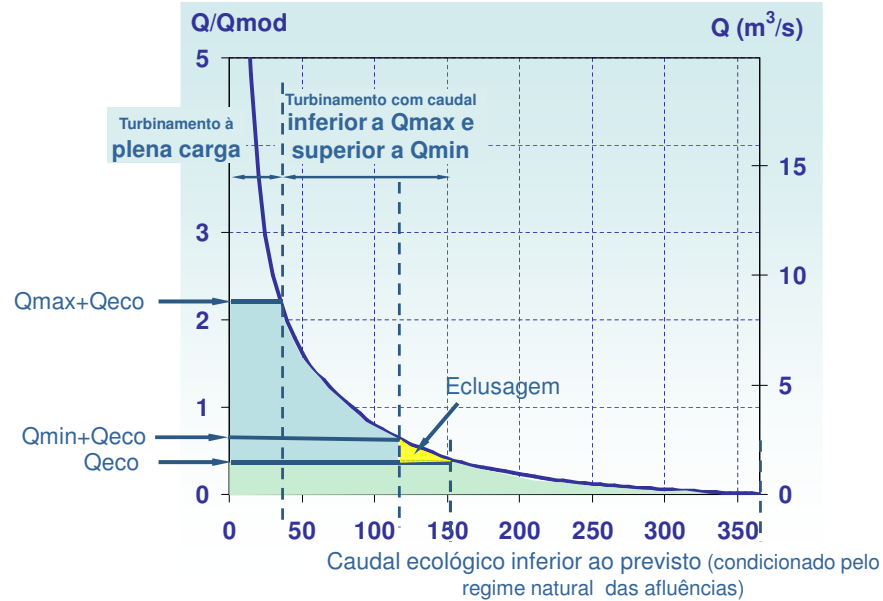
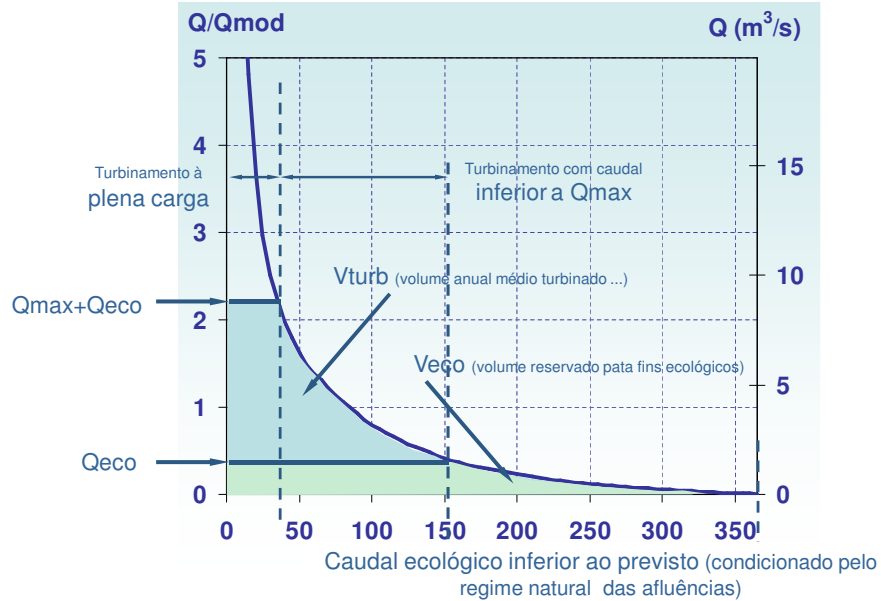
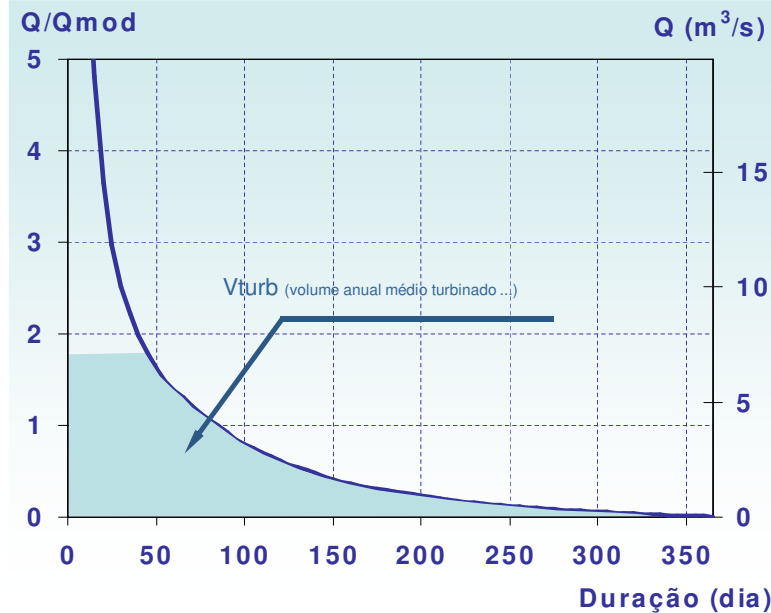
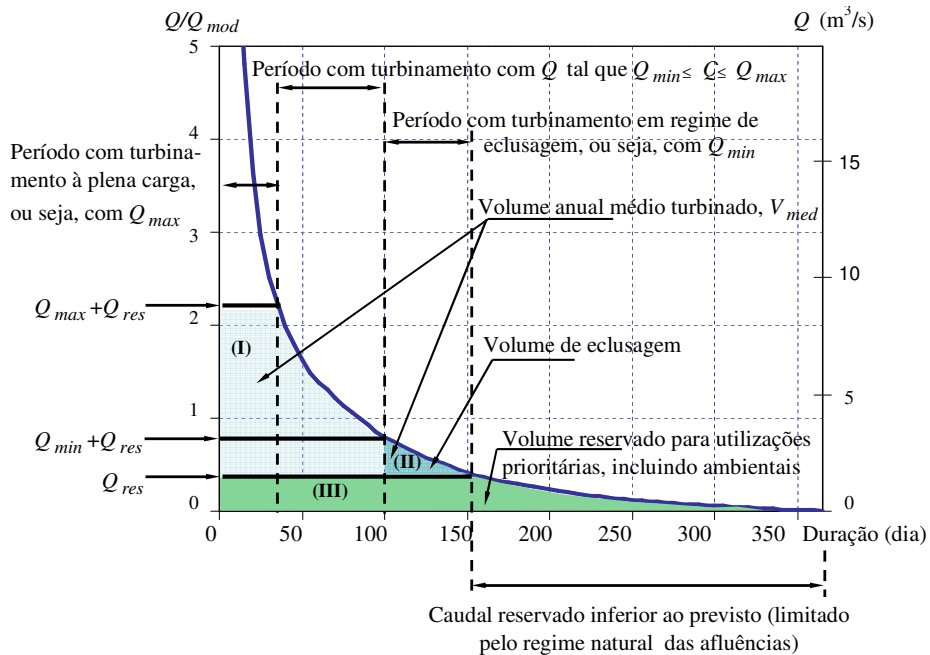


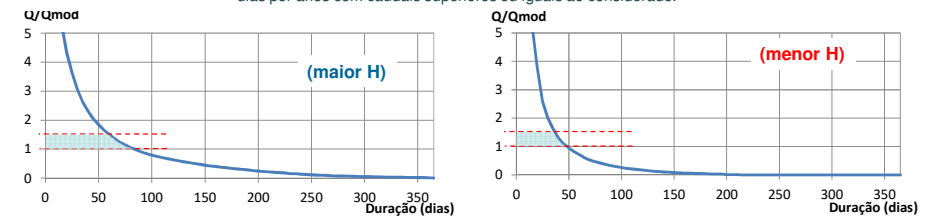
Conceitos básicos para dimensionamento preliminar do circuito hidráulico e cálculo de custos

Maria Manuela Portela

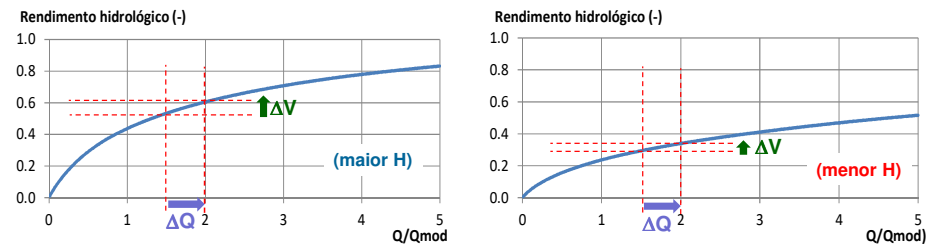




Curva de duração média anual do caudal médio diário: fornece, para cada caudal médio diário, o número médio de dias por anos com caudais superiores ou iguais ao considerado.

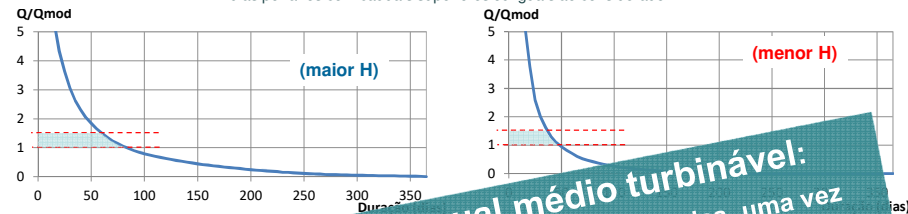


(A partir da anterior curva) curva característica hidrológica: fornece, para cada caudal, a fracção da afluência anual média correspondente à ocorrência de caudais menores ou iguais ao considerado, ou seja, a fracção da afluência anual média susceptível de ser utilizada na produção de energia. Tal fracção é vulgarmente designada por rendimento hidrológico



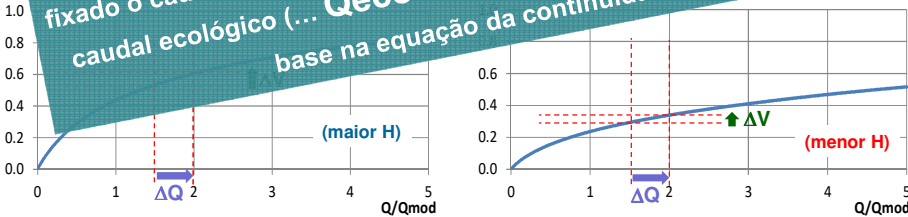
ΔV – Acréscimo de volume susceptível de ser afeto à produção de energia
 ΔQ – acréscimo do caudal máximo derivável

Curva de duração média anual do caudal médio diário: fornece, para cada caudal médio diário, o número médio de dias por anos com caudais superiores ou iguais ao considerado.



Cálculo do volume anual médio turbinável:
 (A partir da anterior curva) curva característica hidrológica: fornece, para cada caudal, a fracção da afluência anual média correspondente à ocorrência de caudais menores ou iguais ao considerado, ou seja, a fracção da afluência anual média susceptível de ser utilizada na produção de energia. Tal fracção é vulgarmente designada por rendimento hidrológico

simulação da exploração diária da central hidroelétrica, uma vez fixado o caudal máximo derivável (... $Q_{max} = 1.8 Q_{mod}$...) e o caudal ecológico (... $Q_{eco} = 5\% Q_{mod}$...), unicamente com base na equação da continuidade.



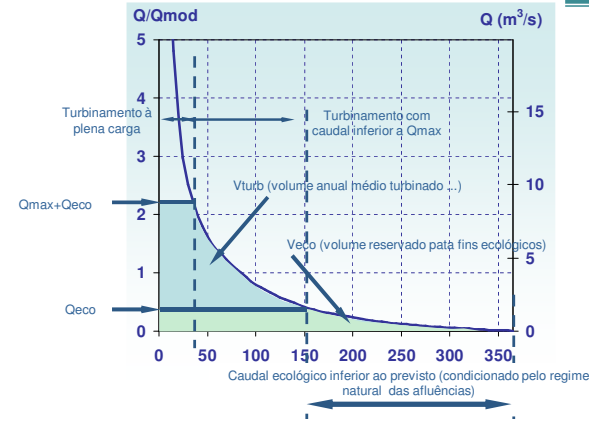
ΔV – Acréscimo de volume susceptível de ser afeto à produção de energia
 ΔQ – acréscimo do caudal máximo derivável

Simulação da exploração diária da central hidroelétrica

Sequência de procedimentos tendo em vista estimar o volume anual médio susceptível de ser turbinado (uma vez fixado o caudal de dimensionamento ou seja, o caudal máximo derivável)

Simulação da exploração diária da central hidroelétrica

		Estação hidrométrica		PCH							
Data		Caudal afluente (m³/s)	Caudal afluente		Caudal ecológico		Caudal turbinado			Caudal sobre o descarregador	
Ano	Dia		Caudal (m³/s)	Volume (dam³)	Caudal (m³/s)	Volume (dam³)	Caudal (m³/s)	Volume (dam³)	Energia produzida (GWh)	Caudal (m³/s)	Volume (dam³)
Valores anuais	1	1									
		2									
		...									
		365									
	Total anual	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2	1										
	2										
	...										
	365										
	Total anual	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3	1										
	2										
	...										
	365										
	Total anual	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
N	1										
	2										
	...										
	365										
	Total anual	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Valores anuais médios (hm³)		--	--	--	--	--	--	--	--	--	

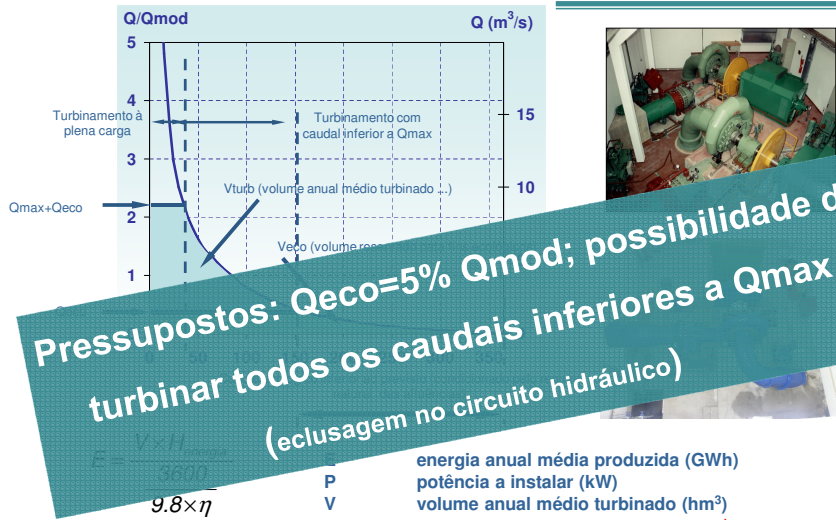


$$E = \frac{V \times H_{\text{energia}}}{3600 \times 9.8 \times \eta}$$

$$P = 9.8 \times \eta \times Q \times H_{\text{potência}}$$

- E energia anual média produzida (GWh)
- P potência a instalar (kW)
- V volume anual médio turbinado (hm³)
- H_{energia} queda útil de cálculo da energia (m)*
- H_{potência} queda útil de cálculo da potência (m)*
- Q caudal máximo derivável (m³/s)
- η rendimento médio global da central hidroelétrica preliminarmente, cerca de 97.5% e 95% de H_{bruta}**

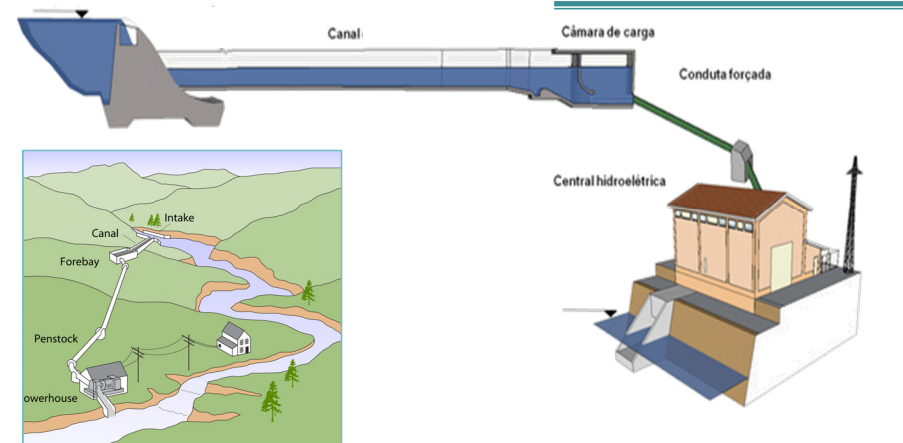
** Característica a deduzir com base na cartografia disponível



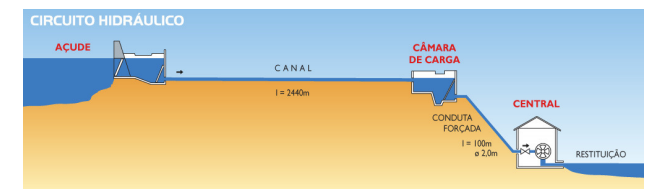
$$P = 9.8 \times \eta \times Q \times H_{\text{potência}}$$

- P energia anual média produzida (GWh)
- P potência a instalar (kW)
- V volume anual médio turbinado (hm³)
- H_{energia} queda útil de cálculo da energia (m)*
- H_{potência} queda útil de cálculo da potência (m)*
- Q caudal máximo derivável (m³/s)
- η rendimento médio global da central hidroelétrica preliminarmente, cerca de 97.5% e 95% de H_{bruta}**

** Característica a deduzir com base na cartografia disponível



Concepção de base



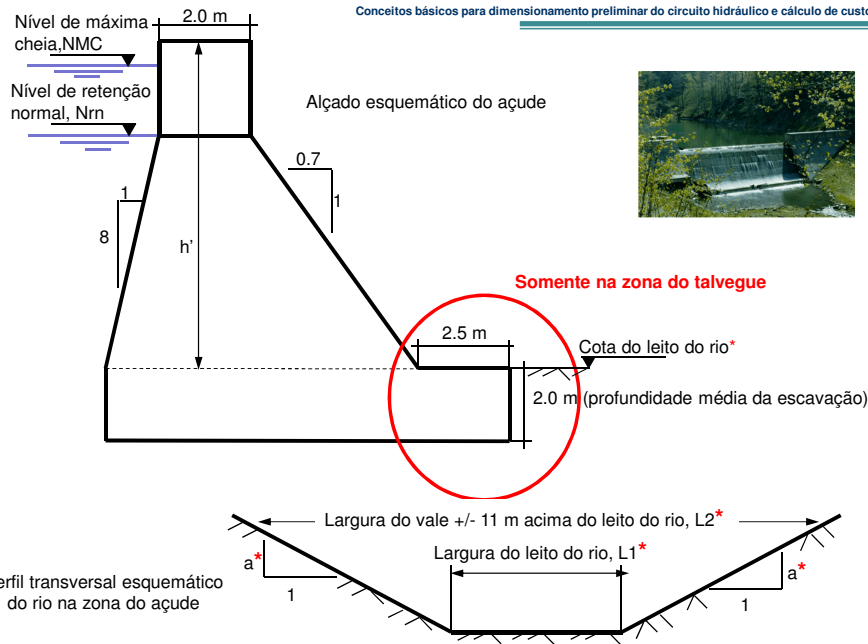


Açude munido de tomada de água do tipo tirolês

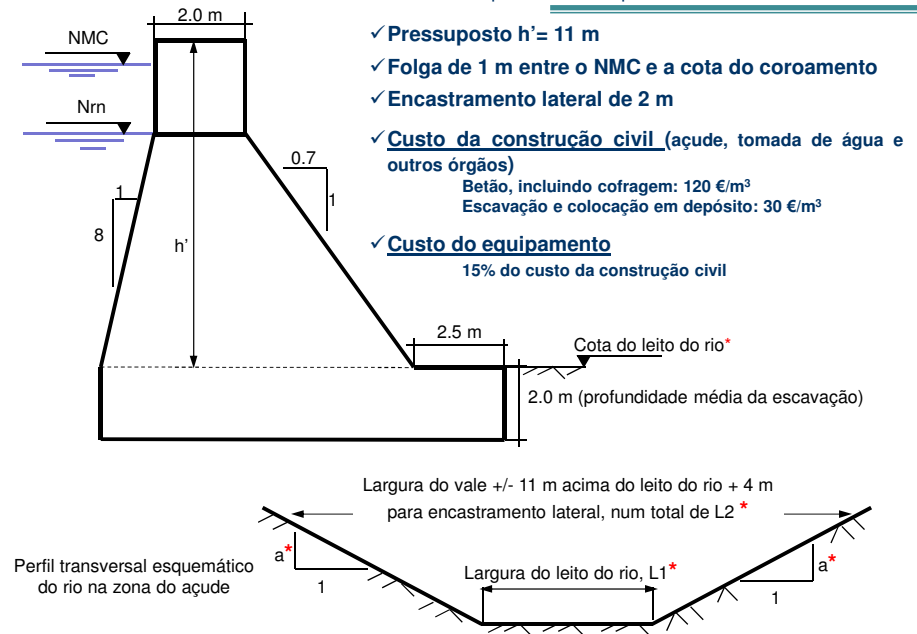


Açude munido de tomada de água do tipo tirolês

Função: (1) criar carga que permita a admissão de caudais ao circuito hidráulico; (2) permitir o posicionamento do trecho inicial do circuito hidráulico acima do nível da cheia de projecto; (3) comportar órgãos anexos, incluindo tomada de água, descarga de fundo dispositivo para lançamento do caudal ecológico e escada de peixes.

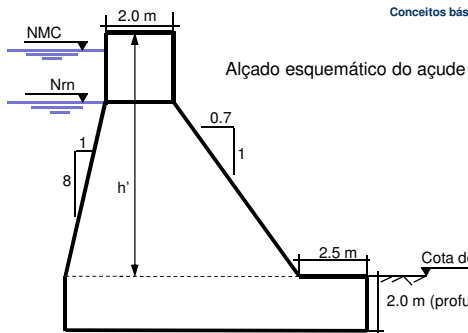


* Característica a deduzir com base na cartografia disponível



* Parâmetros a deduzir com base na cartografia disponível

- ✓ Pressuposto $h' = 11$ m
- ✓ Folga de 1 m entre o NMC e a cota do coroamento
- ✓ Encastramento lateral de 2 m
- ✓ **Custo da construção civil** (açude, tomada de água e outros órgãos)
 Betão, incluindo cofragem: 120 €/m³
 Escavação e colocação em depósito: 30 €/m³
- ✓ **Custo do equipamento**
 15% do custo da construção civil

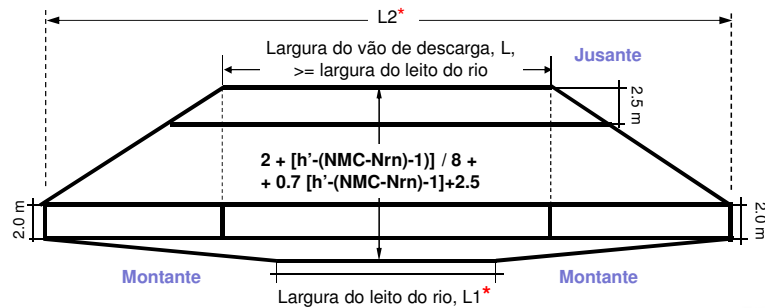


Alçado esquemático do açude

Escavação

* Parâmetros a deduzir com base na cartografia disponível

$$2 + [h' - (NMC - Nrn) - 1] / 8 + 0.7 [h' - (NMC - Nrn) - 1] + 2.5$$



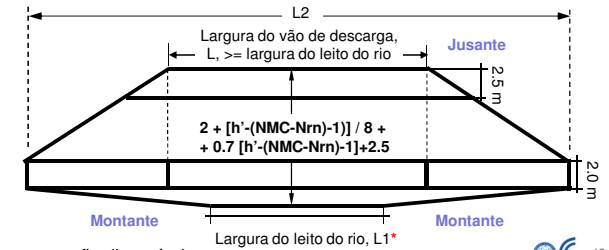
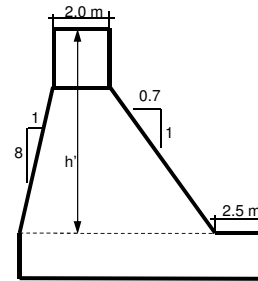
Cálculo da altura de água sobre a soleira descarregadora em condições de cheia

(descarga livre não controlada)

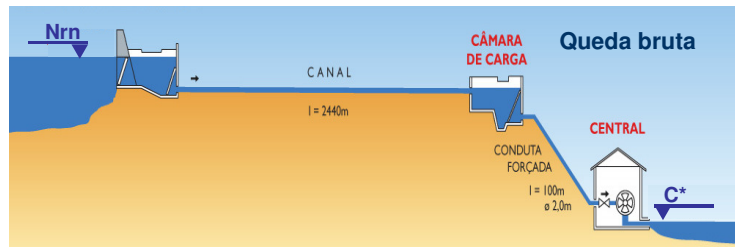
$$Q_p = C L \sqrt{2g} H^{3/2}$$

- Q_p caudal de ponta da cheia centenária (m³/s)
- C coeficiente de vazão (0.48)
- L comprimento da soleira descarregadora (m, L)
- H carga sobre a crista da soleira descarregadora igual à diferença entre os níveis de máxima cheia, NMC, e o nível de retenção normal, Nrn (m)

$$H = NMC - Nrn$$



* Parâmetros a deduzir com base na cartografia disponível



... preliminarmente ...

Nrn: Nível de retenção normal = cota do talvegue na secção de implantação do açude + h' - (NMC - Nrn) - 1 (a cota do coroamento do açude é dada pela cota dos muros de ala laterais, a qual tem de conter uma folga de pelo menos 1 m relativamente ao nível da cheia centenária sobre a soleira do açude)

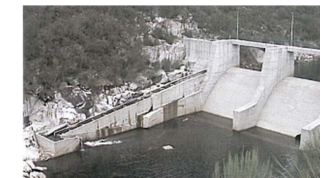


C*: cota da água na secção de restituição da central = cota do leito do rio na secção de restituição + 2 m

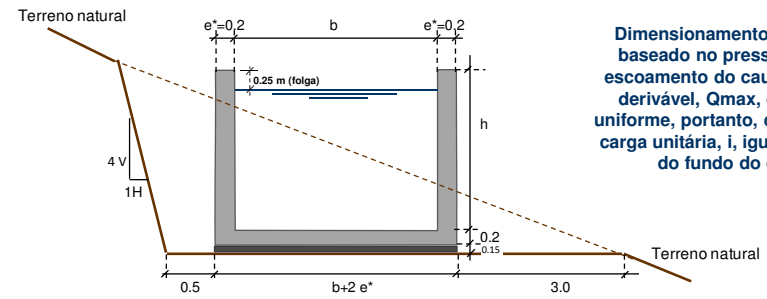
ΔH: queda bruta = Nrn - C*



Passagem para peixes



Canal (adução em superfície livre)



Dimensionamento hidráulico baseado no pressuposto de escoamento do caudal máximo derivável, Q_{max} , em regime uniforme, portanto, com perda de carga unitária, i , igual ao declive do fundo do canal.

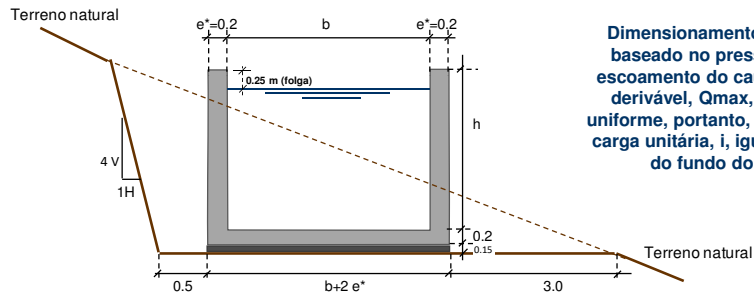
✓ Pressupostos

- Declive do fundo do canal: 1 m/1 km ($i=0.001$)
- Largura mínima do canal (rasto do canal): $b \geq 0.5$ m
- $b/h=1.5$
- Espessura das paredes do canal e da laje de fundo: $e=0.20$ m
- Espessura do betão de regularização sob a laje de fundo: 0.15 m

✓ Fórmula de resistência ao escoamento – Fórmula de Manning-Strickler

$$Q_{max} = K S R^{2/3} i^{1/2} \quad \text{com } R=\text{raio hidráulico} = S/P \quad K \text{ coeficiente (para betão aprox. } 75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

Etapas do dimensionamento



Dimensionamento hidráulico baseado no pressuposto de escoamento do caudal máximo derivável, Q_{max} , em regime uniforme, portanto, com perda de carga unitária, i , igual ao declive do fundo do canal.

✓ Pressupostos

- Declive do fundo do canal: 1 m/1 km ($i=0.001$)
- Largura mínima do canal (rasto do canal): $b \geq 0.5$ m
- $b/h=1.5$
- Espessura das paredes do canal e da laje de fundo: $e=0.20$ m
- Espessura do betão de regularização sob a laje de fundo: 0.15 m

✓ Fórmula de resistência ao escoamento – Fórmula de Manning-Strickler

$$Q_{max} = K S R^{2/3} i^{1/2} \quad \text{com } R=\text{raio hidráulico} = S/P \quad K \text{ coeficiente (para betão aprox. } 75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

✓ Custo da construção civil

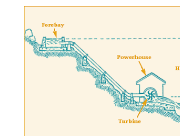
- Betão de regularização: 80 €/m³
- Betão armado: 200 €/m³
- Escavação e colocação em depósito: 30 €/m³
- Cofragem externa: 20 €/m²
- Cofragem interna: 20 €/m²

✓ Custo do equipamento

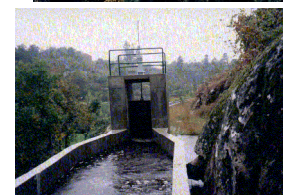
- 5% do custo da construção civil



Canal – rampa de salvamento

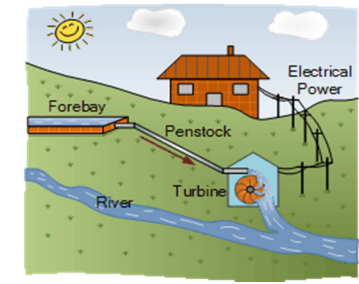
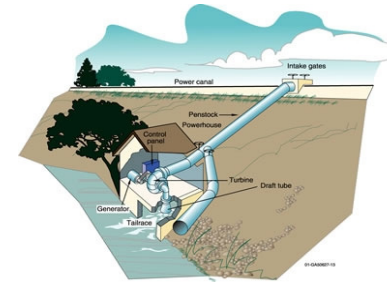


Câmara de carga (custo aprox. - construção civil equivalente a 150 m de canal; equipamento 25% do custo da construção civil)





Conduta forçada em aço (adução em pressão) – instalada ao ar livre apoiada em maciços de apoio e disposta de maciços de amarração nas singularidades em planta e em perfil



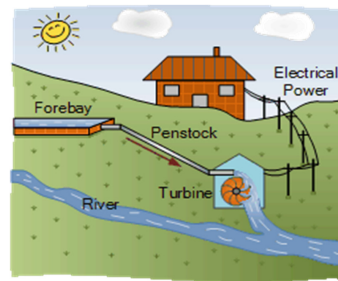
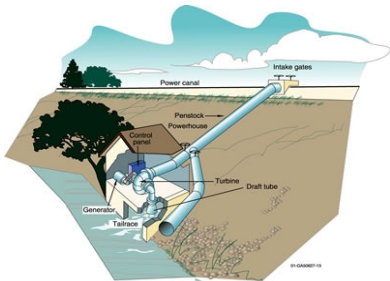
✓ **Pressupostos**

- (dimensionamento resultante de otimização técnico económica tendo em conta mas ...)
- velocidade máxima do escoamento da ordem de 3 m/s
- diâmetros, D, comerciais disponíveis de 50 em 50 mm

✓ **Fórmula de resistência ao escoamento – Fórmula de Manning-Strickler**

$$Q = K S R^{2/3} J^{1/2} \quad S = \pi (D/2)^2 \quad R = D/4 \text{ raio hidráulico} \quad K \text{ coeficiente (para aço aprox. } 90 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

(Nota: analisar a perda de cota do raio do canal adicionada com a perda de carga na conduta forçada para o caudal máximo derivável de modo a não exceder 95% da queda bruta. Relativamente a este limiar, o valor obtido deve de ter em conta ainda uma folga para atender às demais perdas de carga não contabilizadas, incluindo a perda de carga na adução)



✓ **Pressupostos**

- (dimensionamento resultante de otimização técnico económica tendo em conta mas ...)
- velocidade máxima do escoamento da ordem de 3 m/s
- diâmetros, D, comerciais disponíveis de 50 em 50 mm

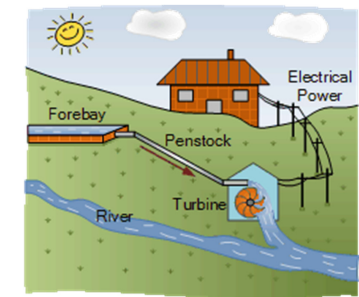
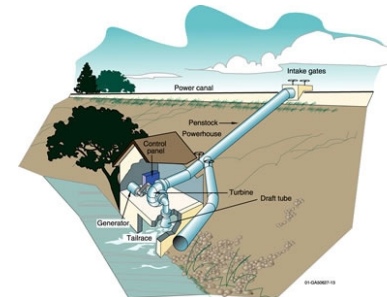
✓ **Fórmula de resistência ao escoamento – Fórmula de Manning-Strickler**

$$Q = K S R^{2/3} J^{1/2} \quad S = \pi (D/2)^2 \quad R = D/4 \text{ raio hidráulico} \quad K \text{ coeficiente (para aço aprox. } 90 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

(Nota: analisar a perda de cota do raio do canal adicionada com a perda de carga na conduta forçada para o caudal máximo derivável de modo a não exceder 95% da queda bruta. Relativamente a este limiar, o valor obtido deve de ter em conta ainda uma folga para atender às demais perdas de carga não contabilizadas, incluindo a perda de carga na adução)

✓ **Espessura da conduta**

$$e(\text{cm}) = \frac{1.5 \times \frac{\Delta h_{bruta}(m)}{10} \times D(m) \times 100}{2400 (kf / \text{cm}^2)} + e_{corrosão}(\text{cm}) \quad (1 \text{ m ca} = 0.1 \text{ kgf/cm}^2)$$

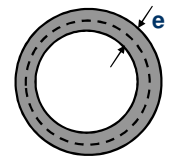


✓ **Peso da conduta**

$$\text{peso (kgf/m)} = \gamma_a (\text{kgf/m}^3) \times 2\pi \times [D(m)/2 + e(m)/2] \times e(m)$$

$$\text{peso (kgf/m)} = \gamma_a (\text{kgf/m}^3) \times \pi \times [D(m) + e(m)] \times e(m)$$

$$\gamma_a = 7800 \text{ kgf/m}^3 \quad (\text{peso específico do aço})$$



✓ **Custo da conduta (equipamento) colocada no local na base de**

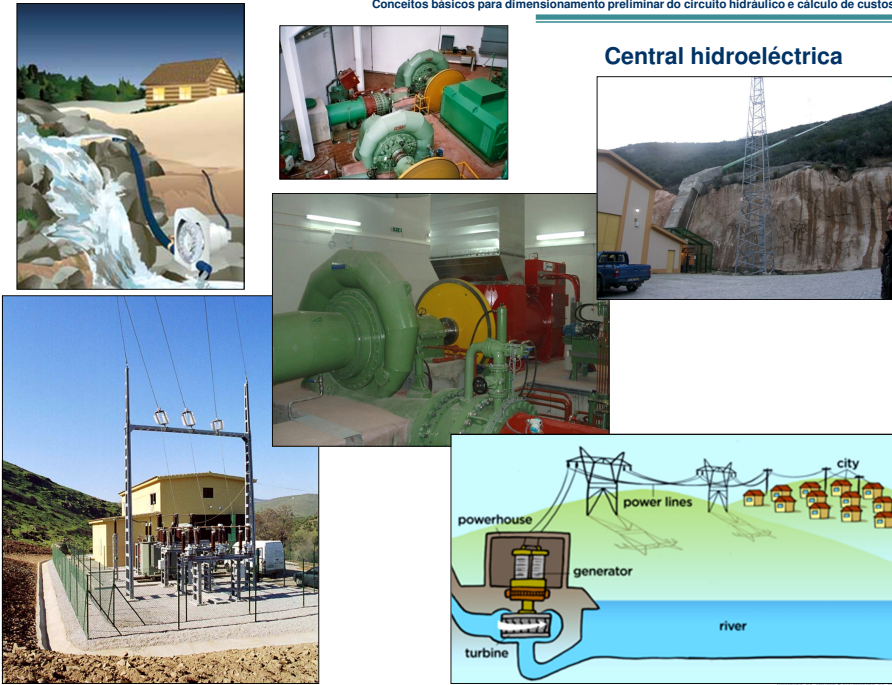
$$- \text{Cu}_{aço} = 6 \text{ €/kgf}$$

✓ **Custo da construção civil por metro linear (maciços de apoio e de amarração)**

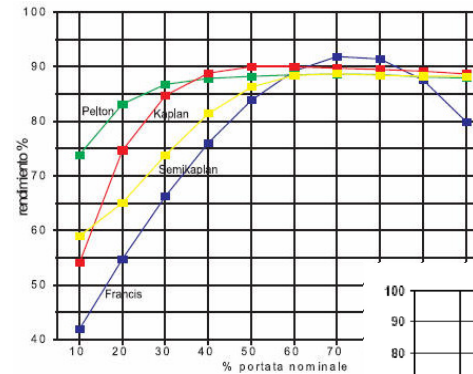
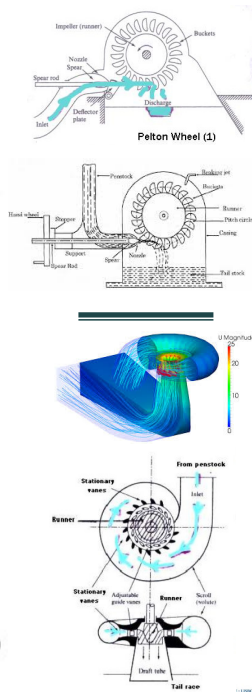
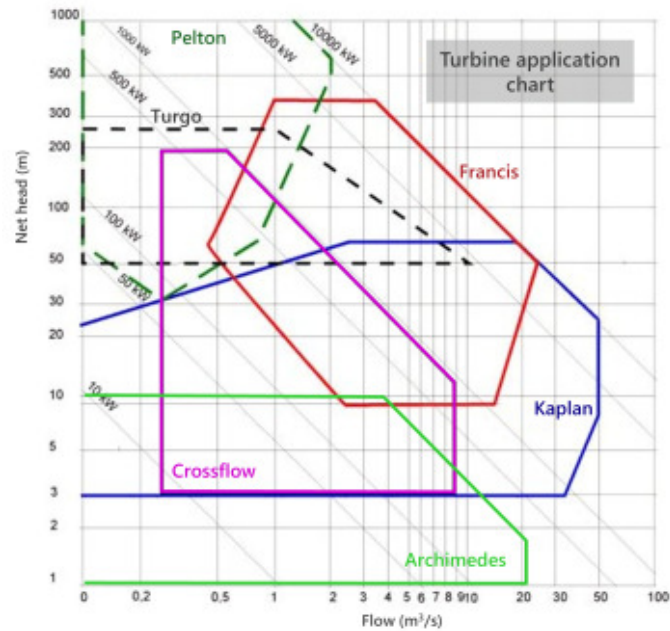
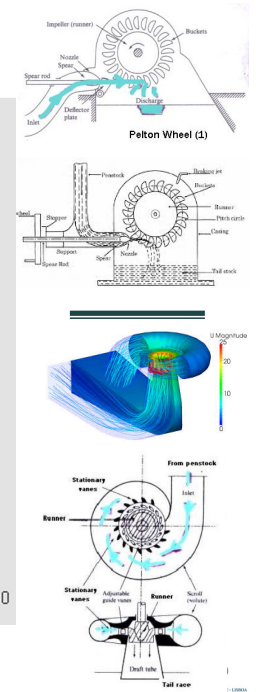
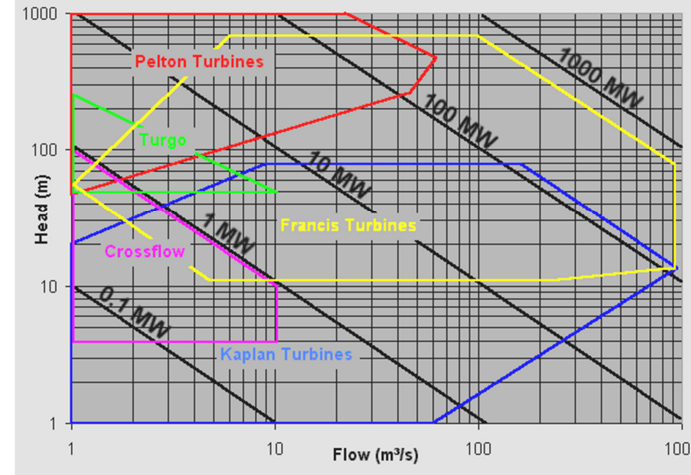
$$- \text{cu} = 300 \text{ €/m}$$

Etapas do dimensionamento e do cálculo de custos (corrigir comprimento)

Central hidroeléctrica

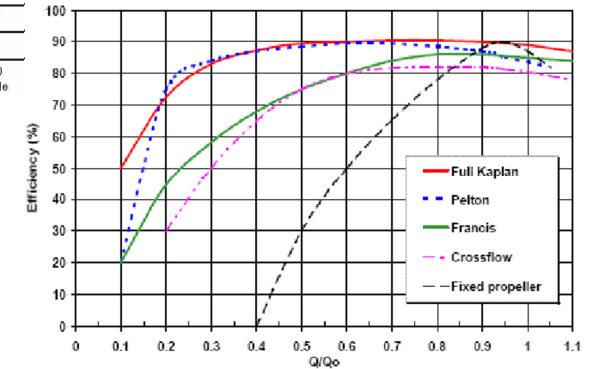


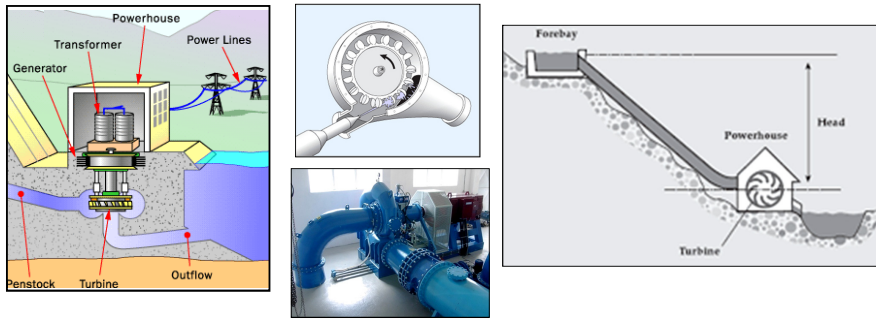
Turbine Application Chart



Curvas de rendimento de diferentes tipos de turbinas

(características dependentes do fabricante)

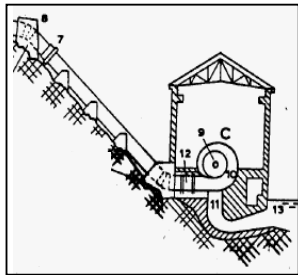




✓ **Custo de uma central hidroeléctrica a céu aberto, incluindo subestação anexa:**

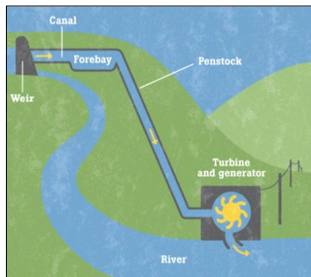
$$ct = K_p P^{0.7} H_{potência}^{-0.35}$$

em que ct (€) é o custo total; K_p um factor igual a 5000000 ou a 4500000, para turbinas do tipo Pelton e do tipo Francis, respectivamente; P (MW) a potência instalada; e $H_{potência}$ (m) a queda de cálculo da potência (m). Do anterior custo total, admite-se que 75% sejam custos dos diferentes equipamentos instalados na central e 25%, custos com a construção civil.



Modo de exploração: exploração em modo dito abandonado, com controlo à distância, mediante sistemas de teletransmissão de informações e de comandos. Acompanhamento de proximidade do funcionamento da central baseado num sistema de mensagens para telemóvel, com indicação de situações anómalas ocorridas que requeiram a deslocação do operador local e, se necessário, de técnicos.

em que ct (€) é o custo total; K_p um factor igual a 5000000 ou a 4500000, para turbinas do tipo Pelton e do tipo Francis, respectivamente; P (MW) a potência instalada; e $H_{potência}$ (m) a queda de cálculo da potência (m). Do anterior custo total, admite-se que 75% sejam custos dos diferentes equipamentos instalados na central e 25%, custos com a construção civil.

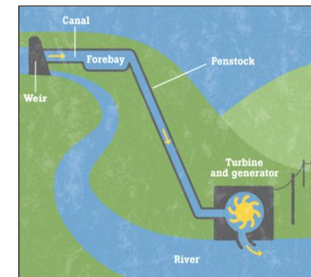


✓ **Outros custos de investimento**

- Estudos e projectos
- Fiscalização
- Ligação à rede eléctrica nacional
- Acessos (obra e exploração)
- Imprevistos, estaleiro, ensecadeiras, desmatamento/desflorestação, desvio provisório
- Aquisição de terrenos

✓ **Custos anuais**

- operação
- manutenção
- administrativos
- de utilização e licenciamento

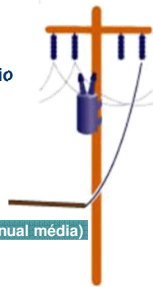


✓ **Outros custos de investimento**

- Estudos e projectos
- Fiscalização
- Ligação à rede eléctrica nacional
- Acessos (obra e exploração)
- Imprevistos, estaleiro, ensecadeiras, desmatamento/desflorestação, desvio provisório
- Aquisição de terrenos

✓ **Custos anuais**

- operação (1.5 x salário mínimo)
- manutenção
- administrativos (3500 €/MW)
- de utilização e licenciamento (1% da receita anual média)



Ligação à rede: 70 €/m + 40000 € para o painel na subestação

Acessos: 1500 €/km

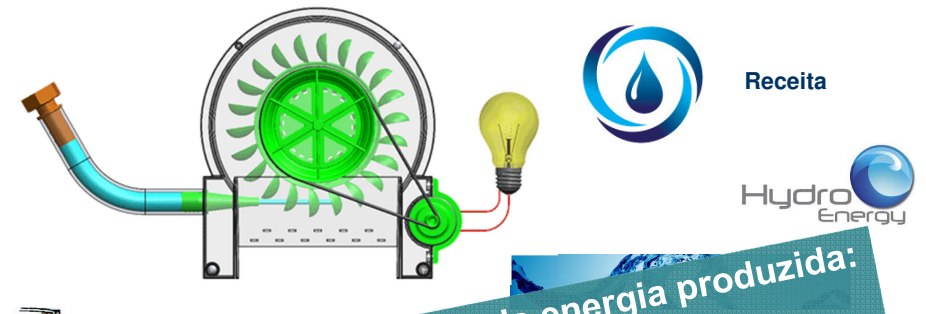
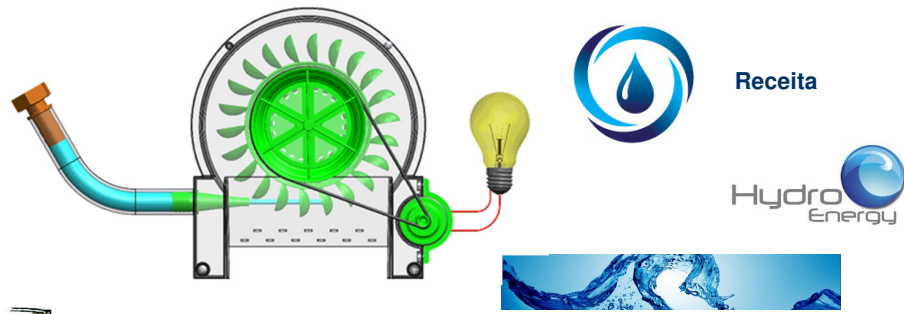


Ensecadeira (coffer dam)

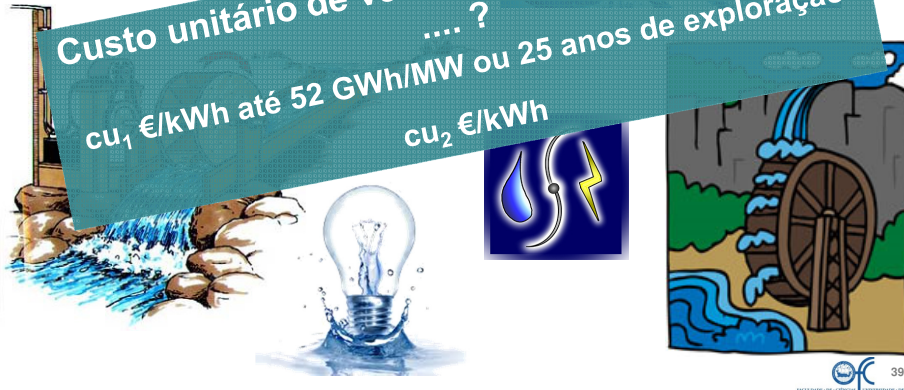


Ensecadeira (coffer dam)





Custo unitário de venda da energia produzida:
 ? €/kWh

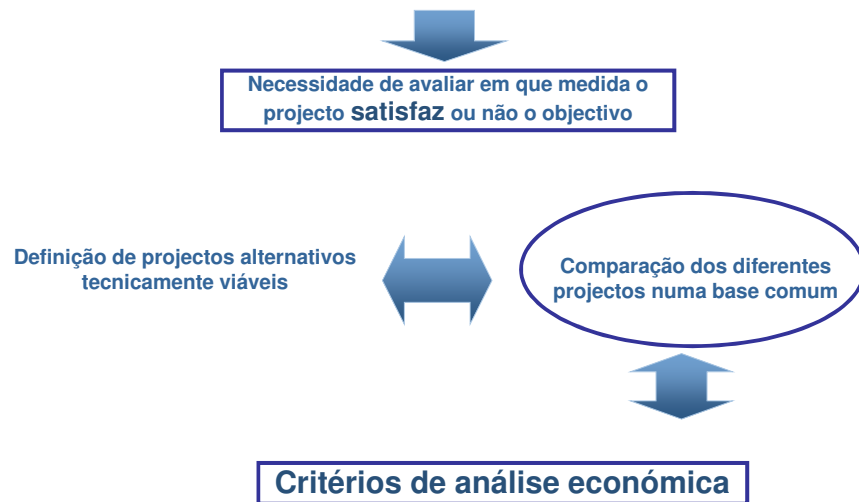


Custo unitário de venda da energia produzida:
 ?
 cu_1 €/kWh até 52 GWh/MW ou 25 anos de exploração
 cu_2 €/kWh

CRITÉRIOS DE ANÁLISE ECONÓMICA

Maria Manuela Portela

Um projecto visa a **satisfação** de um dado objectivo representando, normalmente, **uma das vias possíveis** para satisfazer esse objectivo, vias por vezes concorrentes entre si ou até mutuamente exclusivas



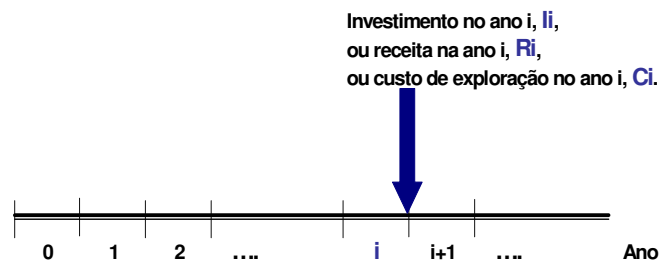
FLUXOS MONETÁRIOS: numa dupla perspectiva: montante e ocorrência ao longo do tempo (calendarização). Quanto mais rigorosas forem as estimativas dos fluxos monetários mobilizados pelo projecto, tanto mais os resultados da análise económica poderão contribuir para a comparação de soluções e para a fundamentação de decisões ou seja, para a identificação, de entre projectos alternativos tecnicamente viáveis, do melhor projecto.

CUSTOS DE INVESTIMENTO, correspondendo, muito frequentemente, a gastos pontuais no tempo; **CUSTOS ANUAIS DE EXPLORAÇÃO, DE MANUTENÇÃO E ADMINISTRATIVOS**, como encargos normalmente anuais; **custos de reposição** dos equipamentos e receitas

SISTEMA DE PREÇOS DE MERCADO CONSTANTES REFERIDOS A UM DADO ANO GERALMENTE O ANO DE INÍCIO DE EXPLORAÇÃO – tal sistema evita, em certa medida, a consideração da inflação admitindo que a mesma afecta de igual modo todas as componentes do projecto.

❖ **PERÍODO DE ANÁLISE:** período de tempo a que se refere a análise económica e para o qual são comparados (em termos económicos) os custos e as receitas tendo em vista apreciar a viabilidade do projecto ou identificar o projecto mais vantajoso (período de vida útil do projecto, horizonte de planeamento, questões relacionadas com o licenciamento...).

Ao longo deste período considera-se que os **fluxos monetários são sempre atribuídos ao fim do ano a que se referem**.



TAXA DE ACTUALIZAÇÃO (*discount rate*)

Os fluxos monetários ocorrem em diferentes instantes: fluxos passados, presentes e futuros que não são directamente comparáveis entre si. A transferência no tempo da possibilidade de dispor de um bem tem a característica de uma troca entre bens diferentes.

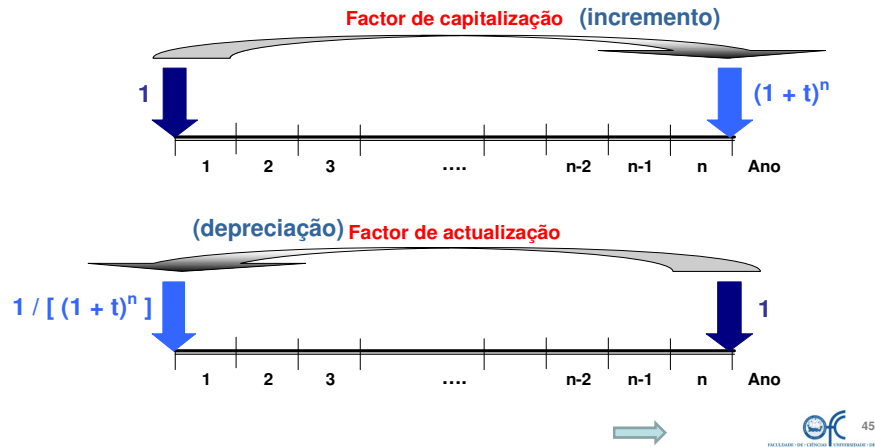
A taxa dessa troca desempenha o papel de uma relação de preço – taxa de actualização anual, t , prevalecente num certo momento (quanto estou disposto a deixar de consumir hoje para consumir no futuro ou quanto não consumirei no futuro por preferir consumir hoje).



Sentido da transferência no tempo do fluxo monetário.

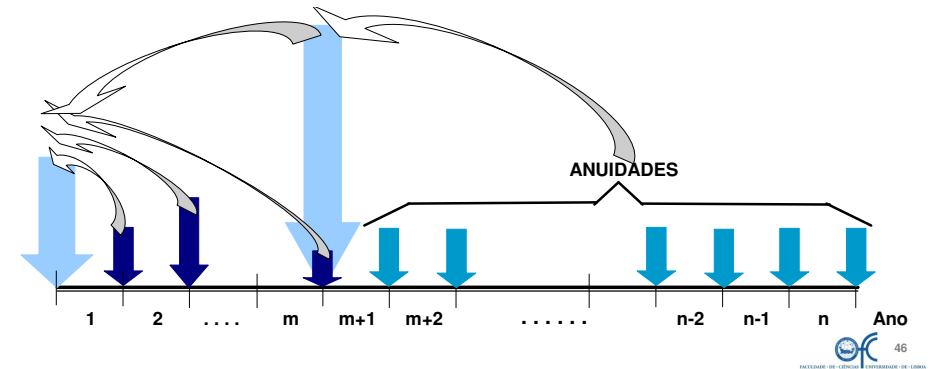


Trocas entre unidades monetárias em diferentes instantes temporais num sistema de preços de mercado constantes (uma unidade monetária de hoje será trocada no ano n por $(1+t)^n$ unidades monetárias; uma unidade monetária no ano n represent hoje $1/(1+t)^n$ unidades.



A taxa de actualização, t , permite calcular o valor que se atribui num dado instante a um fluxo monetário ocorrente num instante diferente.

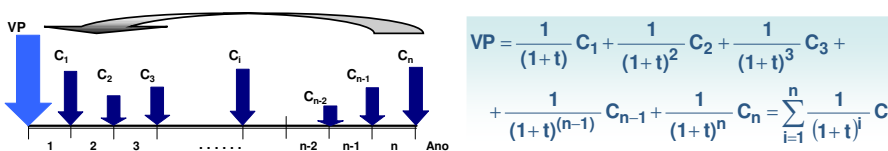
A fixação da taxa de actualização, t , reflecte a escolha entre consumir hoje ou no futuro e tem em conta, entre outros factores, a taxa de juro do mercado, a disponibilidade de capitais, o risco associado ao projecto, a inflação esperada, etc.



Factor de actualização fornece a depreciação sofrida pelos fluxos monetários quando transferidos para o presente.

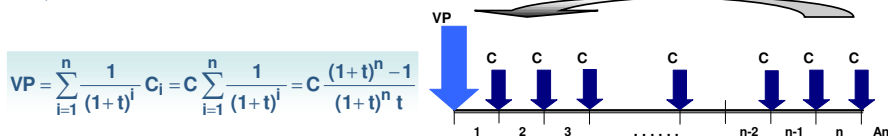
O valor presente, VP, de uma unidade monetária que venha a ocorrer no ano i é dado por $VP = \frac{1}{(1+t)^i} C_i$

O valor presente, VP, de uma sequência de custos C_i designa-se por valor acumulado actualizado para o início do 1º ano sendo dado por:



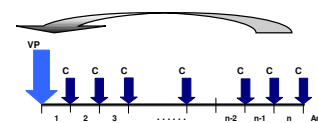
$$VP = \frac{1}{(1+t)} C_1 + \frac{1}{(1+t)^2} C_2 + \frac{1}{(1+t)^3} C_3 + \dots + \frac{1}{(1+t)^{n-1}} C_{n-1} + \frac{1}{(1+t)^n} C_n = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+t)^i} C_i$$

Ou, se os fluxos monetários forem constantes:



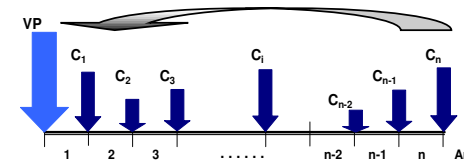
$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+t)^i} C_i = C \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+t)^i} = C \frac{(1+t)^n - 1}{(1+t)^n t}$$

(VP: valor presente ou valor acumulado actualizado para o início do 1º ano)



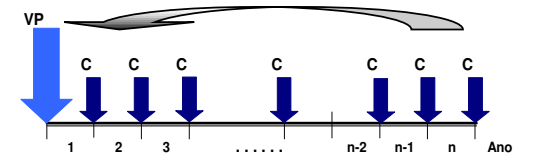
$$\frac{(1+t)^n - 1}{(1+t)^n t}$$

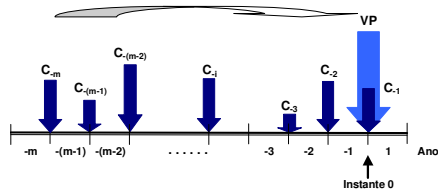
Factor de actualização à taxa t para o começo do período de n anos de uma série uniforme de fluxos monetários (anuidades) ocorrentes no fim de cada ano (present worth factor for uniform series).



Custos ocorrentes no futuro (reposição de equipamentos).

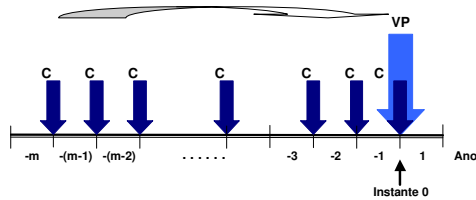
Anuidades ocorrentes no futuro (receita, se avaliada na base da receita anual média).





$$VP = C_{-1} + C_{-2}(1+t) + C_{-3}(1+t)^2 + \dots + C_{-(m-1)}(1+t)^{(m-2)} + C_{-m}(1+t)^{(m-1)} = \sum_{i=1}^m (1+t)^{(i-1)} C_{-i}$$

$$VP = \sum_{i=1}^m (1+t)^{i-1} C_{-i} = C \sum_{i=1}^m (1+t)^{i-1} = C \frac{(1+t)^m - 1}{t}$$



$$\frac{(1+t)^{m-1}}{t}$$

Factor de capitalização à taxa t para o termo do período de m anos de uma série uniforme de fluxos monetários (anuidades) ocorrentes no fim de cada ano.

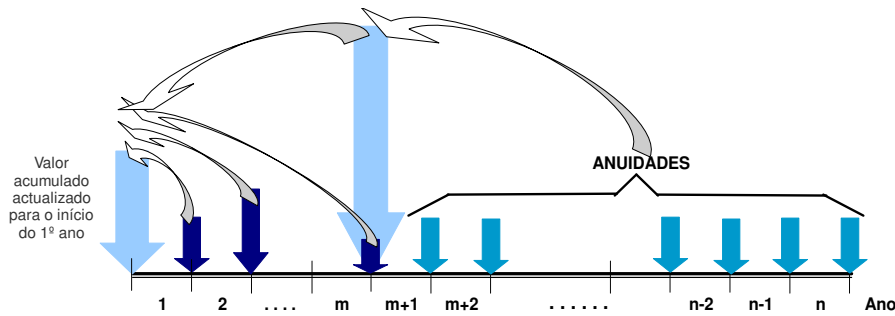
INDICADORES ECONÓMICOS

A apreciação da viabilidade económica de um projecto tecnicamente justificado ou a comparação entre projectos alternativos pode basear-se em indicadores económicos:

- Valor actualizado líquido, VAL;
- Índice benefício/custo, B/C;
- Taxa interna de rentabilidade, TIR;
- Período de recuperação do investimento, T.

NOTAÇÃO:

- n período da análise económica (vida útil do projecto);
- m período de implementação física do projecto (de ocorrência dos investimentos durante os m anos iniciais);
- $(n-m)$ período com receitas e encargos anuais;
- t taxa de actualização;
- I_i custo de investimento no ano i ;
- O_i custo de operação e de manutenção no ano i ;
- R_i receita no ano i ;
- S_i custo de reposição no ano i ;
- Sistema de preços de mercado constantes.



VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO, VAL (NET PRESENT VALUE)

O VAL representa a soma acumulada actualizada dos benefícios esperados deduzidos dos custos esperados, uns e outros durante o período de vida do projecto:

$$VAL = R - I - O - S$$

Se o VAL é negativo, o projecto deve ser rejeitado pois o valor actualizado dos benefícios não compensará o valor actualizado dos custos. Admitindo que não existem restrições à disponibilidade inicial de capital, de entre projectos alternativos com VAL positivo deve ser escolhido o que apresentar maior VAL.

$$I = \sum_{i=1}^m \frac{1}{(1+t)^i} I_i$$

Investimentos

$$O = \sum_{i=1}^{n-m} \frac{1}{(1+t)^i} O_i$$

Custos de operação e de manutenção

$$S = \frac{S_i}{(1+t)^i}$$

Custo de reposição

$$R = \sum_{i=1}^{n-m} \frac{1}{(1+t)^i} R_i$$

Receitas

VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO, VAL (NET PRESENT VALUE)

O VAL representa a soma acumulada actualizada dos benefícios esperados deduzidos dos custos esperados, uns e outros durante o período de vida do projecto:

$$VAL = R - I - O - S$$

Se o VAL é negativo, o projecto deve ser rejeitado pois o valor actualizado dos benefícios não compensará o valor actualizado dos custos. Admitindo que não existem restrições à disponibilidade inicial de capital, de entre projectos alternativos com VAL positivo deve ser escolhido o que apresentar maior VAL.

ÍNDICE BENEFÍCIO/CUSTO, B/C
(*BENEFIT/COST RATIO*)

O B/C representa o valor presente da “riqueza” gerada pelo projecto por unidade de “recurso actualizado utilizado”:

$$B/C = \frac{R - O}{I + S} \quad \text{ou} \quad B/C = \frac{R}{I + S + O}$$

A primeira defini o   mais coerente uma vez que agrega os fluxos monetários anuais ocorrentes durante a vida útil do projecto.

Se B/C   menor do que 1 o projecto não apresenta viabilidade. Se B/C   igual a 1 o projecto tem um interesse marginal e se   maior do que 1 o projecto   economicamente viável, sendo tanto mais viável quanto maior for B/C.

Um valor unitário de B/C conduz a um VAL igual a zero.

TAXA INTERNA DE RENTABILIDADE, TIR
(*INTERNAL RATE OF RETURN*)

A TIR   definida como sendo a taxa de actualiza o que torna o VAL nulo.

$$VAL = \frac{\sum_{i=1}^{n-m} \frac{1}{(1+TIR)^i} (R_i - O_i)}{(1+TIR)^m} - \sum_{i=1}^m \frac{1}{(1+TIR)^i} I_i - \frac{S_i}{(1+TIR)^i} = 0$$

  determinada de modo iterativo.

Se a taxa de actualiza o for igual   TIR, o VAL torna-se nulo e o B/C, unitário.

De entre projectos alternativos com diferentes TIR, o projecto mais vantajoso   o que apresentar maior TIR, sendo economicamente viável se tal taxa superar a taxa de actualiza o, t.

PERÍODO DE RECUPERA O DO INVESTIMENTO, T
(*PAYBACK PERIOD*)

O período de recupera o do investimento, T,   determinado com base no *cash-flow* acumulado actualizado e representa o número de anos até que os benefícios se compensem os custos, uns e outros acumulados actualizados. De entre projectos alternativos com diferentes T o mais vantajoso   o que apresentar menor T.

Cash-flow
acumulado
actualizado

(cumulative
discounted cash
flow ... cash
flow expressed
in terms of
cumulative
present values)

ANO	INVESTI- MENTO	CUSTO ANUAL	RECEITA ANUAL	VALOR ACTUALIZADO	CASH-FLOW ACUMULADO ACTUALIZADO
-�	I _{-�}	0	0	VP _{-�} = I _{-�} (1+t) ^(�-1)	VP _{-�}
-�	I _{-�}	0	0	VP _{-�} = I _{-�} (1+t) ^(�-1)	VP _{-�} + PVP _{-�}
...
-�	I _{-�}	0	0	VP _{-�} = I _{-�} (1+t) ^(�-1)	VP _{-�} + PVP _{-�} + VP _{-�}
...
-1	I ₋₁	O ₋₁	R ₋₁	VP ₋₁ = I ₋₁ + O ₋₁ + R ₋₁	...
1	I ₁	O ₁	R ₁	VP ₁ = (I ₁ + O ₁ + R ₁) $\frac{1}{1+t}$	...
2	...	O ₂	R ₂	...	...
...
p	...	...	...	...	< 0
q	...	...	...	...	> 0
...
n-1	I _{n-1}	O _{n-1}	R _{n-1}	VP _{n-1} = (I _{n-1} + O _{n-1} + R _{n-1}) $\frac{1}{(1+t)^{(n-1)}}$	...
n	...	O _n	R _n	...	$\sum_{i=-�}^n VP_i$

Critérios de análise económica

NATUREZA DOS TRABALHOS	Anos						DADOS GERAIS
	ANO -2	ANO -1	ANO 1	ANO 19	ANO 24	ANO 35	
CUSTOS DE INVESTIMENTO (€)							Período análise (anos) 35 Valor do kWh (€/kWh) Potência instalada (MW) Caudal máximo turbineável (m³/s) Queda bruta (m) Energia anual média (GWh)
1 - ESTUDOS E PROJECTOS (4.0% de 3+4+5)	(27)	(17)	--	--	--	--	ANÁLISE ECONÓMICA
2 - FISCALIZAÇÃO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA (3.5% de 3+4+5)	(19)	(45)	--	--	--	--	
3 - CONSTRUÇÃO CIVIL	(17)	(27)	--	--	--	--	
3.1 - Ajuda e obras civis	--	--	--	--	--	--	
3.2 - Canal (p=100 m, cu=100 €/m)	--	--	--	--	--	--	
3.3 - Câmara de carga (equivalente a 150 m de canal)	--	--	--	--	--	--	
3.4 - Conduta forçada (p=100 m, p=100 mm, cu=100 €/m)	--	--	--	--	--	--	
3.5 - Central hidroeléctrica (K=100)	--	--	--	--	--	--	
4 - EQUIPAMENTO	(19)	(45)	--	--	--	--	
4.1 - Ajuda e obras civis (15% de 3.1)	--	--	--	--	--	--	
4.2 - Canal (5% de 3.2)	--	--	--	--	--	--	
4.3 - Câmara de carga (25% de 3.3)	--	--	--	--	--	--	
4.4 - Conduta forçada (p=100 m, p=100 mm, cu=100 €/m)	--	--	--	--	--	--	
4.5 - Central hidroeléctrica (K=100)	--	--	--	--	--	--	
5 - LIGAÇÃO À REDE ELÉCTRICA NACIONAL (p=100 m, cu=70 €/m, 6500€ subestação)	--	(19)	--	--	--	--	Taxa de actualização (%) 4 6 8 VAL (€) B/C (-) Período recuperação (anos)
6 - ACESSOS (p=100 m, cu=15000 €/km)	(27)	(17)	--	--	--	--	Índice do ano CASHFLOW ACUMULADO DE DESCOTADO
7 - ESTALEIRO, ENSECADEIRAS E IMPREVISTOS (12.5% de 3)	(27)	(17)	--	--	--	--	-2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35
7 - AQUISIÇÃO DE TERRENOS (3.0% de 3 + 4 + 5)	(17)	(27)	--	--	--	--	
TOTAL DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO							
NATUREZA DOS TRABALHOS	Anos						
	ANO -2	ANO -1	ANO 1	ANO 19	ANO 24	ANO 35	
CUSTOS DE EXPLORAÇÃO (€)							
1 - OPERAÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO							
1.1 - Custos de operação (1.5% salário mínimo)	--	--	--	--	--	--	
1.2 - Conservação/manutenção construção civil (0.5% de 3.1)	--	--	--	--	--	--	
1.3 - Conservação/manutenção equipamento (1.5% de 4.1)	--	--	--	--	--	--	
2 - CUSTOS ADMINISTRATIVOS (500 €/MWh)	--	--	--	--	--	--	
3 - ENCARGOS DE UTILIZAÇÃO E LICENCIAMENTO (1.0% de receita anual média)	--	--	--	--	--	--	
TOTAL DOS CUSTOS DE EXPLORAÇÃO							
RECEITAS (€)							
1 - PRODUÇÃO DE ENERGIA							
1.1 - Produção anual média (GWh)	--	--	--	--	--	--	
1.2 - Valor de kWh (€/kWh)	--	--	--	--	--	--	
1.3 - Valor produção anual média (€)	--	--	--	--	--	--	



Maria Manuela Portela