



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## HIDROGERAÇÃO

A produção descentralizada de energia na exploração e controlo de sistemas de abastecimento de água

Francisco, PIQUEIRO<sup>1</sup>; Jorge, CARDOSO-GONÇALVES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Civil, Professor Auxiliar (FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto), piqueiro@fe.up.pt

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Civil, Estudante Doutoramento (FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto),  
up200902986@fe.up.pt, +351918425218

### Resumo

A gestão otimizada dos sistemas de abastecimento de água encontra-se associada à adequada aplicação de metodologias consolidadas na comunidade científica e técnica, bem como ao estudo, desenvolvimento e aplicação de soluções inovadoras que visem a resposta às necessidades dos utilizadores com menor mobilização de recursos (financeiros; naturais; energéticos). A produção descentralizada de energia, em sistemas de abastecimento de água, com fins de autoconsumo, surge numa perspectiva de circularidade, utilizando a energia do próprio sistema no apoio à exploração e controlo das infraestruturas que o compõem.

As válvulas redutoras de pressão (VRP) utilizam-se para o controlo de pressões em sistemas de abastecimento de água pela introdução de perdas de carga localizadas, em pontos específicos da rede, possibilitando o abaixamento de pressões a jusante destes. A correta implementação e a adequada operação destas componentes assume um papel preponderante na fixação das pressões de serviço, no controlo de perdas e na redução de ocorrência de roturas e interrupções de serviço. O aproveitamento dos desníveis energéticos para a produção de energia elétrica dedicada a ações de operação, controlo e monitorização dos sistemas (*p.ex.*: operação de válvulas; medição de caudais; controlo de qualidade da água; iluminação de infraestruturas) responde a desafios relacionados com a eficiência energética, a eficácia operacional e a sustentabilidade dos sistemas.

O objetivo da presente investigação encontra-se relacionado com o estudo da aplicação de micro sistemas hidroelétricos, suportados em sistemas inovadores de VRP com micro-turbinas integradas ou associadas, em Sistemas de Abastecimento de Água (SAA).

O estudo integra a aplicação do cálculo de energia a casos reais, em sistemas de abastecimento de água em alta (Sistema de Abastecimento de Água da Cerveira – SAA-Cerveira) e em 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.

**Tema:** Destacar o tema do Silusba em que se insere o trabalho.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## 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, pode 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 objetivos estabelecidos, segue-se a seguinte metodologia: sistematização de informações técnicas sobre VRP e Microturbinas; síntese do método de cálculo da produção de energia; aplicação a casos de estudo.

## 2. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO (VRP)

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 refere-se rápido. Sistematizam-se as quatro modalidades de funcionamento das válvulas redutoras de pressão (VRP) (Cardoso *et al.*, 2013, citado em Cardoso-Gonçalves, 2016):

- Modelação simples – A pressão de jusante mantém-se fixa, em todas as horas do dia. Refere-se ao sistema com 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;



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

- Modelação pelo consumo – A pressão de jusante estabelece-se em função do consumo, necessitando-se associar a um caudalímetro e a 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 (Grupo Tecnilab) e da RAMUS Industrie.

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.
- Flucon200.02.03(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.

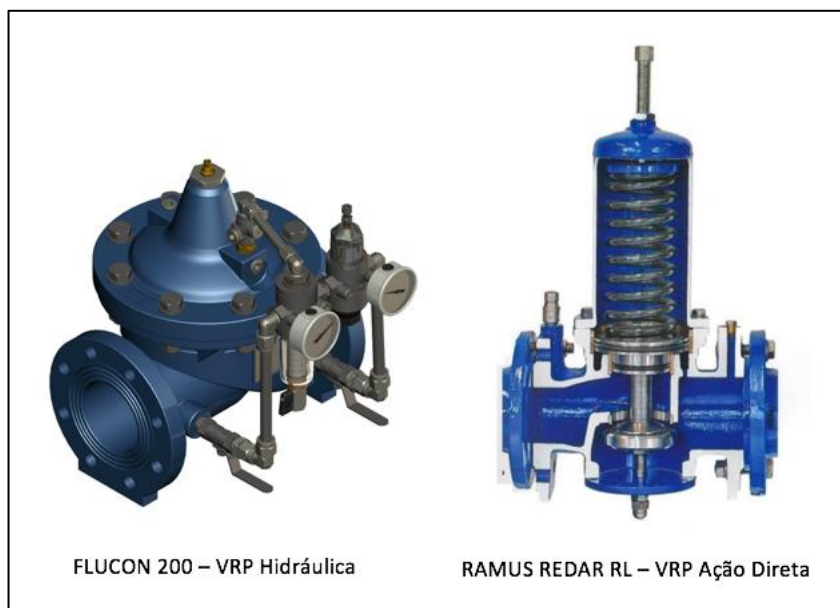
Fabricante de válvulas industriais, a empresa RAMUS INDUSTRIE S.A.S é especializada no armazenamento, trânsito e transporte de fluidos. Para a regulação, a proteção e a vedação, das suas redes de baixa ou alta pressão, com dimensões padrão ou excepcionais, a RAMUS INDUSTRIE S.A.S propõe uma gama de equipamentos evolutivos de acordo com suas 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.

A tabela 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.

**Tabela 1.** Informação técnica: Síntese de caudais recomendados para VRP Hidráulicas (Flucon 200) e VRP Ação Direta (RAMUS REDAR RL)

DN (mm)	Tipo	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>máx-cont</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>máx-int</sub> (m <sup>3</sup> /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



**Figura 1. – Imagens exemplificativas das Válvulas Redutoras de Pressão (VALCON e RAMUS)**

### 3. TURBINAS

As válvulas redutoras de pressão induzem uma perda de energia no escoamento. Verifica-se a necessidade de dissipação de energia para regulação de pressões na rede, 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 principais tipos de turbinas (Sousa, 2017):

- Turbinas de Ação (*p.ex.*: Pelton; Turgo);
- Turbinas de Reação (*p.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 Na figura apresenta-se um diagrama em mosaico sobre a aplicabilidade das turbinas IREM, sendo estes equipamentos exeplificados na figura 3.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, especificam-se os seguintes (Pinto, F., 2017):

- IREM Pelton TPA: A turbina 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;



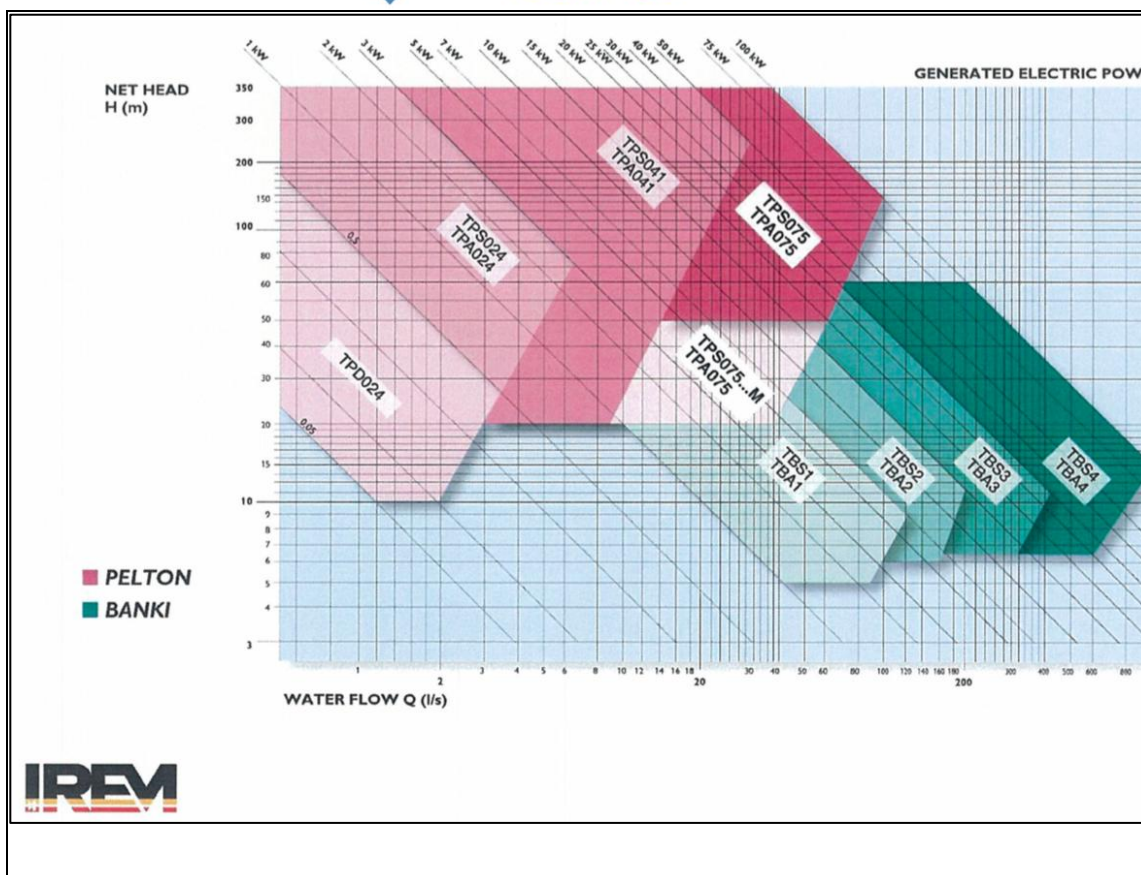
7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

- IREM Pelton TPD: De acordo com a gama ECOWATTHYDRO, a TPD é uma turbina Pelton de eixo vertical, apresentando 6 injectores, equipados com válvulas manuais de on/off (globo ou pistão);
- IREM Pelton TPS: O modelo 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 equipada com 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 injectores, 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: O modelo TPS é um grupo turbina-gerador, do tipo Crossflow / Banki, projetado para instalações “stand-alone”. O sistema funciona a carga constante e a regulação do caudal por um defletor, é operada manualmente ou por atuador elétrico.

Na figura 2 apresenta-se um diagrama em mosaico sobre a aplicabilidade das turbinas IREM, sendo estes equipamentos exeplicados na figura 3.





**Figura 2.** Diagrama em mosaico de aplicabilidade das microturbinas IREM.



**Figura 3.** Microturbinas IREM

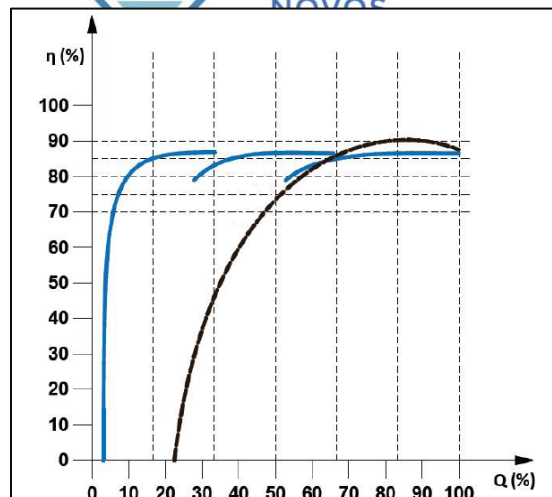
#### 4. PRODUÇÃO DE ENERGIA

O método de cálculo que se utilizou para estimar a energia eléctrica 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 4, onde se considera a relação entre  $Q_{\text{turbinado}}$  e  $Q_{\text{instalado}}$  com o rendimento;
- Cálculo da energia produzida pela equação (1), onde: E – Energia (kWh);  $\gamma$  – peso específico da água ( $\text{N/m}^3$ );  $H_u$  – queda útil (m); V – Volume turbinado ( $\text{m}^3$ ).

$$E = \gamma * \eta * H_u * V / 3600 * 10^3 \quad (1)$$





**Figura 4.** Curva de rendimentos (Sousa, 2017)

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 toma como referencia o valor do volume.

## 5. APLICAÇÃO A 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, F., 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 bombada 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 sobrepessora 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 metros, 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 “Sobrepessora do Outeiro” e a “Sobrepessora de Valença” (Barbosa, 2017).

Da “Sobrepessora de Valença”, à cota de 35 metros, 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 metros. Esta sobrepessora 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<sup>2</sup>, tendo sido projetado para fornecer água potável a uma população de aproximadamente 112 000 habitantes (aproximadamente 4,5 milhões de m<sup>3</sup> 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 e 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.

A tabela 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

	A-1	A-2	SR	AB	VM-1	VM-2	VM-3	RM
Altura útil (m)	66	28	75	30	20	30	10	55
Turbinamento (h)	24h	24h	24h	24h	24h	24h	24h	24h
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	126,0	162,0	23,4	28,0	2,1	0,9	0,7	0,9
Vol. Diário (m <sup>3</sup> )	3 024	3 888	562	672	43	22	16	22
Vol. Mensal (m <sup>3</sup> )	90 720	116 640	16 855	20 166	1 299	657	492	657
Vol. 6-meses (m <sup>3</sup> )	544 320	699 840	101 127	120 996	7 794	3 942	2 952	3 942
Vol. Anual (m <sup>3</sup> )	1 088 640	1 399 680	202 254	241 992	15 588	7 884	5 904	7 884
E. Horária (kWh)	18,00	10,00	4,00	1,17	0,06	0,04	0,01	0,07
E. Diária (kWh)	435,0	233,0	92,0	28,0	1,4	0,9	0,2	1,7
E. Mensal (kWh)	13 284	6 792	2 756	1 319	57	43	11	79
E. 6-meses (kWh)	78 317	41 955	17 449	7 913	340	258	64	473
E. Anual (kWh)	158 800	85 100	33 069	15 826	680	516	129	945
Modelo IREM	TPS041 (15 kW)	TBA2 (7 kW)	TPA041 (3 kW)	TPA041 (1 kW)	TPD024	TPD024	-	TPD024

proposta de seleção de um modelo da IREM, a título indicativo.

**Tabela 2.** Síntese de Resultados dos Casos de Estudo

A-1 – Adutora R1 de Ganhei - PE-R<sub>vila</sub> (Barbosa, 2017)  
A-2 – Adutora R1 de Ganhei – R<sub>vila</sub> (Barbosa, 2017)  
SR – VRP Souto Redondo (Sousa, 2017)  
AB – VRP Abelheira (Pinto, 2017)

VM-1 – VRP Vila Mansores 1 (Pinto, 2017)  
VM-2 – VRP Vila Mansores 2 (Pinto, 2017)  
VM-3 – VRP Vila Mansores 2 (Pinto, 2017)  
RM – VRP Ribeira Mansores (Pinto, 2017)

## 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 se dispunha de 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 corresponde 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 eléctrica nacional.

No que respeita à viabilidade económica das soluções estudadas não é possível retirar conclusões absolutas, dado dever ser efectuada 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 alta ou de sistemas em baixa, influenciados, fundamentalmente, pela dimensão dos volumes em causa.

## 7. RECOMENDAÇÕES E 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 trazer uma mais-valia no nicho de mercado que é a microgeração hídrica, onde se exalta a quase inexistência de projetos de referência e a 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 exploradoras 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, com as componentes eléctricas 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 eléctrica nacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

RAMUS (2017). Ramus Industrie S.A.S. – Concepteur & Constructeur de Robinetterie Industrielle. Tarif Avril 2017, France.

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, 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.

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.

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.

Tecnilab (2016). Catálogo Flucon – Válvulas Automáticas de Controlo.