

# Caracterização de Turbinas Hidráulicas

As **turbinas hidráulicas** actualmente construídas e instaladas dizem respeito fundamentalmente aos seguintes tipos: Pelton, Francis, Kaplan, hélice e bolbo.

As **características** de uma turbina hidráulica correspondem às suas grandezas físicas básicas, às dimensões construtivas e alguns parâmetros físicos.

As **grandezas de base** são três: energia hidráulica (que na prática ainda se costuma substituir pela «queda útil»), caudal e potência mecânica.

- **Energia hidráulica mássica**  $W$  é a diferença da energia entre as secções de referência contratuais de alta pressão (a montante) e de baixa pressão (a jusante) da turbina. Exprime-se em J/kg.
- **Queda útil**  $H = W/g$ , onde  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , é a aceleração da gravidade no local. Exprime-se em metro (m).
- **Caudal**  $Q$  é o débito de água que atravessa a secção de entrada de referência da turbina. Exprime-se em  $\text{m}^3/\text{s}$ .
- **Potência mecânica**  $P$  no acoplamento da turbina ao veio do alternador que a carrega. Geralmente exprime-se em MW.

As **dimensões** das turbinas correspondem aos diâmetros e comprimentos seguintes:

- Diâmetro da circunferência tangente ao jacto na turbina Pelton (Fig. 1):  $D_1$  (m).
- Diâmetro do jacto Pelton nas condições nominais (Fig. 3):  $D_0$  (m).
- Diâmetro da intersecção da extremidade do lado de baixa pressão (a jusante) com a cintura da roda Francis (Fig. 2):  $D_{le}$  (m).
- Diâmetro da intersecção da extremidade do lado de alta pressão (a montante) com o tecto da roda Francis (Fig. 2):  $D_{li}$  (m).
- Diâmetro da circunferência dos munhões das pás orientadoras das turbinas Francis (Fig. 2) e Kaplan (Fig. 3):  $D_0$  (m).
- Diâmetro da roda Kaplan (Fig. 3), hélice ou bolbo (Fig. 4)  $D_e$  (m).

- Diâmetro do núcleo da roda Kaplan (Fig. 3) ou bolbo:  $D_1$  (m).
- Largura da concha Pelton (Fig. 1):  $B$  (m).
- Altura do distribuidor nas rodas Francis (Fig. 2) e Kaplan (Fig. 3):  $B_0$  (m).

Os **parâmetros contrutivos** das turbinas são os seguintes:

- Número de cochas Pelton (Fig. 1):  $z_r$ .
- Número de jactos Pelton (Fig. 1):  $z_0$ .
- Número de pás da roda Francis (Fig. 2) ou Kaplan (Fig. 3):  $z_r$ .
- Número de pás orientadoras da turbina Francis (Fig. 2) ou Kaplan (Fig. 3):  $Z_0$ .

Os **parâmetros funcionais** das turbinas, basicamente, são os seguintes:

- **Frequência** da rede eléctrica:  $f$  (Hz).
- **Velocidade de rotação** da turbina:  $n$  (rot/s, embora na prática se continue a usar rot/min).
- **Velocidade específica** da turbina (adimensional) correspondente aos ensaios de recepção em modelo reduzido da turbina:

$$N_{QW} = \frac{n Q^{1/2}}{W^{3/4}} \quad \text{com } n \text{ em rot/min}$$

- **Velocidade específica «clássica»** (em rot/min), corresponde à tradição mas deixou de se recomendar:

$$n_q = \frac{n Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \text{com } n \text{ em rot/s}$$

- **Velocidade específica «científica»** (em rad/s), considera a velocidade angular de rotação  $\omega$  em vez de  $n$ :

$$v = \frac{\omega (Q/\pi)^{1/2}}{(2W)^{3/4}} \quad \text{com } \omega \text{ em rad/s}$$

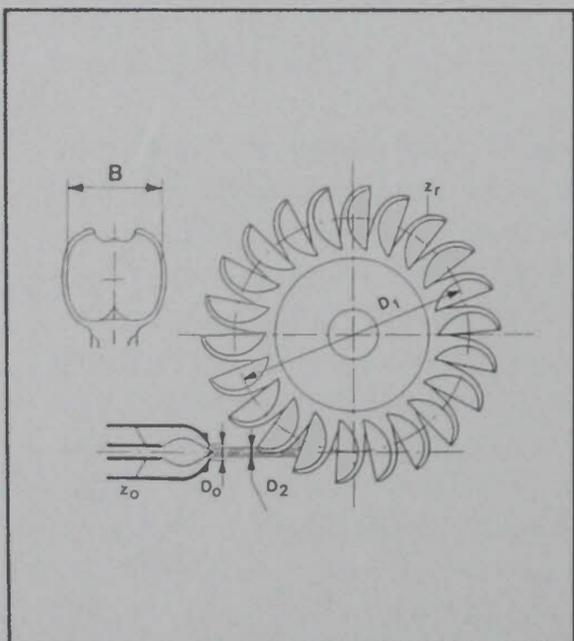


Fig.1 - Dimensões principais da turbina Pelton

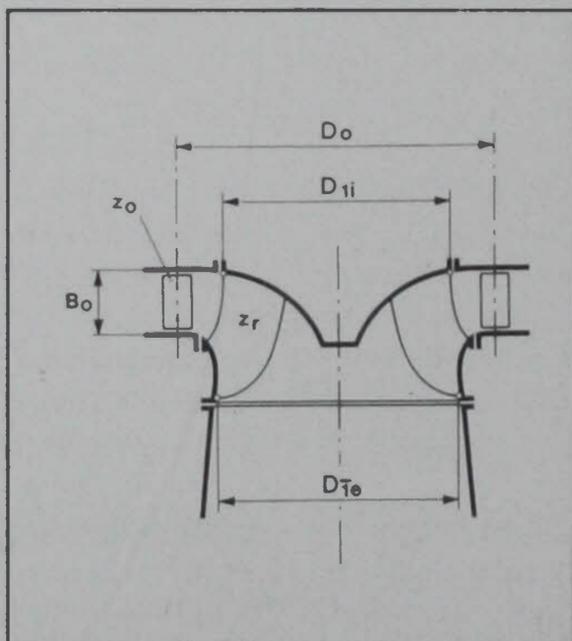


Fig.2 - Dimensões principais da turbina Francis

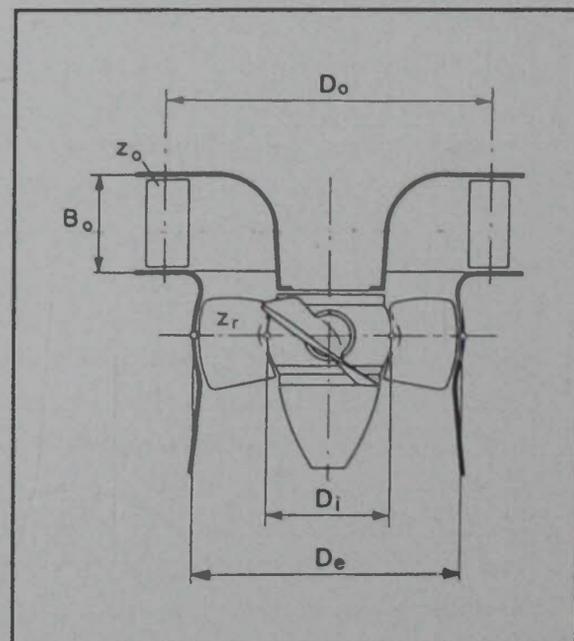


Fig.3 - Dimensões principais da turbina Kaplan

Note-se que as velocidades específicas  $N_{QW}$ ,  $n_q$  e  $v$  se referem a todos os tipos de turbinas. No caso de turbinas Pelton de vários jactos, a velocidade específica por jacto resulta da divisão dos valores definidos por  $\sqrt{z_0}$ . Nas turbinas de múltiplos andares, a velocidade específica por andar obtém-se pelas mesmas expressões com  $W$  ou

$H$  dividido pelo número de andares.

Exemplos de aplicação encontram-se no livro de P. Henry, *Turbomachines hydrauliques*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, recenseado na página 344 da *ELECTRICIDADE* n.º 293, Outubro 1992.

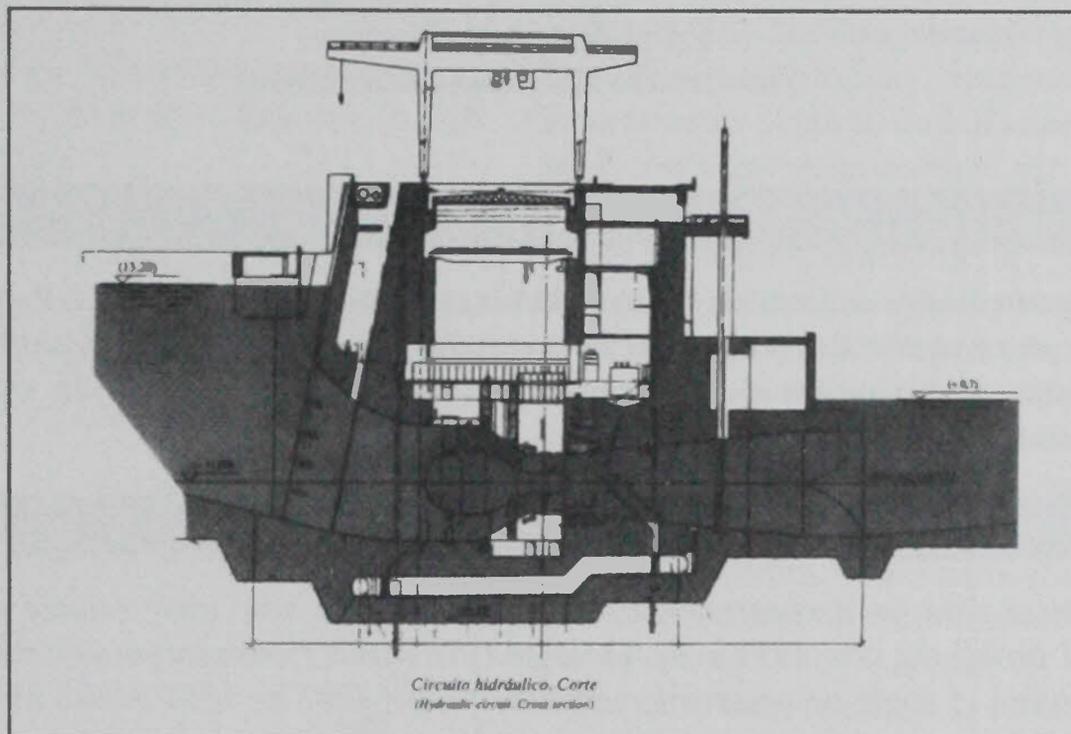


Fig.4 - Circuito hidráulico da barragem de Crestuma.

## QUADRO 1

Características de base da turbina hidráulica do tipo bolbo montada na central de Crestuma, no Rio Douro

Grandeza de Base	Unidade	Mínimo	Nominal	Máximo
$W$	J/kg	63,74	100,52	120,62
$H$	m	6,50	10,25	12,30
$Q$	$m^3/s$	393,0	423,0	378,8
$P$	MW	21,4	39,0	43,0

## QUADRO 2

Características construtivas da turbina bolbo da central de Crestuma, no Rio Douro.

Tipo de Grandeza	Grandeza	Unidade	Valor
Dimensões	$D_o$	m	6,80
	$D_i$	m	2,83
Parâmetros construtivos	$Z_r$	-	4
	$Z_0$	-	24
	$Z_{med}$	-	6
Parâmetros funcionais	$f$	Hz	50
	$n$	rot/s	1,39
	$N_{QW}$	-	0,90
	$n_q$	rot/min	299

## Caso da Barragem de Crestuma

Um caso particularmente interessante diz respeito à barragem de Crestuma, situada a 13 km a montante da cidade do Porto, no rio Douro. A barragem é do tipo móvel, quer dizer, as comportas são elevadas acima do nível das águas quando ocorrem grandes cheias, ficando apenas os pilares hidrodinâmicos das oito passagens a obstruir a corrente de água.

Este aproveitamento hidroelétrico da EDP dispõe de 3 turbinas tipo bolbo (Fig. 4) de 43 MW, cujas características se apresentam nos Quadros 1 e 2, tendo sido fabricadas em Portugal pela Sorefame, com concepção francesa da Neyrpic.

Uma vista em corte deste tipo de turbina tem honras de capa desta edição da *ELECTRICIDADE*. Aí se pode ver, a amarelo, o gerador de estator oscilante e o braço de transmissão do binário para o sistema de medição do binário. A encarnado distingue-se o rotor do alternador e o veio que liga à turbina. Uma imagem linda de uma construção tecnológica moderna e eficaz. ■

**Empresas de Electromecânica:**

**A ELECTRICIDADE É O MELHOR MEIO DE PROMOÇÃO**