

Análise Técnico-Económica na Aplicação de Grupo Hidrogerador em Conduatas de Adução

M.M. Correia e J.P.S. Catalão

Departamento de Engenharia Electromecânica

Universidade da Beira Interior

Calçada Fonte do Lameiro – Covilhã

Telf: +351 275 329 914; fax: +351 275 329 972;

e-mail: mcorreia@adzc.adp.pt; catalao@ubi.pt

Resumo — Nesta comunicação é apresentada uma análise técnica e económica de implementação de um grupo gerador num sistema adutor de abastecimento de água. A promoção e a utilização de fontes de energia renováveis para a produção de energia surgem como necessidade de garantir um desenvolvimento sustentável para a sociedade actual e futura. Sendo tecnicamente viável a implementação de grupos hidrogeradores em conduatas adutoras, esta solução só se torna interessante se economicamente viável.

1. Introdução

No actual cenário do sector energético a ampla utilização de fontes de energia não renováveis e o elevado consumo de energia que se regista, evidenciam a forte dependência energética política e económica dos países industrializados face aos países produtores de petróleo.

Portugal é um dos países da União Europeia com maior potencial hídrico por explorar e maior dependência energética do exterior.

Como fonte de energia renovável, as pequenas centrais hidroeléctricas podem contribuir para a mitigação das alterações climáticas, não produzindo emissões de gases que produzem o efeito de estufa pois não implicam qualquer combustão, logo não libertam qualquer óxido para a atmosfera, em particular, dióxido de carbono, principal gás responsável pelo aquecimento global. Ao contrário dos combustíveis fósseis que são finitos e em que a dependência dos mesmos seja um problema quando acabarem, as pequenas centrais hidroeléctricas apresentam-se como fonte de energia inesgotável.

Os sistemas adutores possuem excesso de energia devido, entre outros factores, ao seu perfil altimétrico, sendo necessário actuar em vários campos de forma a dissipar esse excesso. Neste sentido, torna-se útil o estudo da implementação de grupos hidrogeradores de forma a aproveitar essa energia disponível que é prejudicial para o bom funcionamento do sistema.

Quando numa rede de distribuição a pressão estática ultrapassa o máximo regulamentar, ou quando nas conduatas se pretende reduzir o valor da pressão, nomeadamente por razões de ordem construtiva, qualidade das tubagens, elementos de ligação e acessórios, é

necessária a aplicação de dispositivos redutores de pressão. Nesta circunstância é usual recorrer-se à aplicação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).

As VRP, do ponto de vista hidráulico, são dispositivos que originam uma perda de carga localizada, dissipando através do corpo da válvula a energia contida no fluido [1].

2. Situação Energética

As alterações climáticas devidas às emissões de CO₂ são o principal desafio ambiental que a comunidade internacional enfrenta. Por outro lado, as recentes catástrofes naturais, bem como o aumento dos preços da energia, têm obrigado a uma crescente atenção sobre esta problemática em todo o planeta.

As fontes de energia ditas limpas não só apresentam melhorias para o ambiente, mas também oferecem vantagens de natureza estratégica e sócio-económica em relação às energias convencionais.

A. Situação Energética no Mundo

O crescimento global na história recente, especialmente nas economias emergentes como a China ou a Índia, foi muito maior do que o antecipado, colocando-se a questão da disponibilidade de energia nas prioridades da agenda mundial. Olhando para o futuro, os especialistas concordam que mais energia primária irá ser necessária até 2020 e prevêem a duplicação da procura de energia a nível mundial até 2050.

B. Situação Energética na Europa

A segurança do abastecimento energético não visa unicamente a auto-suficiência ou minimizar a dependência, mas sim reduzir os riscos associados a essa dependência. A Fig. 1 é representativa da dependência energética do exterior, em 2006, de alguns países.

As energias renováveis podem solucionar muitos dos problemas ambientais, tais como as alterações climáticas, resíduos radioactivos, chuvas ácidas e a contaminação atmosférica. No entanto, as fontes de energia limpas não só apresentam melhorias para o ambiente, bem como oferecem vantagens de natureza estratégica e sócio-económica em relação às energias convencionais.

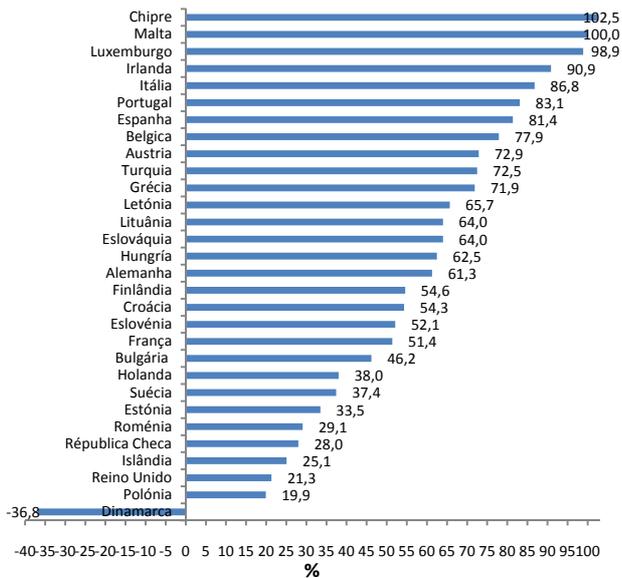


Fig. 1. Dependência energética do exterior, em 2006 [2]

C. Situação Energética em Portugal

Nas Figs. 2 e 3 apresentam-se os gráficos da evolução da potência instalada e da produção de energia eléctrica em Portugal.

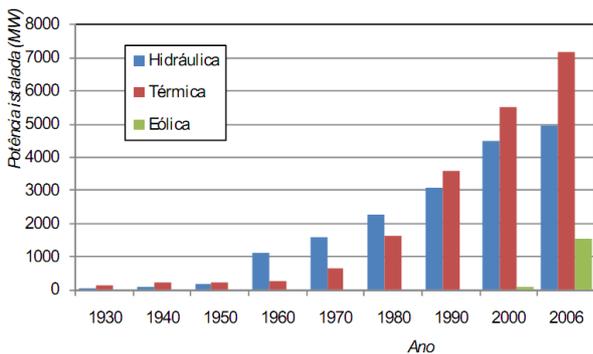


Fig. 2. Evolução da potência instalada em Portugal [3]

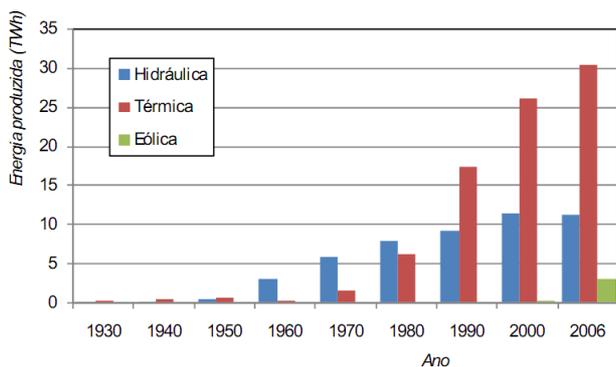


Fig. 3. Evolução da produção eléctrica em Portugal [3]

É na década actual que se dá um arranque efectivo na instalação de parques eólicos com o fim de aumentar de forma sustentada a produção de energia eléctrica, aumentando em muito a cota de potência instalada de energia renovável em Portugal. A Fig. 4 apresenta a potência renovável instalada em Portugal em 2008, sendo de realçar o pequeno contributo, mas de facto existente, da potência instalada em Pequenas Centrais Hídricas (PCH).

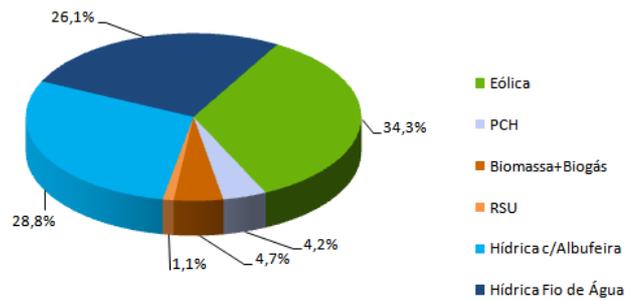


Fig. 4. Potência renovável instalada em 2008 [4]

3. Sistemas de Energia Hídrica

A. Aproveitamentos Hidroeléctricos em Portugal

As PCH surgem como uma excelente alternativa para as fontes convencionais de electricidade, não só na Europa, mas também para os países em vias de desenvolvimento.

As PCH são capazes de gerar energia mecânica ou eléctrica através da conversão da energia disponível no escoamento de água dos rios, canais, condutas e riachos.

A abordagem às pequenas centrais é importante, uma vez que as grandes hídricas são um tema bastante mais explorado. No entanto, as PCH possuem um enorme potencial ainda por explorar, e que assim poderão contribuir no futuro de forma significativa para a produção de energia eléctrica.

A potência instalada em PCH teve um crescimento de 28 % entre os anos de 2000 e 2006, tendo este crescimento estabilizado nos anos 2006 e 2007, para voltar a aumentar fortemente no ano de 2008, como mostra a Fig. 5.

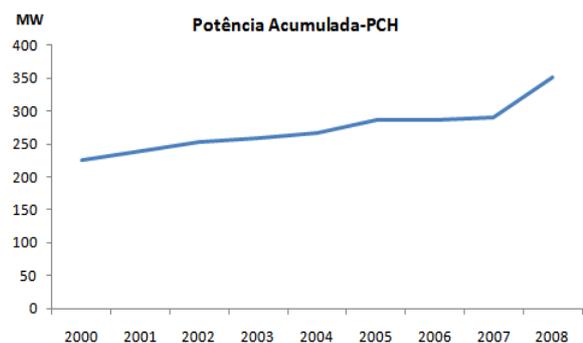


Fig. 5. Evolução da potência instalada em pequenas centrais hídricas [4]

B. Classificação das Centrais Mini-Hídricas

Em Portugal generalizou-se a designação de Central Mini-Hídrica (CMH) para aproveitamentos hidroeléctricos de potência inferior a 10 MW.

As mini-hídricas classificam-se em função da potência eléctrica instalada de acordo com a Tabela I.

As mini-hídricas classificam-se também em função da altura da queda de água, Tabela II.

TABELA I
CLASSIFICAÇÃO DAS CMH QUANTO À POTÊNCIA ELÉCTRICA INSTALADA

Designação	Pi [MW]
Pequena central hidroeléctrica	< 10
Mini central hidroeléctrica	< 2
Micro central hidroeléctrica	< 0,5
Pico central hidroeléctrica	< 0,05

TABELA II
CLASSIFICAÇÃO DAS CMH QUANTO À ALTURA DA QUEDA DE ÁGUA

Designação	Hb [m]
Queda baixa	2-20
Queda média	20-150
Queda alta	> 150

Para além destas classificações, também existe a necessidade de classificar as CMH no que diz respeito à sua capacidade de regularizar o caudal, em que temos:

- Central com regularização, quando possuem uma albufeira que lhes permite adaptar o caudal afluente (Fig. 6);
- Centrais a fio de água, quando não têm capacidade de regularizar o caudal, pelo que o caudal utilizável é o caudal instantâneo do rio (Fig. 7).



Fig. 6. CMH com regularização de caudal [5]



Fig. 7. CMH a fio de água [5]

As CMH são, regra geral, centrais a fio de água. Os principais elementos que constituem uma CMH estão ilustrados na Fig. 8.

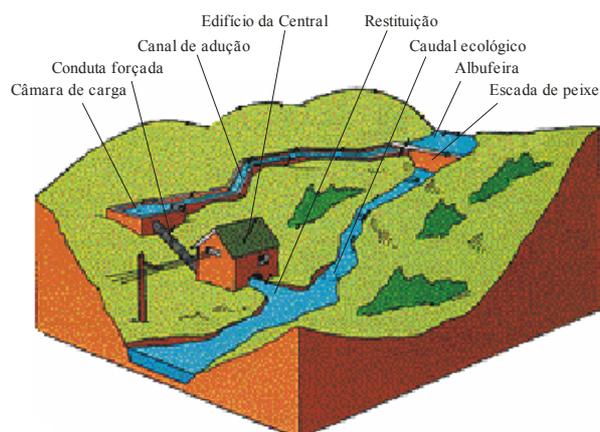


Fig. 8. Principais elementos que constituem uma CMH [5]

4. Análise Técnico-Económica Relativa à Aplicação de um Grupo Hidrogerador em Conduitas de Adução

A. Aplicação de Grupo Hidrogerador em Conduitas de Adução

Os sistemas adutores e/ou de distribuição de água, bem como os sistemas de drenagem com energia ou carga hidráulica em excesso, necessitam de efectuar um controlo da pressão devido a factores de ordem económica bem como por motivos de segurança dos equipamentos constituintes dos sistemas e segurança de pessoas.

Para a regularização ou controlo da pressão no interior de conduitas ou sistemas hidráulicos recorre-se à divisão da rede em zonas por patamares de pressão através de câmaras de perdas de carga ou válvulas reductoras de pressão, onde a energia hidráulica em excesso é dissipada ou totalmente perdida. Esta energia pode e deve ser aproveitada, para produzir energia eléctrica através de um hidrogerador.

A implementação destes aproveitamentos carece de um ou mais investidores, que têm como objectivo prioritário majorar os benefícios e minorar os custos do empreendimento. Por outro lado a entidade responsável pelo planeamento do sistema electroprodutor nacional tem como objectivo garantir a satisfação dos consumos impostos pelas redes. Estas duas perspectivas levam a visões distintas na questão da realização e exploração de aproveitamentos hidroeléctricos, conduzindo a aproveitamentos capazes de satisfazer duas ordens distintas de funções que fundamentarão diferentes critérios de dimensionamento.

B. Enquadramento do Troço da Conduita Adutora em Análise

É objecto de análise neste trabalho o Troço B da conduita adutora principal assinalado na Fig. 9.

Este troço é composto por uma conduta principal que se estende ao longo de 25 km entre a ETA do Sabugal e o reservatório de Santo Antão em Belmonte. Desta conduta derivam o ramal de Cabeça Calva para abastecimento da totalidade do concelho de Penamacor (troço não executado), o ramal de Sortelha - Bendada com cerca de 7,3 km, o ramal de Vale da Senhora da Póvoa, com 2,0 km de extensão, e os pequenos ramais que alimentam os reservatórios de Moita e de Casteleiro.



Fig. 9. Localização do troço B na conduta principal do subsistema de abastecimento de água do Sabugal - Meimoa - Belmonte [6]

O troço B começa no km 4 + 000 onde existe o ponto de entrega ao reservatório de Santo Estevão, à cota 750 m. Ao km 6 + 100 foi instalada uma Câmara de Perda de Carga (CPC) à cota 730,5 m de forma a fazer uma redução de 165 m na pressão estática a jusante. O troço B termina junto da povoação do Terreiro das Bruxas, ao km 7 + 704.

C. Energia Eléctrica Produzível

Para se proceder à análise da produção de energia eléctrica na CPC do troço B, consideraram-se os seguintes dados:

- Caudal máximo: 27,9 l/s;
- Altura da queda bruta: 163 m;
- Altura útil: 115 m.

Para análise dos caudais procedeu-se à medição e registo, do caudal no troço B, ao longo do dia (de 2 em 2 horas) no período compreendido entre 21-01-2008 e 20-01-2009, com estes elementos foi possível caracterizar a curva de consumos, Fig. 10.

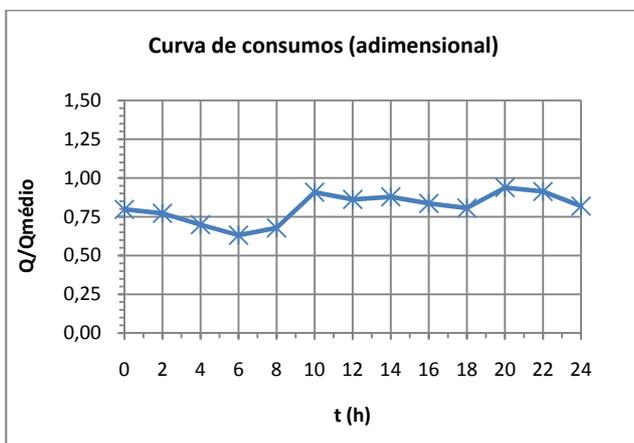


Fig. 10. Curva de consumos diários no troço B

Procedeu-se ao cálculo do caudal mensal durante o ano de 2008, Fig. 11, e à curva dos caudais cronológicos, Fig. 12.

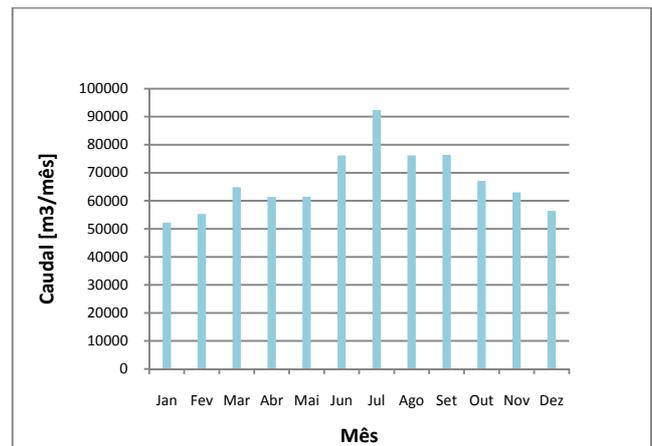


Fig. 11. Caudal mensal no troço B ao longo do ano de 2008

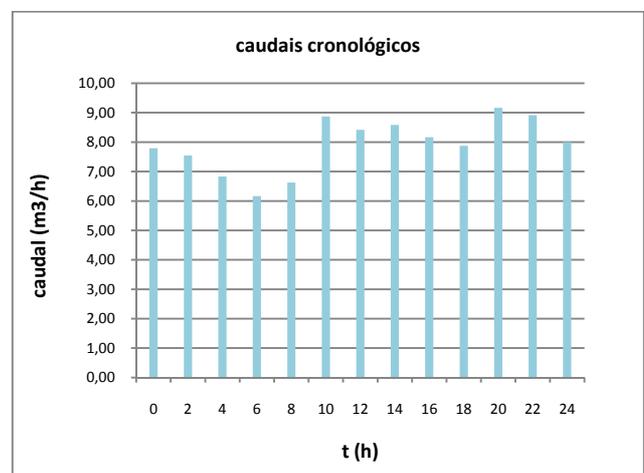


Fig. 12. Curva dos caudais cronológicos

Para o troço B em análise obtém-se os seguintes dados:

- Queda útil (m): 115 m;
- Caudal médio diário (m³/s): 0,026;
- Caudal máximo diário (m³/s): 0,039;
- Caudal mínimo diário (m³/s): 0,017;
- Potência média (kW): 21.

Tendo por base estes dados, foi realizada uma consulta de mercado para o aproveitamento em análise, tendo sido contactados dois fornecedores para dois cenários distintos:

- Cenário 1 - Instalação com bomba a funcionar como turbina;
- Cenário 2 - Instalação a funcionar com turbina.

Foi contactada a empresa KSB solicitando-se uma solução para o cenário 1 em análise, assim como o custo a ele associado. A KSB respondeu que teria de fazer uma análise e dimensionamento específico para o aproveitamento em causa, não tendo apresentado proposta em tempo útil.

Em Janeiro do presente ano a KSB começou a fabricar sistemas completos de produção e recuperação de energia, utilizando as Bombas Funcionando como Turbinas (BFT).

Para estes sistemas, a KSB utiliza actualmente os seus modelos Etanorm (horizontal, monocelular), Multitec (horizontal, multicelular, secção anelar), Omega ou RDLO (ambas de voluta bi-partida axialmente). Estes sistemas são muito mais compactos e competitivos que as turbinas, atingindo alturas manométricas de 1,5 a 300 metros coluna de água (m.c.a.) e caudais entre 10 e 5.000 l/s.

O recente aumento do custo da energia provocou uma “corrida” a este tipo de centrais de energia eléctrica de pequena dimensão. No passado este tipo de aproveitamento era impossível, devido ao exagerado custo das turbinas que tornavam economicamente inviável a utilização de cursos de água relativamente pequenos para produção de energia eléctrica.

Para conseguir manter a frequência da rede (50 Hz), apesar das flutuações na altura manométrica, os especialistas tendem a utilizar by-pass, válvulas de controlo, funcionamento em cascata ou geradores comandados pela frequência. Estes sistemas, que recorrem a bombas que já provaram o seu valor em inúmeras aplicações, atingem rendimentos até 88%, dependendo do tipo de bomba. Como as BFT são actualmente 60% mais baratas que as turbinas normais, e a sua reparação e manutenção são também significativamente mais competitivas, este tipo de sistemas paga-se a si próprio a curto prazo [7].

Para o cenário 2 foi contactada a empresa EnergyTop, representante em Portugal do fabricante de turbinas IREM Ecowatt.

A EnergyTop procedeu à análise do caso em estudo, tendo apresentado a solução Microcentral hidroeléctrica ECOWATT Tipo AS/75, com as seguintes características:

- Potência hidráulica disponível: 33,8 kW
- Potência eléctrica produzida: 23 kW
- Turbina: Pelton
Diâmetro: 230 mm
Material: AISI 316L
- Gerador: Assíncrono
Potência: 25 kW
Tensão 400 v trifásico
Cos ϕ : 0,8
Rotação nominal: 1515 rpm
Arrefecimento: ventilação a ar
Isolamento: classe F
Índice de Protecção: IP 55
Rendimento: 0,85 a 4/4
Posição de trabalho: vertical
- Grupo Turbina-Gerador:
Dimensões: 1250X1250X1700 mm
Dimensão da Saída: 800 mm
Peso: 400 kg

A seguir apresenta-se o cálculo da produção de energia eléctrica diária para o cenário 2.

Por análise dos caudais no período referenciado, obtém-se um caudal diário médio e mensal médio para o ano 2008. Consequentemente, e consultando os registos diários dos caudais, estabeleceu-se a curva dos caudais turbinados, Fig. 13, ao longo de um dia que mais se aproxima da média diária anual.

Para o cálculo dos valores da produção de energia eléctrica anuais, consideram-se constantes os caudais ao longo do ano e os períodos de vazio e de ponta, escolhendo-se as referentes às horas de inverno em que as horas de vazio ocorrem entre as 0 e as 8 e entre as 22 e as 24 horas, sendo as restantes horas do dia consideradas horas cheias e de ponta.

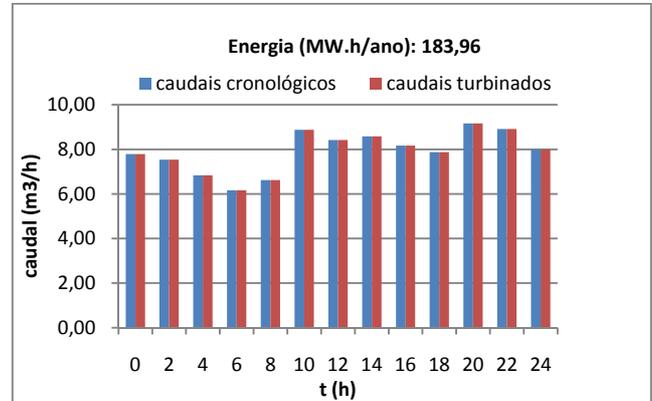


Fig. 13. Comportamento do grupo gerador - ECOWATT Tipo AS/75

À que referir que no caso do limite máximo do caudal admissível ser atingido, é necessário entrar em funcionamento o sistema by-pass existente na CPC, que permite ao grupo gerador funcionar à potência máxima sem perturbação no abastecimento de água à população.

Quando o limite mínimo do caudal admissível é atingido o grupo gerador é colocado fora de serviço, sendo o normal abastecimento feito por intermédio do sistema by-pass.

De seguida é calculado/apresentado, Tabela III, o custo associado à implementação do aproveitamento hidroeléctrico em estudo, onde é previsto um investimento total de 71.000,00 € e um custo de operação e manutenção num ano de 1.420,00€.

Na Tabela IV, são apresentados os resultados dos modelos de análise de viabilidade económica para implementação do cenário 2.

A implementação deste projecto apresenta um retorno financeiro de 61.245,60€ e retornaria o capital investido em 10,20 anos.

TABELA III
CUSTOS ASSOCIADOS À IMPLEMENTAÇÃO DO APROVEITAMENTO
HIDROELÉCTRICO NA CPC DO TROÇO B

Descrição	Valores (€)
Construção civil	5.000,00
Estudo e Projecto	8.000,00
Grupo Turbina-gerador	43.000,00
Quadro Eléctrico equipado com autómato, protecção de interligação e contagem	15.000,00
Custos de operação e manutenção/ano	2% do investimento total

TABELA IV
RESULTADOS DOS MODELOS DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA

VAL (€)	61.245,60
PRC (anos)	10,20
Índice de rentabilidade	1,94

Assim, o local para implementação do aproveitamento hidroeléctrico revela-se como um local com bastante potencial para a realização de um investimento economicamente viável.

No caso em estudo não se perspectivam impactes ambientais significativos. Deverá, no entanto, ser previsto o isolamento sonoro da central e de fugas na turbina para evitar a possível contaminação da água. De forma a salvaguardar esta situação a turbina a implementar evita o uso de óleo sendo todos os comandos accionados por ar comprimido.

5. Conclusões

A produção de energia eléctrica através de fontes de energia renováveis, tanto em Portugal como na União Europeia, ainda não é a que seria desejável. O impulso que se está a dar em toda a Europa às energias renováveis por causa dos problemas ambientais e dos compromissos adoptados em Quioto conduz a uma crescente utilização das energias renováveis, revelando-se a produção de energia através de pequenos aproveitamentos hidroeléctricos de elevado interesse a nível ambiental e consequente vantagens a nível económico. Pelo exposto, e com o objectivo de prestar um contributo nesta matéria, procedeu-se ao estudo de um caso prático para avaliação do potencial de exploração num sistema adutor de abastecimento de água em alta, com excesso de energia ou carga hidráulica. A utilização de sistemas adutores reveste-se de grande interesse e deve ser visto como uma mais-valia, porque além de terem necessidade de controlar a pressão (excesso de carga hidráulica) através de estruturas ou órgãos hidráulicos, grande parte dos componentes do sistema fazem parte do projecto inicial, sendo, por isso, necessário somente conceber a componente que diz respeito à central e todo o equipamento adjacente.

O caso de estudo considerado é um dos muitos pontos de interesse existentes na área de concessão da empresa Águas do Zêzere e Côa, SA e certamente também dispersos um pouco por todo o país, verificando-se que em Portugal não é muito usual este tipo de aproveitamentos comparativamente com outros países da Europa. Consequentemente, verificou-se a dificuldade de obtenção de estudos relacionados bem como a obtenção de outros orçamentos e soluções alternativas à turbina, como por exemplo, as bombas a trabalhar como turbinas. As bombas são produzidas em grande número, com economia de escala e certamente apresentam vantagem económica em relação às turbinas, facto que infelizmente não foi possível verificar neste caso de estudo. Como trabalhos futuros seria importante complementar o estudo desenvolvido com o estudo da solução referenciada como cenário de bombas a trabalhar como turbinas. A implementação do projecto de um pequeno aproveitamento hídrico é uma proposição bastante complexa que envolve estudos de viabilidade, planeamento, construção, testes e actividades de monitorização, operação e manutenção. Cada projecto apresenta-se como específico, não devendo por isso serem generalizadas situações. Do ponto de vista técnico o projecto deve apresentar fiabilidade no fornecimento de energia eléctrica, exigindo os menores cuidados possíveis de operação e manutenção. Do ponto de vista da análise económica o projecto deve abranger a determinação dos custos e benefícios envolvidos no empreendimento, considerando o ponto de vista do empreendedor e da sociedade como um todo.

Referências

- [1] Maria Helena A. G. Soares José G. Soares Amaro Maria Helena Escudeiro de Sousa. Manual de Saneamento Básico. Direcção Geral de Recursos Naturais, madeira & madeira edição, 1991.
- [2] Eurostat <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.
- [3] Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico. (PNBEPH) Novembro de 2007.
- [4] Apren - Associação Portuguesa de Energias Renováveis. Online - www.apren.pt.
- [5] <http://www.enforce.pt>.
- [6] Projecto de Execução Empreitada de Abastecimento de Água 5, Subsistema Sabugal – Meimoa - Belmonte da Conduta Adutora, Volume I, Tomo 2, Águas do Zêzere e Côa, SA
- [7] <http://www.ksb.com/ksb/web/,id=502056>