cujos esquemas já

DIREITOS DE TRADUÇÃO, DE ADAPTAÇÃO E DE REPRODUÇÃO RESERVADOS A FAVOR DO EDITOR.

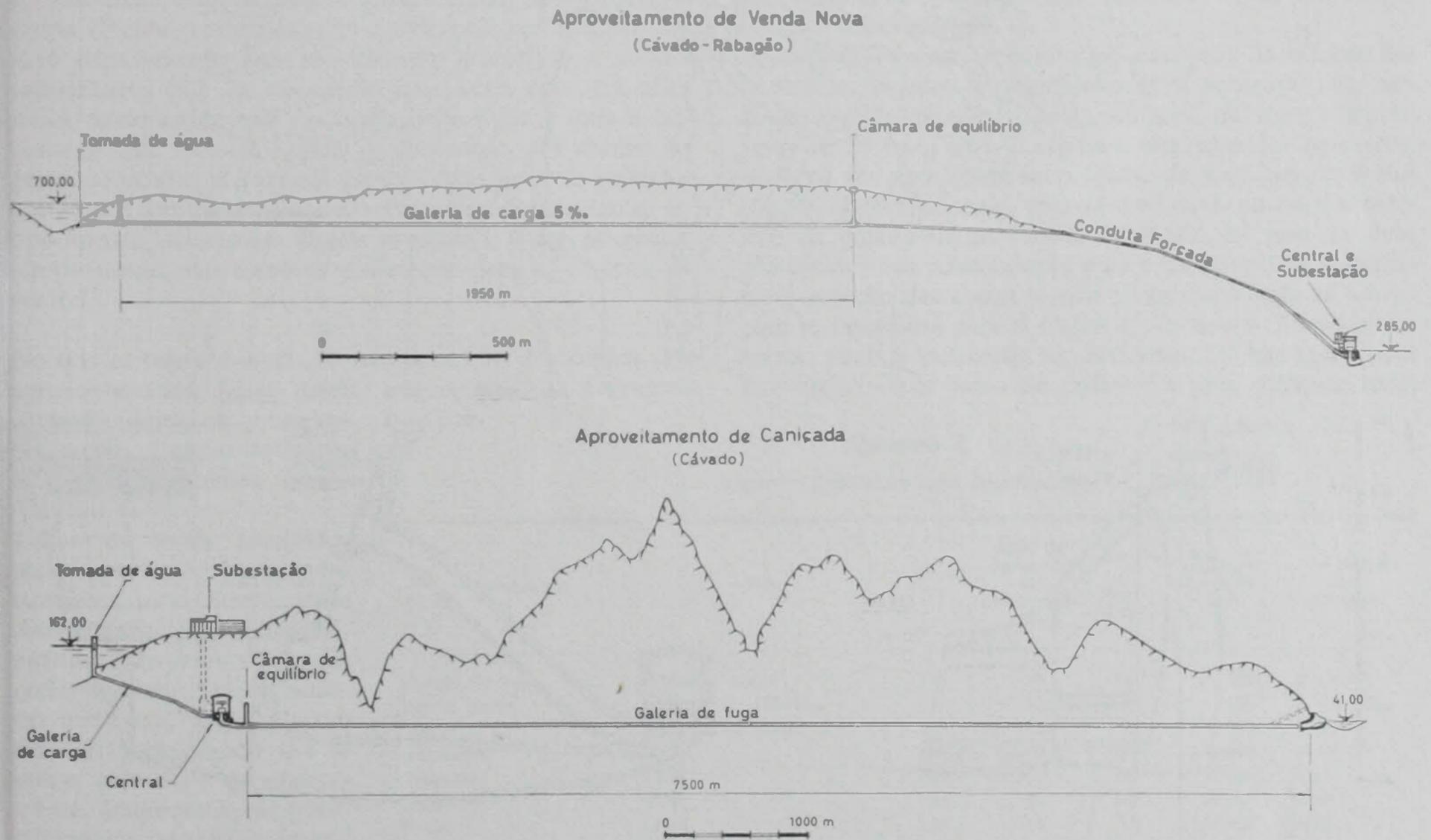
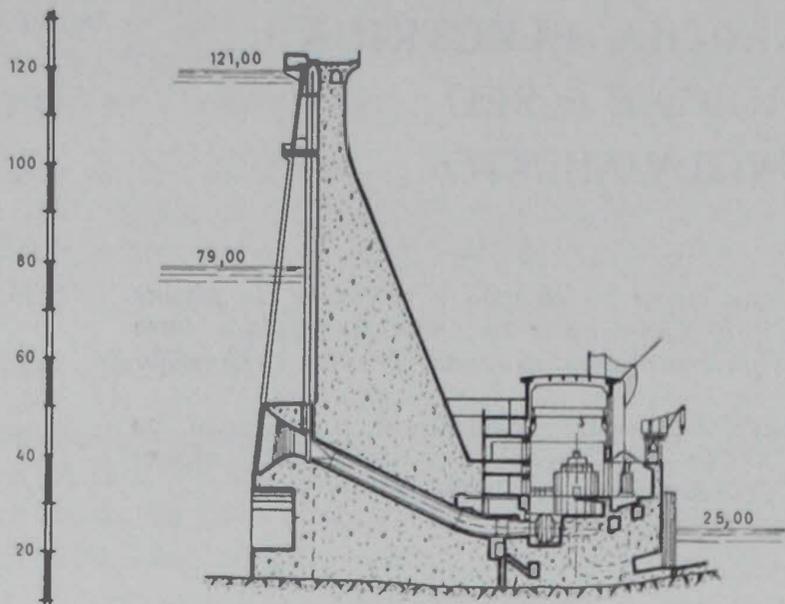
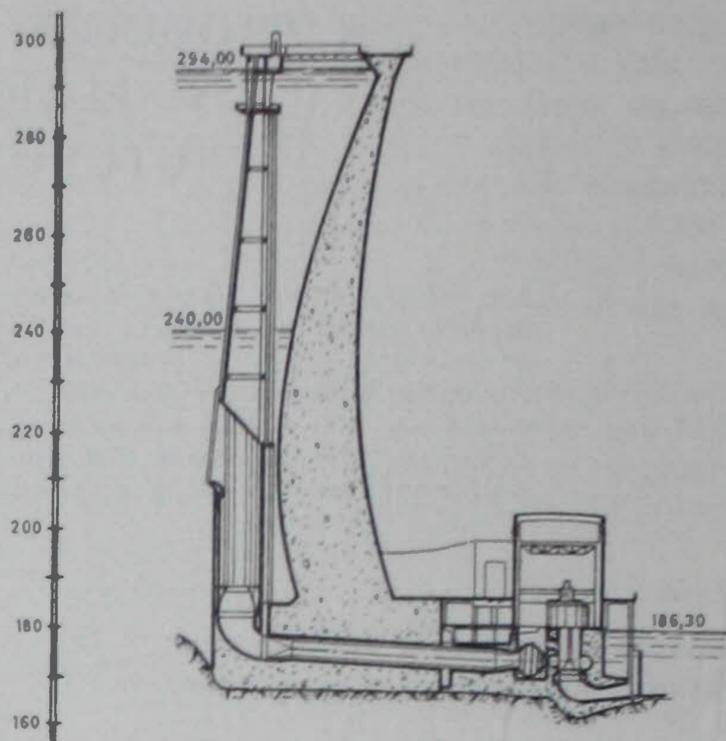


Fig. 1

Castelo do Bode
(Zêzere)



Cabril
(Zêzere)



Picote
(Douro)

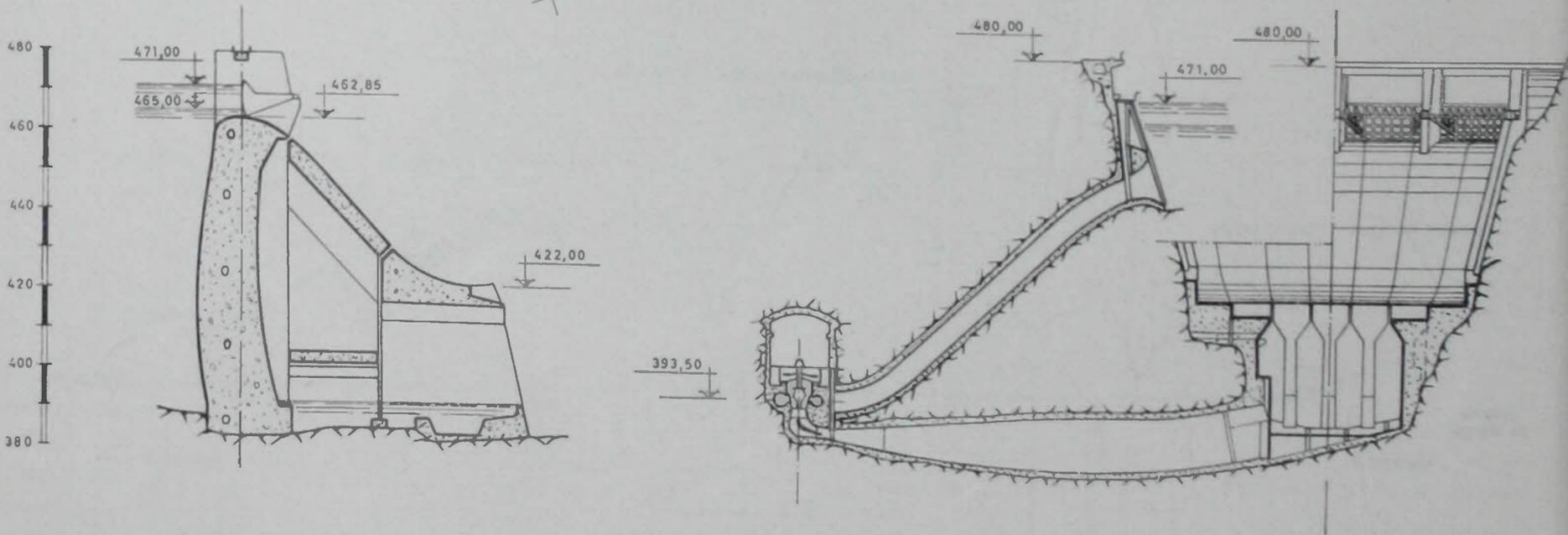
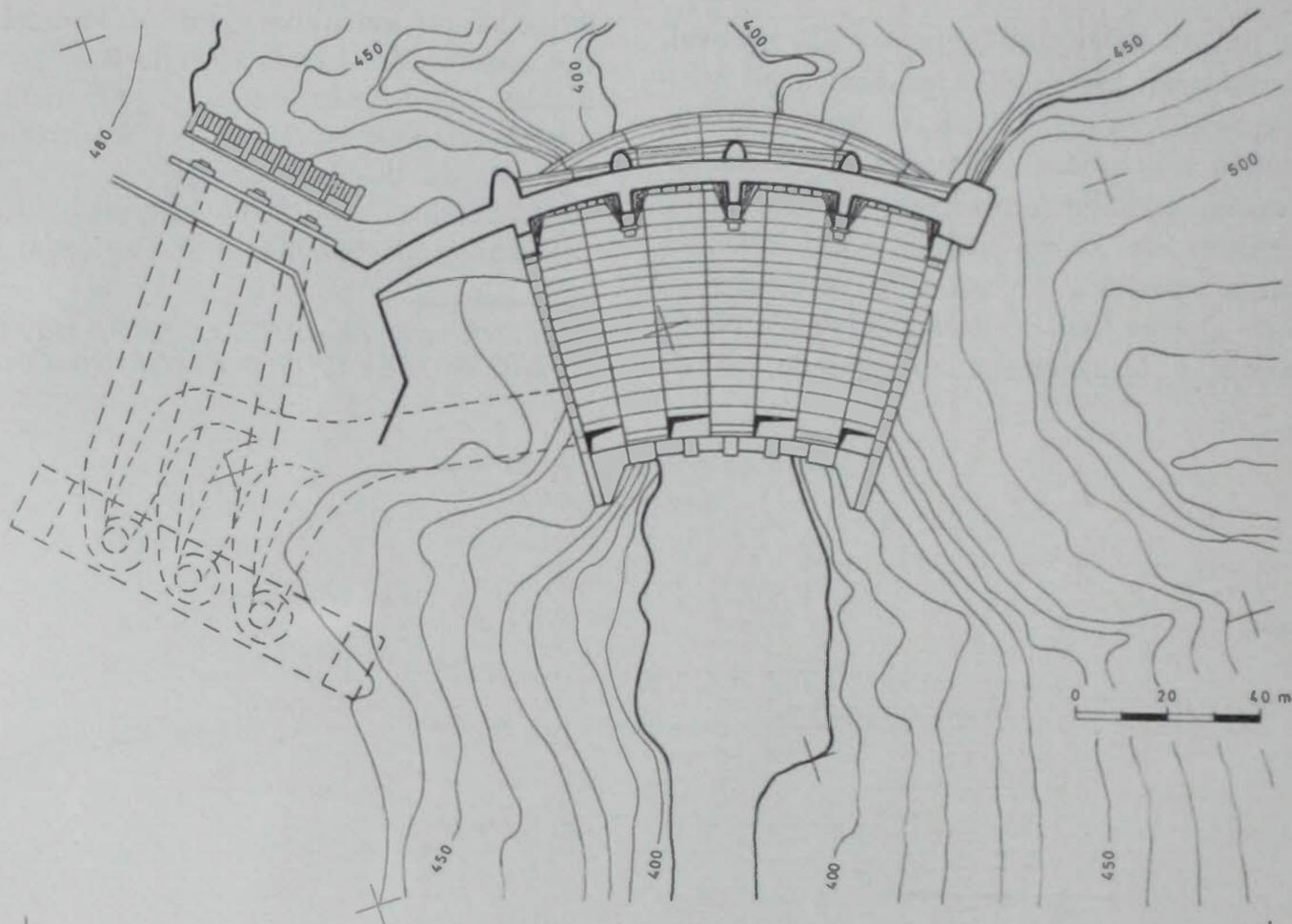


Fig. 2

foram estabelecidos dentro de princípios de técnica mais moderna e em conformidade com o que é prática corrente em obras análogas noutros países. Estes princípios têm a vantagem de dar uma completa independência do circuito hidráulico em relação à topografia do terreno, tornando-o inteiramente subterrâneo, incluindo a central e a câmara de equilíbrio, solução que tem sido facilitada nos últimos tempos pelos notáveis progressos na técnica da realização de obras subterrâneas. Dentro destes modernos princípios, o esquema pode apresentar-se, quer com uma curta galeria em carga e extensa galeria de fuga, exigindo consequentemente uma câmara de equilíbrio logo a jusante da central, quer, inversamente, com uma extensa galeria em carga e câmara de equilíbrio a montante, quer ainda com aquelas galerias igualmente extensas, exigindo ou não câmaras de equilíbrio. A primeira solução, com uma curta galeria em carga, foi a adoptada nos esquemas de Salamonde e Caniçada (fig. 1) e é a que tem geralmente mais preferência, por conduzir às melhores condições de exploração dos grupos e permitir reduzir o custo de realização do circuito hidráulico, em virtude de, na generalidade dos casos, ser dispensável o revestimento da galeria de fuga, a de maior extensão nesta solução.

Esta mesma solução está prevista na central de Pisões, actualmente em execução no Alto Rabagão, onde o troço de montante do circuito hidráulico é constituído por um poço em carga.

O segundo grupo de aproveitamentos, de queda média e circuito hidráulico de curta extensão, inclui os primeiros escalões construídos no sistema Zêzere (fig. 2), do tipo clássico, com central de pé de barragem (Castelo do Bode e Cabril) e condutas forçadas que atravessam a barragem e são munidas de comportas de segurança, a montante, e válvulas de protecção junto às turbinas.

O esquema dos aproveitamentos do Douro Internacional, de realização mais recente e pertencentes também a este grupo (Picote, em exploração e Miranda, em construção), já é caracterizado por um circuito hidráulico e central subterrâneos (fig. 2), disposição que, neste caso, foi, além disso, determinada pela necessidade de utilizar toda a largura do vale com os órgãos de evacuação das cheias. As galerias forçadas já aqui não têm válvulas junto às turbinas, por se ter considerado que as comportas de montante, do tipo lagarta, satisfaziam àquela protecção, o que se traduz, efectivamente, em menores dimensões para a caverna da central.

No que se refere à evolução na concepção dos órgãos dos aproveitamentos, há a referir, em especial, as barragens abóbada, desde as primeiras realizações, Castelo do Bode, até às mais recentes, Picote (Quadro I).

Todos os locais escolhidos para implantação das grandes barragens, que fazem parte dos esquemas dos aproveitamentos, permitiram a realização de estruturas de betão, em forma de abóbada, salvo no caso de Paradela em que se optou pelo tipo de enrocamento. Daqui resultou a possibilidade de, através do estudo e execução das sete barra-

gens abóbada, se ter conseguido uma certa evolução na respectiva técnica.

Assim, as primeiras barragens executadas, de Castelo do Bode e Venda Nova (fig. 3), com altura da ordem de 100 m, não beneficiaram ainda da possibilidade da adopção de estruturas de pequeno volume de betão, tendo-se escolhido o tipo abóbada espessa com paramento de montante cilíndrico de geratriz vertical, o que conduziu a volumes de betão em obra elevados — 250 000 m³ para Venda Nova e 460 000 m³ para Castelo do Bode —, este último agravado pela existência de um importante encontro artificial na margem direita. Este tipo de estrutura deu, em contrapartida, a possibilidade de se efectuar, em boas condições técnicas e económicas, a evacuação de importantes cheias (4000 m³/s em Castelo do Bode e 1100 m³/s em Venda Nova) directamente sobre o paramento, estabelecendo canais na zona junto à margem, onde a espessura das barragens não exigiu qualquer engrossamento para esse efeito, e ficando ainda espaço disponível no vale para implantação de uma central de pé de barragem, como no caso de Castelo do Bode.

A realização que se seguiu no sistema Zêzere foi no Cabril (fig. 3), onde já houve uma importante evolução na concepção do traçado da barragem, pois se abandonou o tipo abóbada espessa passando-se nitidamente ao tipo abóbada delgada, em forma de cúpula, de pequeno volume de betão, o que permitiu limitar este volume a 360 000 m³, embora a altura da barragem seja de 130 m, a maior do conjunto de obras que estamos analisando. Não se procurou neste caso utilizar a própria barragem para resolver o problema da evacuação das cheias, por se tratar de uma estrutura de grande altura implicando problemas especiais de dissipação de energia da descarga e além disso porque o espaço disponível no vale corresponde exactamente ao indispensável para uma central a céu aberto alimentada por condutas forçadas através da barragem. Por estas razões se optou pelo sistema de evacuação das cheias através de dois tuneis, um em cada margem.

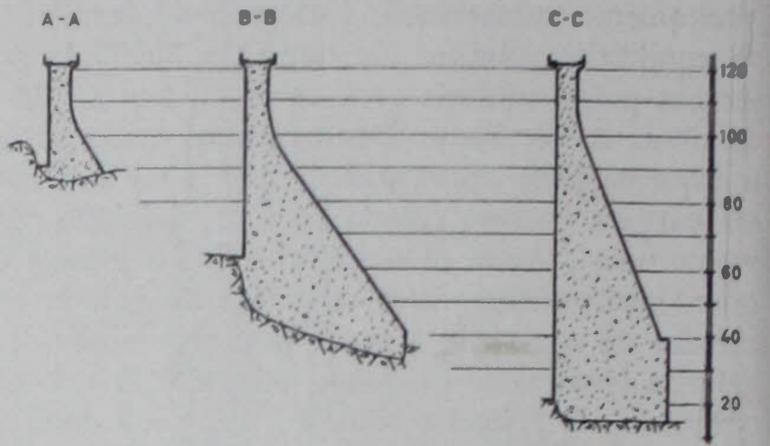
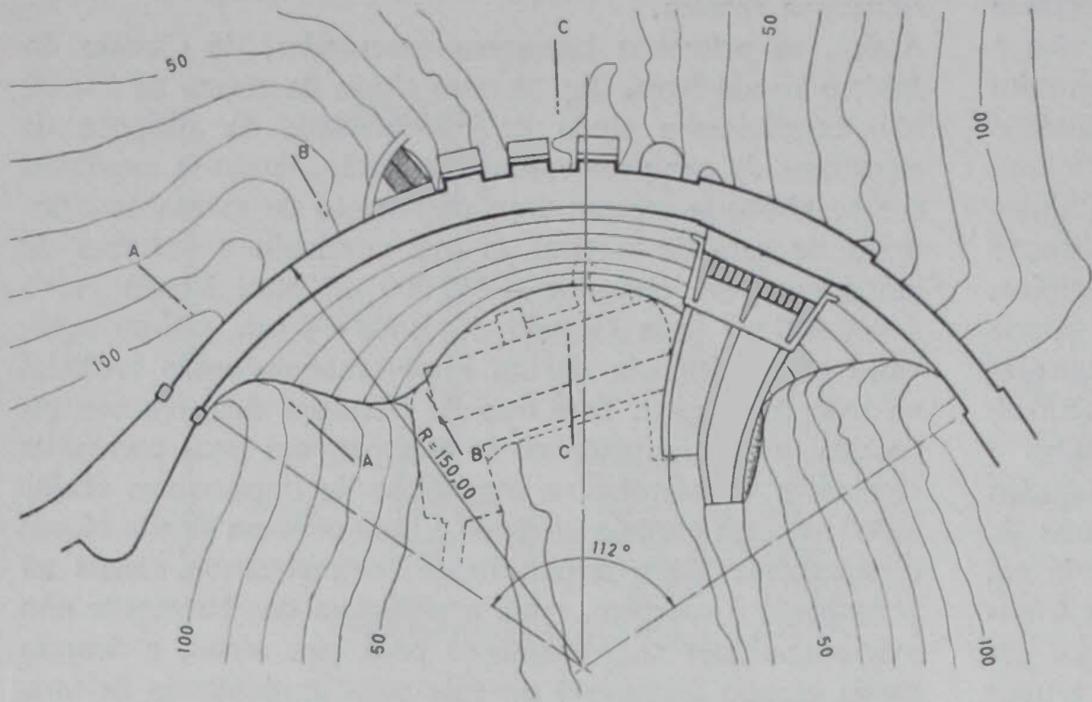
Acompanhando esta evolução na concepção do traçado das barragens, estudou-se paralelamente a realização da barragem de Salamonde (fig. 4), embora de menor altura, cerca de 75 m, a que se seguiu a execução das barragens, também do tipo abóbada delgada, de Caniçada e Bouçã (fig. 4), respectivamente, com 75 e 65 m de altura. Os volumes de betão são da ordem de 90 000 m³ para as duas primeiras, e um pouco menos para a da Bouçã. O problema da evacuação das cheias já não apresentava aqui as limitações mencionadas para o Cabril e por isso se foi decididamente para a utilização da estrutura da barragem para esse efeito — por meio de orifícios e sem qualquer bacia

Quadro I

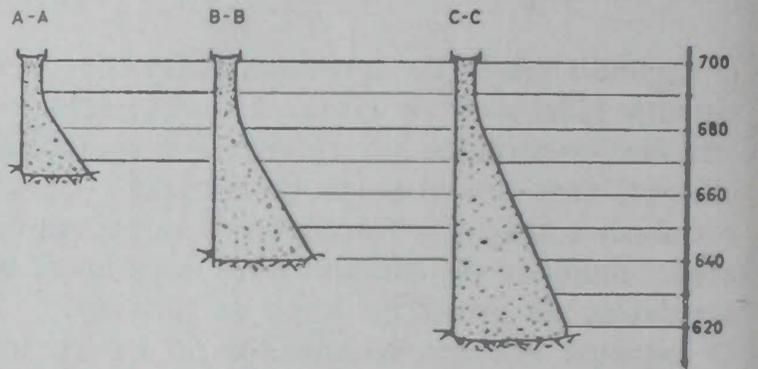
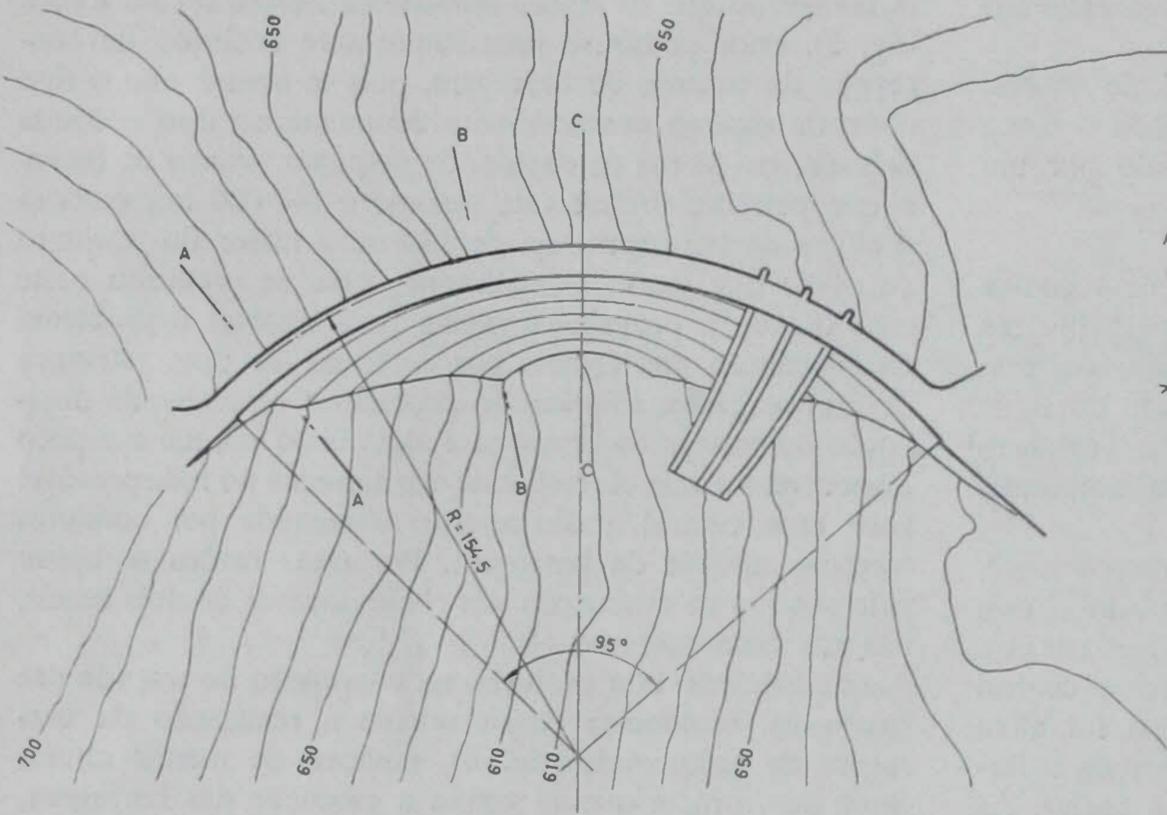
CARACTERÍSTICAS DAS BARRAGENS

Designação	Tipo	Altura (m)	Raio de montante do coroamento (m)	Ângulo ao centro (graus)	Volume de betão (m ³)	Autor do projecto
Castelo do Bode	Abóbada espessa	115	150	112	460 000	A. Coyne
Venda Nova	Idem	95	155	95	250 000	A. Coyne
Cabril	Abóbada delgada	130	158	106	360 000	HEZ
Salamonde	Idem	75	115	100	94 000	A. Coyne
Caniçada	Idem	75	105	107	90 000	HICA
Bouçã	Idem	65	95	102	70 000	HEZ
Picote	Idem	100	85	66	120 000	HEZ
Paradela	Enrocamento	110	—	—	—	HICA

Castelo do Bode



Venda Nova



Cabril

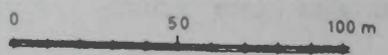
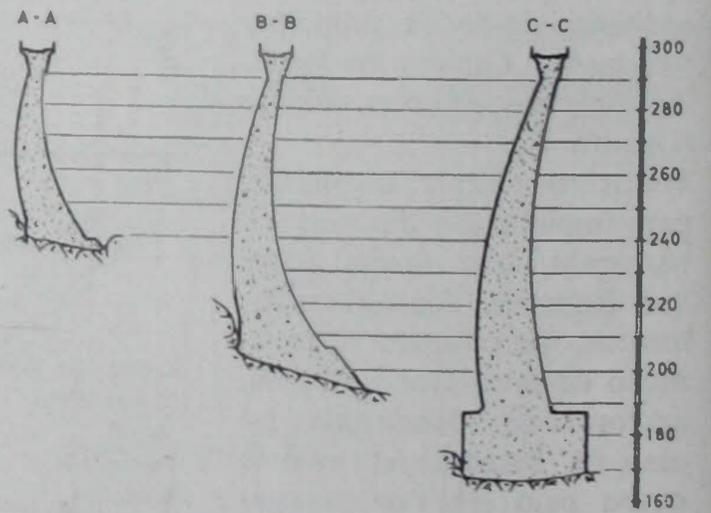
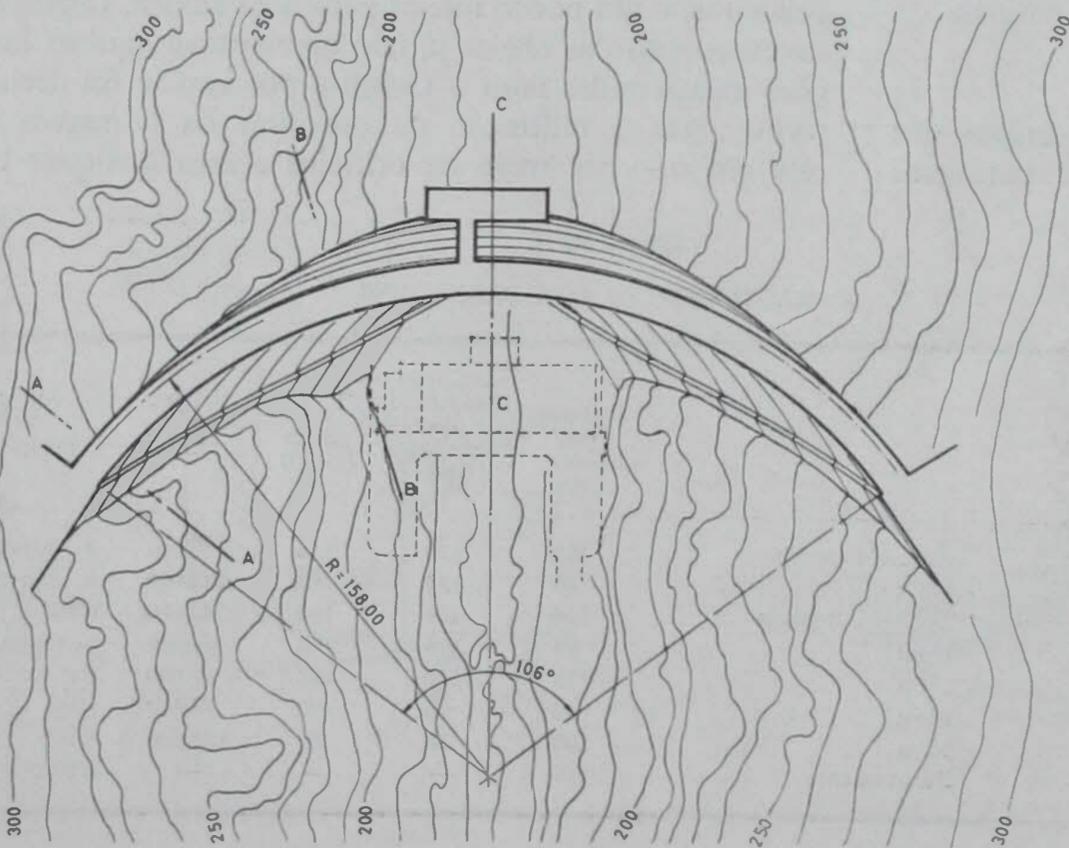


Fig. 3

de recepção a jusante, em Salamonde e Caniçada, e em descarga livre sobre a crista, com bacia de recepção, na Bouçã.

A última barragem realizada no período que estamos analisando foi a de Picote, de 100 m de altura, que, sendo também do tipo abóbada delgada, tem características especiais de traçado, resultantes, por um lado, da forma do vale que obrigou a um pequeno ângulo ao centro e, por outro, do condicionamento da descarga de cheias de 10 000 m³/s feita directamente sobre o coroamento. Não convindo descarregar as cheias logo a jusante da barragem, como nos casos anteriores, pois se julgou necessário fazer a saída dos canais de fuga da central subterrânea entre a barragem e essa descarga, por ser uma zona sem perturbações de escoamento, foi estabelecida uma estrutura de contrafortes que suporta uma soleira descarregadora, dando continuidade à soleira da barragem e terminando a jusante por um trampolim de lançamento da água das cheias.

Problemas de realização dos aproveitamentos

A realização dos aproveitamentos envolveu importantes problemas de carácter técnico e económico, no que se refere à concepção, estudo e projecto das obras, à sua execução e à aquisição dos equipamentos hidráulicos e electro-mecânicos.

Quanto ao primeiro aspecto, as empresas concessionárias, em face da falta de experiência no País da realização de empreendimentos deste tipo, principalmente no campo das barragens, resolveram recorrer a consultores estrangeiros de reconhecida competência e foi assim que as barragens de Castelo do Bode, Venda Nova e Salamonde foram projectadas pelo gabinete de estudos do engenheiro francês A. COYNE que, anteriormente, já tinha sido consultado pelo Ministério das Obras Públicas sobre os anteprojectos daquelas duas primeiras obras. Os gabinetes de estudo das empresas foram, entretanto, adquirindo experiência e puderam ocupar-se da concepção e projecto das obras de todos os outros escalões, onde evidenciaram alto nível técnico bem patente na evolução que atrás se mencionou, quer nos esquemas dos aproveitamentos, quer no dos respectivos órgãos, principalmente nas barragens. E neste último aspecto, receberam as empresas uma muito particular colaboração do LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, que teve assim a oportunidade de criar e aperfeiçoar uma apurada técnica de ensaios sobre modelos daquelas estruturas.

Se o problema da concepção e projecto das obras envolveu importantes responsabilidades técnicas, não foram menores as da respectiva execução. Por isso as empresas procuraram rodear-se de todos os cuidados e assim resolveram estudar e adquirir o equipamento pesado de estaleiro que forneceram aos empreiteiros encarregados da execução das obras. Este princípio foi mantido através da execução de todas as obras, e a sua aplicação foi de tal maneira eficiente que o equipamento para a execução da primeira obra do plano, a de Castelo do Bode, foi a seguir utilizado em Cabril e Bouçã, e ainda aplicado nas obras do Douro Internacional.

Outro aspecto muito importante da realização destes aproveitamentos foi o relacionado com as encomendas dos equipamentos hidráulicos dos evacuadores de cheias (comportas) e dos circuitos hidráulicos (comportas e condutas) e dos equipamentos electro-mecânicos das centrais, se nos lembrarmos que, ao iniciarmos o nosso plano, estávamos a sentir os graves efeitos da guerra. Felizmente, foi possível recorrer, para as comportas e condutas, à indústria nacional,

que, mercê de um esforço meritório, conseguiu fornecer os necessários equipamentos em prazos satisfatórios e com nível técnico de concepção e fabricação digno de especial referência. Quanto ao equipamento electro-mecânico das centrais, deu-se a oportuna circunstância de um grupo de fábricas britânicas da especialidade ter mostrado interesse, junto do Governo Português, de fornecer os equipamentos para as primeiras centrais do Castelo do Bode e Venda Nova, interesse que coincidia também com o nosso em face da situação financeira portuguesa perante a Inglaterra. Deste modo, foi possível vencer as dificuldades do após-guerra, tendo-se conseguido obter os necessários equipamentos dentro de prazos perfeitamente satisfatórios. Nos equipamentos para as restantes centrais já intervieram todos os construtores europeus, por terem desaparecido as razões que motivaram a referida atitude perante os construtores ingleses, tendo-se conseguido cada vez maior participação da indústria nacional.

Os aspectos económicos e financeiros de realização dos aproveitamentos

Conforme já se referiu na primeira parte desta publicação, a exploração conjugada dos aproveitamentos da rede primária é conduzida pelos Serviços do REPARTIDOR NACIONAL DE CARGAS, regulando-se os aspectos económicos da vida das empresas produtoras, por acordo na base de «pool» das receitas da venda de energia. Considerando, além disso, que estas empresas se regem por princípios administrativos semelhantes, julga-se perfeitamente aceitável que os aspectos económicos e financeiros sejam analisados em relação ao conjunto dos aproveitamentos.

A análise dos aspectos económicos poderá ser feita através do preço de custo da energia colocável no ano em que se consideram esgotadas as possibilidades de produção, isto é, quando se prevê a entrada em serviço de um novo aproveitamento, de harmonia com o programa geral de realizações.

No caso presente, conforme se indicou anteriormente, está prevista a entrada em serviço do aproveitamento de Miranda no fim de 1960 e por isso se justifica que a análise do preço de custo se refira a este ano. As possibilidades de colocação de energia da rede primária durante aquele ano estão avaliadas em cerca de 1900 GWh, dos quais 1400 GWh se referem a consumos ditos permanentes.

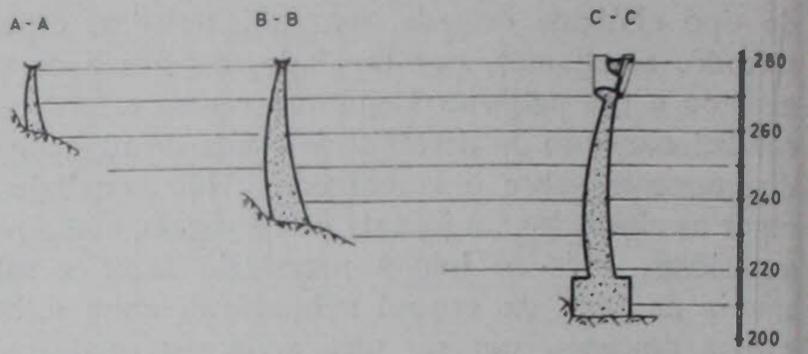
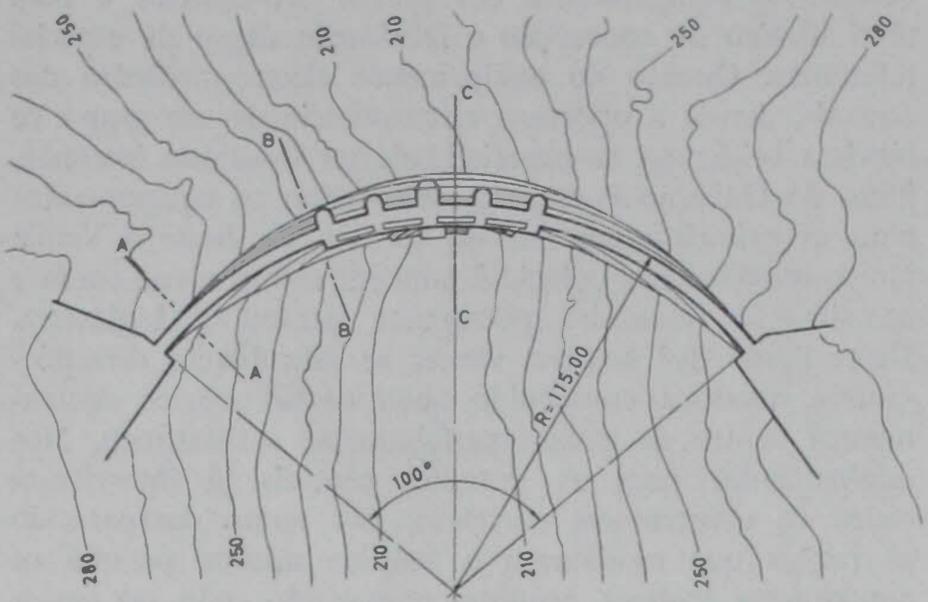
Os custos dos aproveitamentos estão indicados no quadro II e a respectiva discriminação dos investimentos está apre-

Quadro II

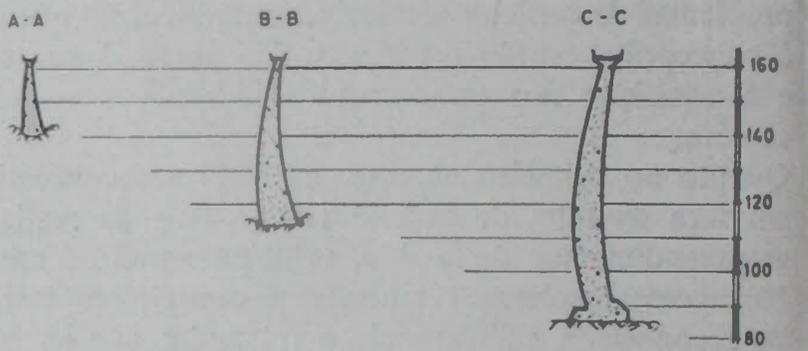
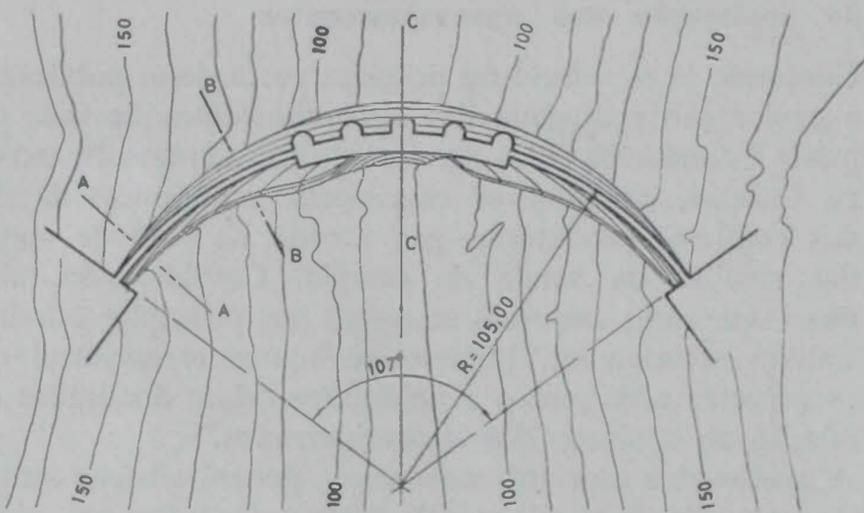
CUSTOS DOS APROVEITAMENTOS

	Escalões	Contos
Sistema Zêzere	Cabril	497 000
	Bouçã	196 000
	Castelo do Bode	657 000
Sistema Cávado	Venda Nova	450 000
	Paradela	665 000
	Salamonde	210 000
	Caniçada	385 000
	Picote	670 000
	Total	3 730 000

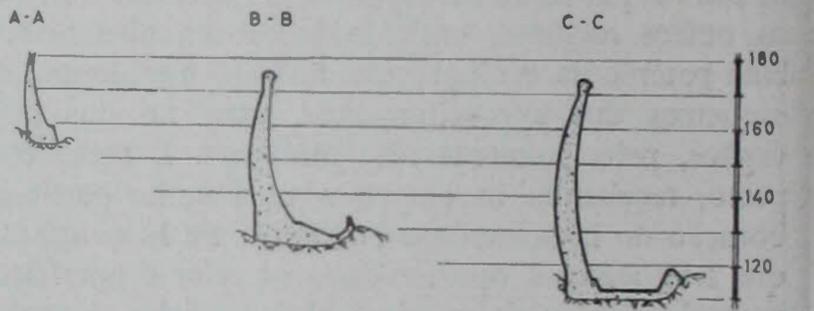
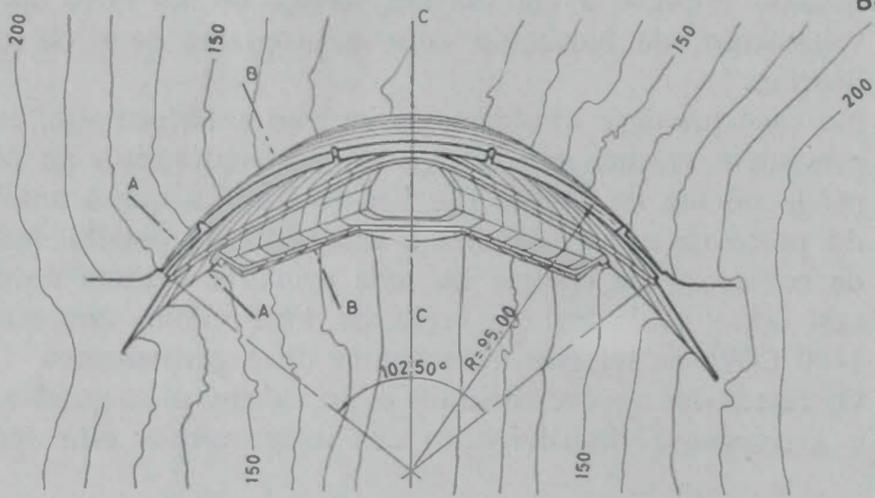
Salamonde



Caniçada



Bouçã



Picote

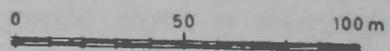
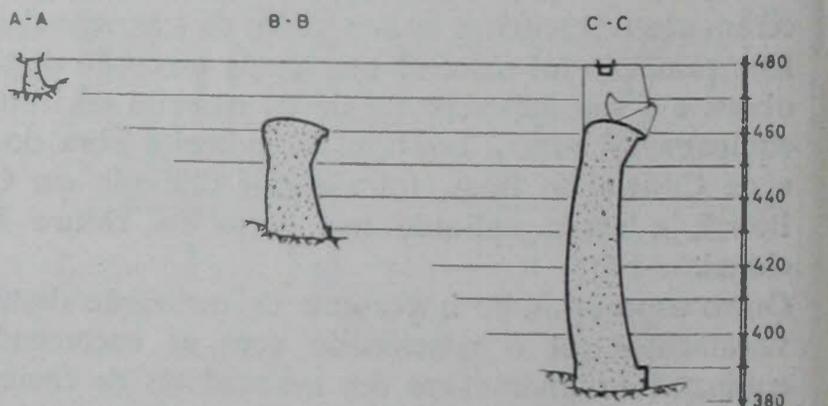
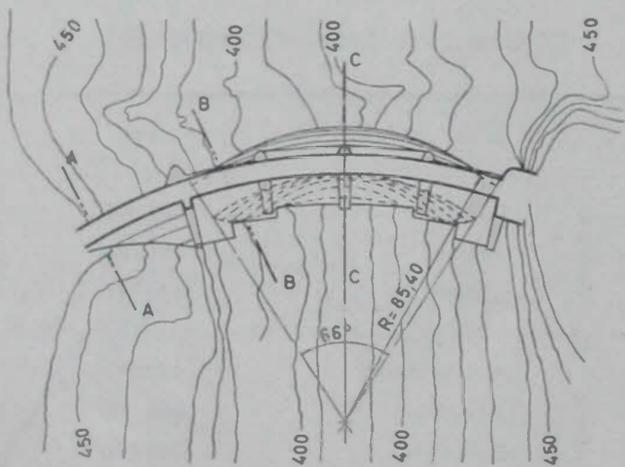


Fig. 4

sentada no quadro III, donde se conclui que o valor das acções representa 38,5% do investimento total e que o das obrigações é sensivelmente igual àquele, verificando-se ainda a grande participação, da ordem de 20%, do então FUNDO DE FOMENTO NACIONAL.

O valor dos encargos da produção é fundamentalmente dependente dos encargos financeiros, que compreendem os de dividendo, os de juro e amortização das obrigações e dos outros empréstimos e os relativos ao fundo de reserva legal e ao de reconstituição do capital accionista. Estes encargos financeiros representam normalmente uma elevada percentagem dos encargos totais da produção, cerca de 80%, referindo-se os restantes 20% à reintegração dos equipamentos, aos gastos de exploração, conservação e despesas gerais.

Aquele valor dos encargos da produção situa-se entre 8,5% e 10% do investimento, conforme o critério considerado no estabelecimento da anuidade de amortização dos empréstimos e em condições normais de dividendo.

Para se fazer, no entanto, uma ideia do valor económico do conjunto destes sistemas de aproveitamentos, considera-se para valor dos encargos da produção uma percentagem de 9,5% sobre o investimento total (3 730 000 contos), o que conduz a um custo médio do quilowatt-hora de \$18,5, relativamente aos 1900 GWh que se prevê ser a energia colocável pela rede primária durante o ano de 1960. Isto permite tarifas da ordem de \$22/kWh, em média, para os consumos permanentes, em conjugação com tarifas especiais não superiores a \$10/kWh, em média, para

Quadro III

INVESTIMENTOS TOTAIS E PLANO FINANCEIRO (VALORES EM CONTOS)

Aproveitamentos	Investimentos totais (Equipamento electromecânico)	Plano financeiro			
		Acções	Obrigações	Empréstimos F. F. N.	Outros empréstimos e auto-financiamento
<i>Sistema Zêzere</i> (Cabril, Bouça e Castelo do Bode)	1 350 000 (300 000)	550 000	455 000	307 000	38 000
<i>Sistema Cávado</i> (V. Nova, Paradelha, Salamonde e Caniçada)	1 710 000 (280 000)	585 000	605 000	375 000	145 000
<i>Douro Internacional</i> (Pico)	670 000 (180 000)	300 000	300 000	40 000	30 000
<i>Totais</i>	3 730 000 (810 000)	1 435 000 (38,5%)	1 360 000 (36,5%)	722 000 (19,5%)	213 000 (5,5%)

os outros consumos a que se não dá garantia de permanência, embora, conforme atrás se disse, uma parte destes últimos consumos possa ter efectivamente essa garantia.

Estes índices característicos da expressão económica dos aproveitamentos da rede primária mostram, em comparação com valores conhecidos doutros países, que em Portugal se está realizando uma importante obra de electrificação, que se poderá mesmo classificar de notável, não só no campo técnico da concepção e execução das obras, mas também no campo económico, tendo particularmente em atenção que se dá ao País uma garantia quase absoluta de satisfação dos consumos ditos permanentes com tarifas na produção excepcionalmente favoráveis.

A. C. XEREZ

Engenheiro civil (I.S.T.)

DIRECTOR TÉCNICO DA HIDRO-ELÉCTRICA DO ZÊZERE

REUNIÕES INTERNACIONAIS

NONO CONGRESSO INTERNACIONAL DE FOTOGRAMETRIA

O Nono Congresso Internacional de Fotogrametria, realiza-se em Londres de 5 a 17 de Setembro, sob os auspícios da Sociedade Internacional de Fotogrametria e a convite da «Royal Institution of Chartered Surveyors» e da «Photogrametric Society».

A Sociedade Internacional de Fotogrametria, a que aderiram sociedades culturais e organismos científicos de 30 países, dedica-se ao progresso de uma ciência que se reflecte na vida de cada dia. A fotogrametria foi originariamente concebida cerca de 1840, para levantamentos por meio de fotografias tiradas de pontos altos. Esses levantamentos aéreos foram, de princípio, feitos de um balão.

A fotogrametria é agora utilizada em todo o mundo para reconhecimento, cartografia, etc.

O Congresso de 1960 será o primeiro a realizar-se na Grã-Bretanha, tendo os anteriores — dos quais o primeiro em 1913 — sido realizados em Viena, Berlim, Zurique, Paris, Roma, Haia, Washington e Estocolmo. Os organizadores do Congresso conseguiram arranjar óptimas acomodações na Universidade de Londres para os seus trabalhos que, além de sessões plenárias e técnicas, incluirão uma exposição de equipamento e técnicas de alguns dos primeiros fabricantes de instrumentos do mundo e companhias que se ocupam do seu funcionamento.

QUINTA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DOS INSTRUMENTOS E MEDIDAS

Organizada pela «Académie Royale Suédoise de Technologie» (IVA) e «Association Suédoise des Physiciens Industriels» (T.F.F.) terá lugar em Estocolmo de 13 a 15 de Setembro de 1960. Será dividida em quatro secções:

1. Regularização e medidas na técnica operatória: (Esta parte da conferência constitui ao mesmo tempo a 27ª manifestação da Federação Europeia de Engenharia Química).
2. Métodos físicos de análises químicas.
3. Técnica da medida em física e em química nucleares.
4. Medidas de quantidades eléctricas e magnéticas.

Os pedidos de inscrição bem como os resumos de relatórios (aproximadamente 50 palavras), devem ser enviados ao Secretário Geral da Conferência: Helge von Koch, Royal Institut of Technology, Stockholm 70.

Extraído da Revista «Société des Ingénieurs Civils de France» page 70.