

HIDROGERAÇÃO Hydrogeneration

FRANCISCO PIQUEIRO ⁽¹⁾ e JORGE CARDOSO-GONÇALVES ⁽²⁾

⁽¹⁾ Professor Auxiliar, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, piqueiro@fe.up.pt

⁽²⁾ Mestre em Engenharia Civil, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, up200902986@fe.up.pt

Resumo

A aplicação de metodologias consolidadas na comunidade científica e técnica, associada ao estudo, desenvolvimento e aplicação de soluções inovadoras poderá contribuir para uma gestão otimizada dos sistemas de abastecimento de água, respondendo às necessidades dos utilizadores, com menor dispêndio de recursos (financeiros; naturais; energéticos). A produção descentralizada de energia, em sistemas de abastecimento de água, é avaliada, no âmbito da presente investigação, no sentido de avaliar a possibilidade de aproveitamento do potencial energético dos sistemas, designadamente no apoio à operação das infraestruturas hidráulicas que os suportam.

As válvulas redutoras de pressão e as válvulas de controlo altimétrico permitem a diminuição de pressão nas redes, quer em alta quer em baixa, para valores adequados e para o controlo da piezométrica. A adequada implementação e a correta operação destas componentes são essenciais para a fixação das pressões de serviço, ajustadas para o controlo de perdas e para a redução de ocorrência de roturas e de interrupções de serviço. A diminuição de pressão encontra-se associada a uma dissipação de energia que poderá ser “aproveitada” para a produção de energia para autoconsumo ou para fornecimento à rede elétrica nacional. Esta solução de aproveitamento da energia dissipada na redução de pressões na rede poderá contribuir para a resposta a desafios associados à eficiência energética, à eficácia operacional e à sustentabilidade da exploração das infraestruturas hidráulicas.

Este estudo teve como principal objetivo avaliar e caracterizar a viabilidade da aplicação de soluções alternativas que podem ser utilizadas para a recuperação de desníveis energéticos em sistemas de abastecimento de água. Nesse sentido, recorre-se a vários casos de estudo onde se conhecem os dados de funcionamento de válvulas redutoras de pressão e os dados relativos a valores de volumes de água consumidos e das pressões de funcionamento. A aplicação do cálculo de energia a casos reais refere-se a sistemas de abastecimento de água em alta (Sistema de Abastecimento de Água da Cerveira – SAA-Cerveira) e a sistemas de abastecimento de água em baixa (Sistema de Abastecimento de Água de Arouca – SAA-Arouca).

Palavras-chave: Hidrogeração, abastecimento de água, eficiência energética, válvulas redutoras de pressão, máquinas hidráulicas, microturbinas, auto-consumo.

Abstract

The application of proven methodologies in the scientific and technical community associated to the study, development and application of innovative solutions, can contribute to the optimization of water supply systems, achieving the needs of consumers using less resources (financial, natural, energy). The decentralized production of energy in water supply systems has been studied in the scope of the present investigation in order to evaluate the possibility of exploitation of the energy potential of the systems. This could be useful in supporting the operation of the hydraulic infrastructures that support them, namely those that are not close to the electrical power grid.

Pressure reduction valves and head control valves are used to provide pressure reduction in the networks, or to control the piezometric evolution. The proper definition and correct operation of these components is essential for setting service pressures, for head-loss control and for trying to reducing the occurrence of breakages and service interruptions. In order to decrease pressure it will be necessary to introduce a dissipation of energy that could be "used" as a power source for the production of electrical energy, for self-consumption or for supplying to the national electricity grid. This principle of the use of the dissipated energy, as a result of reduction of pressures in the network, could contribute to the issues associated with energy efficiency, operational efficiency and the sustainability of the exploitation of hydraulic infrastructures.

The main goal of this study, was to evaluate and characterize the feasibility of the application of alternative solutions that can be used for the recovery of energy losses in water supply systems. As such, a number of case studies were used, in which the operating data of pressure reducing valves are known, as were also known the data on the volumes of water consumed and the operating pressures along the system. The evaluation was done on real water supply systems, such as (Cerveira Water Supply System - SAA-Cerveira) and (Arouca Water Supply System - SAA-Arouca)..

Keywords: Hydrogeneration, water supply, energy efficiency, pressure reduction valves, hydraulic machines, microturbinas, self-consumption.

1. Introdução

Os sistemas de abastecimento de água (captação, transporte e distribuição) integram diversas componentes (bombas; condutas; reservatórios; diversos equipamentos de comando e controlo) que apresentam um consumo de energia considerável. A gestão energética apresenta uma relevância crescente, associada essencialmente aos encargos associados e a questões ambientais (Barbosa, 2017).

A utilização dos sistemas de abastecimento de água para a produção de energia elétrica poder-se-á revelar uma solução interessante, salientando-se que uma parte significativa das componentes do sistema electroprodutor já existe, sendo apenas adaptadas para a produção de energia, sem prejuízo da sua função inicial. Em sistemas de abastecimento de água onde se verifiquem excessos de energia, podem criar-se condições para a instalação de turbomáquinas para recuperação de energia que, de acordo com as soluções tradicionais, seria dissipada por uma VRP (Sousa, 2017).

O presente artigo tem como objetivo central o estudo da implementação de micro sistemas hidroelétricos, de produção descentralizada de energia, integrados, associados ou em substituição de componentes dos sistemas de abastecimento, nomeadamente VRP. Sintetizam-se os objetivos específicos: enquadramento da temática, apresentação de equipamentos disponíveis no mercado, sistematização do processo de cálculo, apresentação de casos de estudo, discussão de resultados e lançamento de bases para trabalhos futuros.

De forma a cumprir os objetivos estabelecidos, foi adotada a seguinte metodologia: sistematização de informações técnicas sobre VRP e Microturbinas, síntese do método de cálculo da produção de energia e aplicação a casos de estudo.

2. Válvulas Redutoras de Pressão

As válvulas redutoras de pressão (VRP) caracterizam-se pela instalação expedita, possibilitando benefícios significativos na sua área de influência, através da redução da pressão para níveis operacionais compatíveis com a continuidade do abastecimento de água aos pontos mais críticos. O retorno do investimento é, em geral, rápido. As quatro modalidades de funcionamento das válvulas redutoras de pressão (VRP) (Cardoso *et al.*, 2013, citado em Cardoso-Gonçalves, 2016) são as seguintes:

- modelação simples – A pressão de jusante mantém-se fixa, em todas as horas do dia. Este sistema tem os menores custos de investimento e operação;
- modelação horária – A pressão de jusante mantém-se constante para intervalos de tempo predefinidos, mudando de intervalo para intervalo. Regra geral, utilizam-se dois patamares de pressão (período diurno e período noturno) e são apropriadas para perfis de consumo regulares e com perdas de carga superiores a 10 mca (Bairos, 2008). Caso se encontre associado a um controlador eletrónico, conseguem-se vários patamares de pressão;
- modelação pelo consumo – A pressão de jusante estabelece-se em função do consumo, sendo necessário associar um caudalímetro e um controlador eletrónico (Alegre *et al.*, 2005). Recomenda-se para situações em que existem grandes perdas de carga no sistema e mudanças inesperadas nos perfis de consumo;
- modelação por ponto crítico – A pressão de jusante define-se em função dos valores medidos e desejados previamente em pontos críticos da rede. Estes valores da pressão são enviados, em tempo real, aos controladores das válvulas redutoras de pressão (VRP), com recurso de um sistema de telemetria (Alegre *et al.*, 2005).

No seguimento da descrição teórica das VRP, apresentam-se, a título indicativo, alguns equipamentos disponíveis no mercado, designadamente da VALCON (Tecnilab, 2016) e da RAMUS Industrie (RAMUS, 2017).

A Valcon é uma empresa portuguesa fabricante das válvulas Flucon, que pertence ao grupo Tecnilab. Produzem diferentes tipos de válvulas automáticas de controlo, nomeadamente, e no âmbito desta dissertação, válvulas de regulação/gestão de pressão nas redes de transporte e distribuição de água.

A Flucon oferece uma gama diversificada de válvulas hidráulicas de controlo do tipo globo de PN10 a PN40, numa gama de diâmetros DN50 a DN600 abrangendo praticamente todas as necessidades de controlo.

Da série Flucon 200, distingue-se os modelos seguintes:

- Flucon 200.02: válvula que automaticamente reduz a pressão alta a montante para uma pressão inferior a jusante, independentemente das variações de caudal e pressão a montante;
- Flucon 200.02.03(S): esta válvula combina as funções de redução de pressão com a sustentação de pressão. A sustentação de pressão permite que a válvula abra totalmente, somente quando a pressão a montante excede a pressão regulada no piloto sustentador. Em sistemas de distribuição gravítica esta solução evita a entrada de ar na tubagem a montante;
- Flucon 200.02(LF): este modelo é semelhante ao modelo Flucon 200.02, no entanto inclui um piloto de baixo caudal de ação direta instalado diretamente na válvula principal, que permite transportar e reduzir os caudais mínimos estando a válvula principal fechada. Evita ruídos em períodos noturnos;
- Flucon 200.02.02.HD2(BE).SVC: este modelo de válvula é utilizado para a gestão de pressão com dois patamares. A sua função consiste na utilização de um controlador ou temporizador horário, ligado a uma válvula redutora de pressão com dois pilotos redutores, estando estes regulados para dois valores distintos de pressão (diurno e noturno, por exemplo). De acordo com o perfil horário é possível reduzir mais a pressão durante a noite, evitando sobrepressões na rede em baixo consumo, minimizando as perdas de água e a ocorrência de novas roturas.

A empresa RAMUS INDUSTRIE S.A.S é um fabricante de válvulas industriais especializada no armazenamento, trânsito e transporte de fluidos. Para a regulação e a proteção das redes, com dimensões padrão, ou das suas redes de baixa ou alta pressão, com dimensões padrão ou excepcionais, a RAMUS INDUSTRIE S.A.S propõe uma gama de equipamentos evolutivos de acordo com as necessidades específicas. A válvula reguladora de pressão a jusante, modelo Redar RL, assegura uma pressão a jusante constante e ajustável, independentemente das variações de pressão a montante e o caudal. A válvula fecha hermeticamente quando o caudal é nulo. O Quadro 1 sistematiza os caudais recomendados para as VRP Hidráulicas (Flucon 200) e VRP Ação Direta (RAMUS REDAR RL), de acordo com a informação técnica destes fornecedores.

Quadro 1. Síntese de caudais recomendados para VRP Hidráulicas (Flucon 200) e VRP Ação Direta (RAMUS REDAR RL).

DN (mm)	Tipo	Q _{min} (m ³ /h)	Q _{máx -cont} (m ³ /h)	Q _{máx -int} (m ³ /h)	Marca/ Modelo
50	Ação direta	-	10,8	18,0	RAMUS REDAR RL
50	Hidráulica	0,7	32,0	40,0	Flucon 200
65	Ação direta	-	18,0	28,8	RAMUS REDAR RL
65	Hidráulica	0,8	54,0	68,0	Flucon 200
80	Ação direta	-	27,0	46,8	RAMUS REDAR RL
80	Hidráulica	1,6	82,0	103,0	Flucon 200
100	Ação direta	-	43,2	72,0	RAMUS REDAR RL
100	Hidráulica	2,7	127,0	159,0	Flucon 200
125	Ação direta	-	68,4	111,6	RAMUS REDAR RL
125	Hidráulica	4,4	199,0	249,0	Flucon 200
150	Ação direta	-	97,2	158,4	RAMUS REDAR RL
150	Hidráulica	5,3	286,0	358,0	Flucon 200
200	Ação direta	-	169,2	284,4	RAMUS REDAR RL
200	Hidráulica	13,5	509,0	636,0	Flucon 200
250	Ação direta	-	266,4	442,8	RAMUS REDAR RL
250	Hidráulica	25,0	800,0	1000,0	Flucon 200
300	Ação direta	-	378,0	630,0	RAMUS REDAR RL
300	Hidráulica	41,0	1150,0	1438,0	Flucon 200
400	Hidráulica	110,0	2450,0	3070,0	Flucon 200

3. Turbinas

Nos sistemas de abastecimento de água verifica-se a necessidade de dissipação de energia para regulação de pressões na rede, efetuada através de válvulas redutoras de pressão (VRP) que introduzem uma perda de energia no escoamento, de modo a não serem excedidos os limites de pressão admissíveis nas condutas a jusante, assim como para a garantia de cumprimento dos patamares de pressão operacionais.

Esta energia pode ser aproveitada por outro tipo de equipamentos, que introduzem uma perda de carga e utilizam a energia dissipada para produção de energia elétrica.". Distinguem-se os seguintes tipos de turbinas (Sousa, 2017):

- Turbinas de Ação (ex.: Pelton; Turgo);
- Turbinas de Reação (ex.: Francis; Cross-Flow).

A título indicativo, apresentam-se microturbinas disponíveis no mercado, da marca IREM. A IREM é uma empresa fabricante de turbinas para uso hidráulico, apresentando uma vasta gama de diferentes turbinas, para diferentes quedas (desníveis energéticos) e caudais, podendo, assim, atender às várias especificidades de cada instalação."

Na Figura 1, é possível ver a relação entre o caudal, altura e energia gerada, para os vários modelos da IREM. No que se refere aos equipamentos disponibilizados pela IREM, são de referir os seguintes (Pinto, 2017):

- IREM Pelton TPA: é um grupo turbina-gerador para instalações ligadas à rede elétrica, sendo assim equipada com um gerador assíncrono, para permitir uma operação fácil e segura na instalação. A regulação do caudal pelos 6 injetores, é gerida por válvulas de agulha lineares ou válvulas on/off, que podem ser operadas manualmente ou por impulso elétrico;
- IREM Pelton TPD: de acordo com a gama ECOWATTHYDRO, a TPD é uma turbina Pelton de eixo vertical, apresentando 6 injetores, equipados com válvulas manuais de on/off (globo ou pistão);
- IREM Pelton TPS: é um grupo turbina-gerador projetado para instalações "stand-alone", nomeadamente para áreas remotas, para eletrificação rural ou quando não é possível aceder à rede elétrica. Está equipado com um gerador síncrono em combinação com a placa de controlo elétrico QCM7QCT e os reguladores eletrónicos RMP, permitindo uma operação estável e segura. O sistema funciona a carga constante e a regulação do caudal pelos 6 injetores, é gerida por válvulas de agulha lineares ou válvulas on/off, que podem ser operadas manualmente ou por impulso elétrico;
- IREM Banki TBA: esta turbina, do tipo Crossflow/Banki, é um grupo turbina-gerador projetado para instalações que estejam ligadas à rede elétrica. A regulação do caudal, entre 10 a 100% do caudal máximo turbinável é conseguido por acção de um deflector, sendo operado manualmente ou por atuador elétrico;
- IREM Banki TBS: é um grupo turbina-gerador, do tipo Crossflow/Banki. O sistema funciona a carga constante e a regulação do caudal por um defletor, é operada manualmente ou por atuador elétrico.

Na Figura 1 apresenta-se um diagrama em mosaico sobre a aplicabilidade das turbinas IREM.

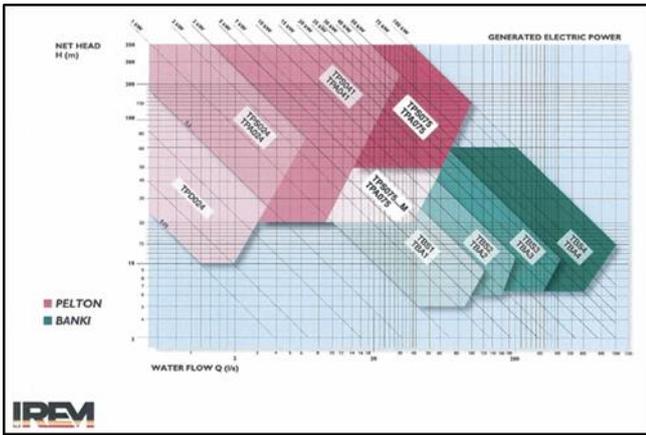


Figura 1. Diagrama em mosaico de aplicabilidade das microturbinas IREM, (Informação técnica IREM).

4. Produção de Energia

O método de cálculo que se utilizou para estimar a energia elétrica produzida, segue a seguinte sequência:

- Definição do rendimento a utilizar – valor obtido considerando o caudal turbinado. Consideraram-se 5 patamares de caudais consequentes turbinados, em função dos registos de volumes disponíveis. Os rendimentos determinam-se pela leitura do gráfico da Figura 2, onde se considera a relação entre $Q_{\text{turbinado}}$ e $Q_{\text{instalado}}$ com o rendimento;
- Cálculo da energia produzida pela equação [1], em que E representa a Energia (kWh), γ o peso específico da água (N/m^3); η o rendimento; H_u a queda útil (m) e V o Volume turbinado (m^3).

$$E = \frac{\gamma \times \eta \times H_u \times V}{3600 \times 10^3} \quad [1]$$

Os caudais considerados para aferir o rendimento tomaram como referência os registos disponíveis de volumes admitindo-se que, nesses intervalos de registo, o caudal teria sido constante. A avaliação das energias tem como referência o valor do volume.

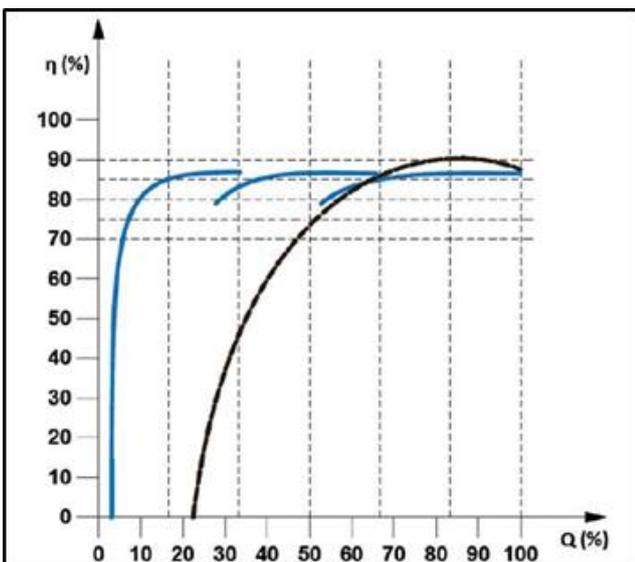


Figura 2. Curva de rendimentos (Sousa, 2017).

5. Casos de Estudo

No âmbito da presente análise, refere-se a aplicação do modelo de simulação a dois casos de estudo, que se desenvolveram em trabalhos académicos na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, designadamente:

- SAA-Cerveira (SAA em Alta) (Barbosa, 2017);
- SAA-Arouca (SAA em Baixa) (Sousa, 2017 e Pinto, 2017).

No que respeita ao sistema SAA-Cerveira, a água captada em Cavada ou proveniente de Touvedo no rio Lima, em Ponte da Barca, é bombeada na Estação Elevatória de Cavada para o Reservatório R103, em Caminha.

Neste reservatório tem origem uma conduta gravítica “em alta”, de abastecimento para norte, que através de ramais com funcionamento gravítico, ou dotados de estação sobreprensa fornece água aos reservatórios para distribuição na rede de consumo em baixa.

A conduta gravítica em estudo inicia-se no Reservatório R103 – situado no concelho de Caminha, lugar de Góis Pequeno, com uma cota de soleira de 105 m, e cerca de 12 km de extensão, e termina na Estação Elevatória de Outeiro/Valença. Nesta estação elevatória, situada na freguesia de Reboreda no concelho de Vila Nova de Cerveira, estão instaladas a “Sobreprensa do Outeiro” e a “Sobreprensa de Valença” (Barbosa, 2017).

Da “Sobreprensa de Valença”, à cota de 35 m, parte uma conduta com 17 km de extensão até ao Reservatório R1 de Ganfei, no lugar de Ganfei, concelho de Valença. À chegada a este reservatório a cota de soleira da conduta é de 120,55 m. Esta sobreprensa faz a interligação entre o Sistema de Abastecimento de Água de Melgaço, Monção e Valença e o Sistema de Abastecimento de Água de Cavada, bombeando do primeiro para o segundo, ou vice-versa, ou seja no sentido que for mais conveniente em cada época (Barbosa, 2017).

O SAA-Arouca integra o Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN), que abastece uma área de 1 645 km^2 , tendo sido projetado para fornecer água potável a uma população de aproximadamente 112 000 habitantes (aproximadamente 4,5 milhões de m^3 de água potável, por ano).

Relativamente à alimentação (origem), o SAA-Arouca pode dividir-se em:

- sistema Principal (Sist-AdDP), sistema abastecido em alta (Águas do Douro e Paiva), com seis pontos de entrega;
- sistemas autónomos de captação por furo;
- sistemas autónomos de captação por mina (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2017).

De acordo com as informações fornecidas pela EG, encontram-se cadastradas 195 VRP.

O Quadro 2 sistematiza os principais resultados obtidos para a energia produzida, a partir dos dados de exploração dos casos de estudo supramencionados, bem como apresenta uma proposta de seleção de um modelo da IREM, a título indicativo.

Quadro 2. Síntese de Resultados dos Casos de Estudo

	A-1	A-2	SR	AB
Altura útil (m)	66	28	75	30
Turbinamento (h)	24h	24h	24h	24h
Caudal (m ³ /h)	126,0	162,0	23,4	28,0
Vol. Diário (m ³)	3 024	3 888	562	672
Vol. Mensal (m ³)	90 720	116 640	16 855	20 166
Vol. 6-meses (m ³)	544 320	699 840	101 127	120 996
Vol. Anual (m ³)	1 088 640	1 399 680	202 254	241 992
E. Horária (kWh)	18,00	10,00	4,00	1,17
E. Diária (kWh)	435,0	233,0	92,0	28,0
E. Mensal (kWh)	13 284	6 792	2 756	1 319
E. 6-meses (kWh)	78 317	41 955	17 449	7 913
E. Anual (kWh)	158 800	85 100	33 069	15 826
Modelo IREM	TPS041 (15 kW)	TBA2 (7 kW)	TPA041 (3 kW)	TPA041 (1 kW)

6. Conclusões

Este estudo teve como principal objetivo avaliar e caracterizar a viabilidade da aplicação de soluções alternativas que podem ser utilizadas para a recuperação de desníveis energéticos em sistemas de abastecimento de água. Para tal recorreu-se a vários casos de estudo, selecionando alguns sistemas onde existiam válvulas redutoras de pressão, e onde se dispunha, igualmente, de dados relativos a valores de volumes de água consumidos e das pressões de funcionamento.

A utilização de sistemas adutores, cuja principal função é o abastecimento de água, e a sua adaptação para a produção de energia elétrica, é de grande interesse, e deve ser visto como uma mais-valia, uma vez que grande parte dos componentes do sistema já existem, tendo apenas de ser adaptados para a produção de eletricidade, sem prejudicar a sua função principal.

As válvulas redutoras de pressão e as válvulas de controlo altimétrico promovem uma diminuição de pressão nas redes, quer em alta, quer em baixa, para valores requeridos e para o controlo da piezométrica. Associada a essa diminuição de pressão existe uma dissipação de energia que poderá ser “aproveitada” para a produção de energia para autoconsumo das próprias instalações, ou, em contrapartida, ser injetada na rede elétrica nacional.

Daí, o estudo da instalação de micro-turbinas nesses locais, para a produção de energia elétrica, as quais poderão constituir um investimento atrativo, quer do ponto de vista técnico, quer, eventualmente do ponto de vista económico. Acrescenta-se ainda a possibilidade de produção de energia para a alimentação de sistemas autónomos, podendo eventualmente dispensar a sua ligação à rede elétrica nacional.

No que respeita à viabilidade económica das soluções estudadas não é possível retirar conclusões absolutas, dado ser necessário efetuar uma análise casuística para cada instalação, com a avaliação dos custos de alteração das estruturas existentes, dos componentes a instalar, nomeadamente as micro-turbinas, contraponto à valia económica da produção energética seja ela pela sua valia de venda ou pela sua valia de produção de substituição acrescida, eventualmente, da valia relativa à dispensa da instalação de ramal de ligação. Pelas simulações realizadas conclui-se do interesse do potencial energético dos SAA, naturalmente distinto consoante se trate de sistemas em alta ou de sistemas em baixa, influenciados, fundamentalmente, pela dimensão dos volumes em causa.

7. Desenvolvimentos Futuros

Atualmente, a política energética nacional e os regimes jurídicos vigentes incentivam e promovem a produção descentralizada de eletricidade em baixa tensão por particulares, bem como a investigação científica nesta área. O presente trabalho pretende ser uma mais-valia para o mercado da microgeração hídrica, onde quase não existem projetos de referência e há dificuldade em encontrar estudos relacionados com a sua viabilidade e implementação. A realização destes estudos apresenta, por si só, um contributo positivo e inovador nesta área, visto esta ser uma temática recente e de implementação diminuta em Portugal, e do interesse dos parceiros públicos concessionários de construção e exploração de sistemas de abastecimento de água em “alta”.

As conclusões retiradas neste trabalho realçam o carácter específico de cada projeto, podendo ajudar e impulsionar novos estudos, projetos e investimentos nesta área, não só de iniciativa pública como também privada.

Por isto tudo, as principais recomendações e desenvolvimentos futuros identificados por este trabalho incidem essencialmente em:

- Sensibilizar as entidades gestoras do interesse em medir e obter registos mais detalhados dos consumos e caudais nos SAA;
- Replicar esta abordagem a mais casos de estudo de forma a poder estabelecer padrões de análise;
- Desenvolver uma detalhada e exaustiva base de dados de dispositivos comerciais de recuperação de energia, permitindo implementar uma análise fidedigna acerca do comportamento desses equipamentos e dos custos de investimento associados. Esta base de informação poderá mesmo suscitar o interesse em desenvolver equipamentos para “zonas de aplicabilidade” não cobertas pelos equipamentos comerciais existentes;

- Promover o estudo conjunto das questões de carácter hidráulico-energético, como as componentes elétricas de geração e controlo, de modo a promover soluções globais;
- Aprofundar o estudo da viabilidade de projetos de conceção e construção de centrais de produção descentralizada baseadas em energia hídrica, face à valia da colocabilidade da energia na rede elétrica nacional.

Referências

- Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., e Vieira, P. (2005) *Controlo de perdas de água em sistemas de adução e distribuição*, IRAR, INAG, LNEC, Lisboa.
- Bairos, A. (2008). *Válvulas de Controlo Automático na Segurança e Gestão Operacional de Sistemas de Abastecimento e Drenagem: o Comportamento das VRP*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Barbosa, A.M.P.R. (2017). *Análise Técnico-Económica de Instalações de Recuperação da Energia Hídrica em Sistemas de Abastecimento de Água*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cardoso, A., Oliveira, F., Lacerda, F., Poças-Martins, J. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água: Otimização das Pressões numa Grande Rede de Distribuição de Água - Aplicação a um Subsistema da Cidade do Porto*. 8.^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cardoso-Gonçalves (2016). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas*. Projeto de Tese de Investigação do Programa Doutoral em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. Porto.
- Pinto, F.D.S. (2017). *Hidrogeração. Produção de Energia em Sistemas de Abastecimento de Água*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- RAMUS (2017). *Ramus Industrie S.A.S. - Concepteur & Constructeur de Robinetterie Industrielle*. Tarif Avril 2017, France.
- Sousa, F.A.B. (2017). *Produção de Energia em Sistemas de Distribuição de Água - Produção Descentralizada*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Tecnilab (2016). *Catálogo Flucon - Válvulas Automáticas de Controlo*.