

AGIR

Avaliação da Eficiência do Uso da
Água e da Energia em
Aproveitamentos Hidroagrícolas



DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DE SUPORTE ÀS AÇÕES DE DIVULGAÇÃO

Título:

AGIR - Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas
Documentação técnica de suporte às ações de divulgação - 1ª fase do projeto

Autores:

Parceria do Grupo Operacional AGIR

Contactos:

FENAREG – Federação Nacional de Regantes de Portugal

Telefone: +351 243 610 355

geral@fenareg.pt

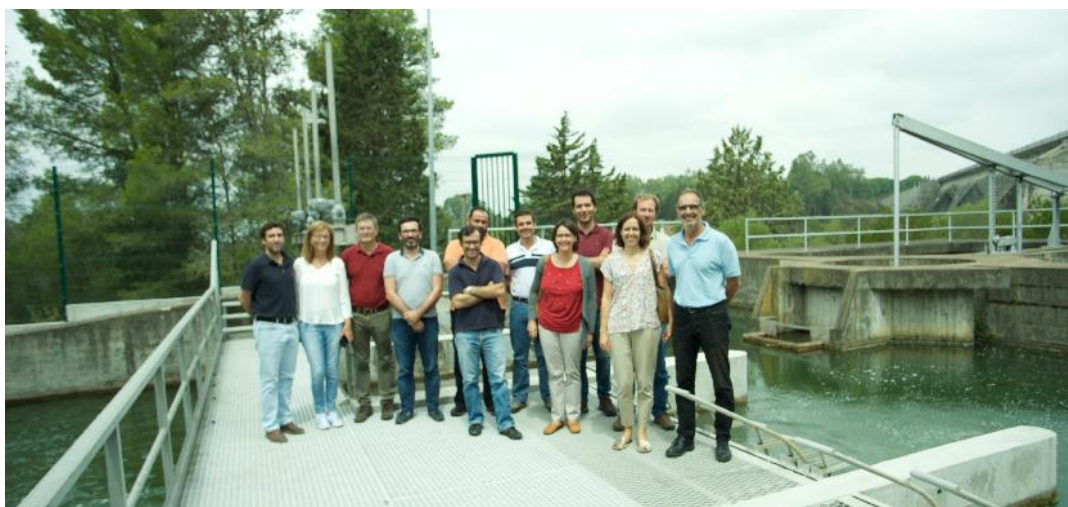
Agradecimento:

Ao Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020, Portugal 2020 na Operação 1.0.1 – Grupos Operacionais, pelo financiamento do projeto AGIR (PDR2020-101-031864)

Outubro de 2018

ÍNDICE

1	Projeto AGIR	2
2	Água e energia no regadio	3
3	Objetivos e plano de atividades	4
4	Abordagem para cálculo dos balanços hídrico e energético	8
4.1	Balanço hídrico	8
4.2	Balanço energético	11
5	Sistema de avaliação	14
6	Resultados	18
7	Apreciação global	20
8	Referências bibliográficas	21



1 | PROJETO AGIR

A melhoria de eficiência do uso da água e da energia, constitui uma das principais preocupações das Entidades Gestoras – Associações de Regantes, e uma prioridade do PDR2020. O projeto '**AGIR - Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas**' pretende responder a esta necessidade.

O projeto AGIR é financiado pelo programa Grupos Operacionais - Operação - 1.0.1 - do PDR2020, tendo iniciado em 2017, tem a duração de 3 anos, e decorre em 3 fases.

O Grupo Operacional é constituído por 12 parceiros:

Coordenador:

1. FENAREG - Federação Nacional de Regantes de Portugal.

Parceiros de I&D:

2. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
3. UÉ - Universidade de Évora;
4. IPS - Instituto Politécnico de Setúbal;
5. INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária;
6. COTR - Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio.

Entidades Gestoras de Aproveitamentos Hidroagrícolas:

7. ABORO - Associação de Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas;
8. ARBVS - Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia;
9. ABOVIGIA - Associação de Beneficiários da Obra da Vigia.

Agricultores:

10. Sociedade Agrícola Bico da Vela II;
11. AGRO-VALE Longo, Lda;
12. Mencoca Agricultura, Lda.

2 | ÁGUA E ENERGIA NO REGADIO

A eficiência do binómio água e energia é componente fundamental na gestão destes sistemas, que envolvem a captação, transporte, distribuição e utilização de elevados volumes de água. A evolução do padrão de utilização mais eficiente da água foi reduzida com recurso a fontes de energia. Reduzir para menos de metade o uso de água, fez aumentar exponencialmente o consumo de energia no uso da água. O consumo de energia no regadio, entre 1960 e 2014, aumentou de 200 kWh/ha para 1500 kWh/ha (DGADR, 2014) (Figura 1).

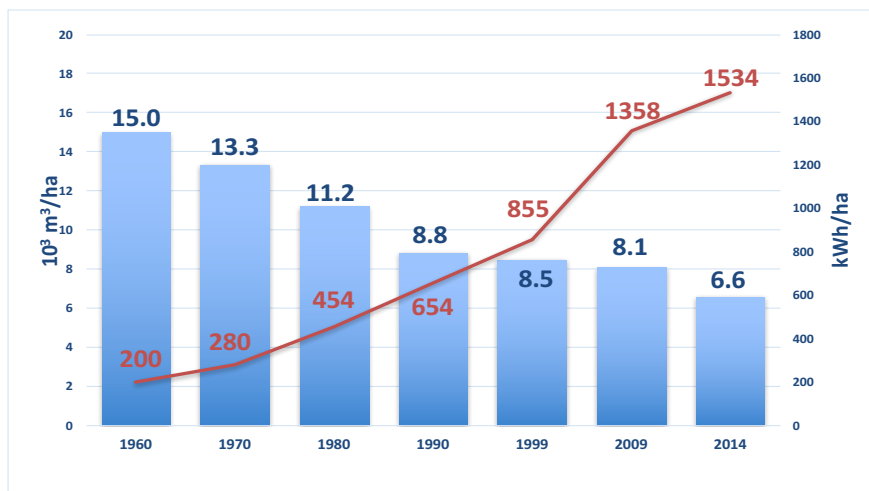


Figura 1 - Evolução da utilização unitária de água e de energia por hectare

Em Portugal a maioria dos Aproveitamentos Hidroagrícolas estão em plena exploração há mais de 50 anos, carecendo de reabilitação e modernização para sustentabilidade destas infraestruturas. Adicionalmente a esta situação verifica-se a inexistência de ferramentas para diagnóstico e apoio na tomada de decisão sobre investimentos que integrem as dimensões de:

- Eficiência hídrica e energética e suas relações;
- Sustentabilidade económica e infraestrutural;
- Qualidade do serviço.

Assim, é fundamental a criação de um guia de boas práticas, contendo ferramentas que permitam uma avaliação sistemática e sistémica nos cálculos de indicadores de apoio à gestão dos Aproveitamentos Hidroagrícolas e apoio à definição de políticas públicas.

3 | OBJETIVOS E PLANO DE ATIVIDADES

O objetivo principal do projeto AGIR é criar um sistema de avaliação de desempenho uniformizado que permita quantificar a **eficiência do uso da água e da energia nas redes primária e secundária** (i.e., de transporte e distribuição) dos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Este sistema, constituído por um conjunto de métricas específicas, irá permitir melhorar a eficiência de uso da água e da energia e apoiar a tomada de decisão planeada e sustentada das Entidades Gestoras.

Os **principais objetivos específicos** são:

- Caracterização geral dos Aproveitamentos Hidroagrícolas em termos de perdas de água e de energia;
- Desenvolvimento e teste de metodologias para cálculo dos balanços hídrico e energético e de métricas de avaliação de desempenho específicos para os Aproveitamentos Hidroagrícolas;
- Elaboração da aplicação computacional para cálculo de balanços hídrico e energético e do respetivo sistema de indicadores de desempenho;
- Estimativa global da eficiência hídrica e energética dos Aproveitamentos Hidroagrícolas portugueses;
- Estabelecimento de soluções para melhoria da eficiência hídrica e energética em subsectores dos Aproveitamentos Hidroagrícolas que participam no projeto;
- Integrar também o perfil de consumo dos agricultores, permitindo estimar o impacto que as alterações na eficiência dos sistemas, primários e secundários, possam apresentar em termos de investimentos nas explorações agrícolas, ao nível da rede terciária;
- Elaboração de guias técnicos com recomendações para implementação da metodologia desenvolvida.



3 | OBJETIVOS E PLANO DE ATIVIDADES

CASOS PILOTO

O **projeto AGIR contempla 3 casos-piloto**, de dimensão, complexidade e disponibilidade de informação variadas, que dão suporte ao objetivo do projeto AGIR:

- Associação de Regantes e Beneficiários do **Vale do Sorraia** - sistema predominantemente com superfície livre, área beneficiada de 15.897 ha.
- Associação de Beneficiários da Obra de Rega de **Odivelas** - sistema misto, área beneficiada de 12.281 ha.
- Associação de Beneficiários da Obra da **Vigia** - sistema predominantemente em pressão, área beneficiada de 1.505 ha.

Estes 3 casos piloto, com diferentes sistemas hidráulicos, permitem assegurar que os resultados sejam posteriormente aplicáveis ao universo nacional, atualmente mais de 50 Entidades Gestoras.



3 | OBJETIVOS E PLANO DE ATIVIDADES

Os **Agricultores** são uma peça fundamental para esta avaliação uma vez que são os utilizadores finais - rede terciária - da água transportada e distribuída nas redes primárias e secundárias dos Aproveitamentos Hidroagrícolas e que terão um contributo essencial na definição de **padrões de consumo**.

A qualidade do serviço disponibilizado na rede primária e secundária dos aproveitamentos será assim avaliado, podendo ser recomendado aos agricultores qual o **dimensionamento ótimo dos seus sistemas de rega**, na rede terciária, por forma a beneficiarem das condições ótimas que lhe são oferecidas pelos Aproveitamentos Hidroagrícolas.



3 | OBJETIVOS E PLANO DE ATIVIDADES

As **atividades do Projeto AGIR** encontram-se estabelecidas em três fases, Figura 2:

- A Fase 1 (F1) inclui a caracterização preliminar e o estabelecimento da metodologia para a avaliação da eficiência do uso da água e da energia, nas redes primárias e secundárias dos Aproveitamentos Hidroagrícolas e a sua adequação ao perfil da rede terciária. Esta fase decorreu durante o 1º ano do projeto.
- A Fase 2 (F2) corresponde à implementação, validação e consolidação da metodologia desenvolvida na fase anterior.
- A Fase 3 (F3) contempla a produção de guias técnicos, ações de demonstração e a disseminação dos resultados.

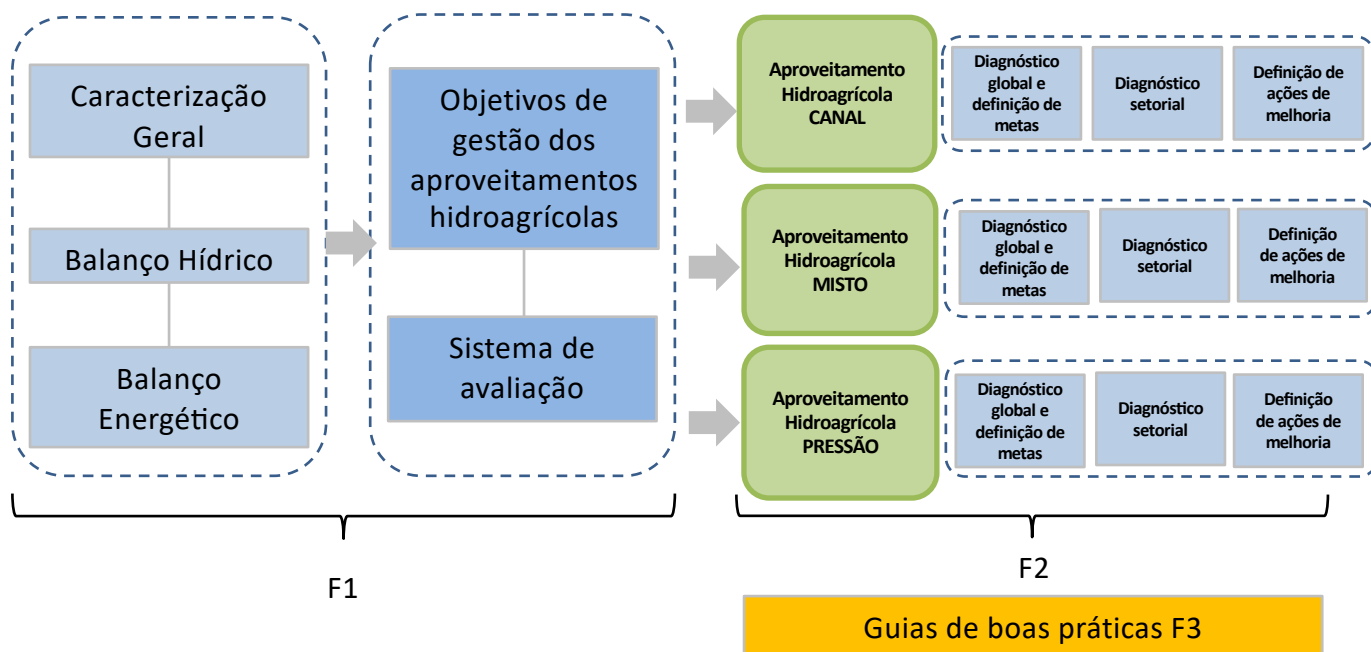


Figura 2 - Atividades do projeto AGIR

4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

O **balanço hídrico** (Figuras 3 e 4 e Quadro 1) é uma ferramenta essencial ao cálculo das métricas de desempenho para apoio na gestão dos Aproveitamentos Hidroagrícolas, assim como, para o cálculo do **balanço energético** (Figuras 5 e 6 e Quadro 2), também em desenvolvimento neste projeto.

4.1 BALANÇO HÍDRICO

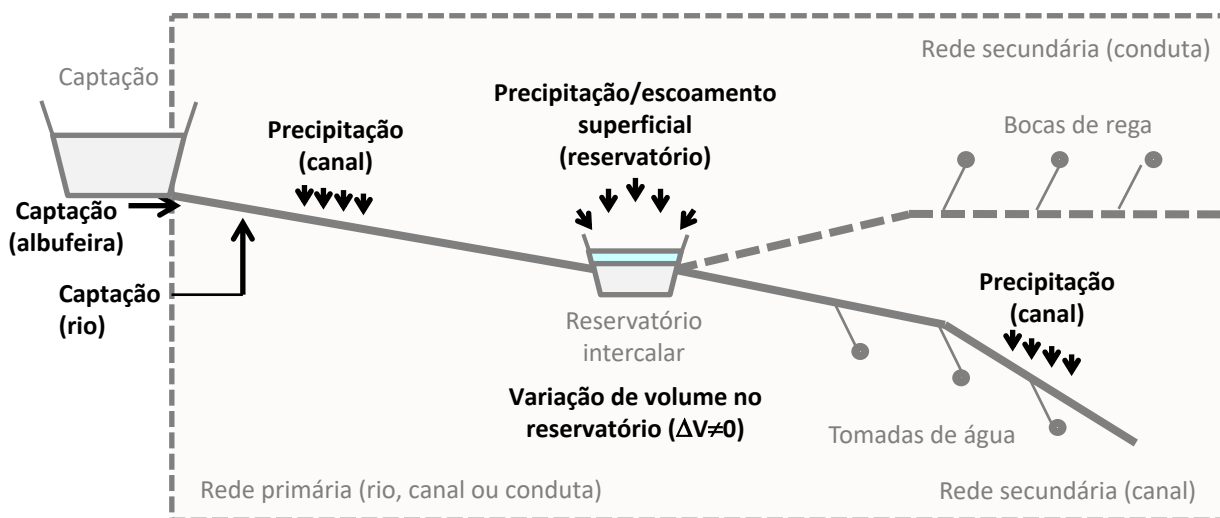


Figura 3 - Componentes de água entrada na rede primária e secundária de um Aproveitamento Hidroagrícola

Fronteira do sistema – Rede primária e secundária até à tomada/boca de rega do regante.

Período de cálculo – Período de serviço do sistema (durante campanha de rega).

Regantes abrangidos – Regantes beneficiários e regantes a título precário que captam água do sistema (o aproveitamento também pode fornecer água a outros utilizadores – indústria e abastecimento urbano).



4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

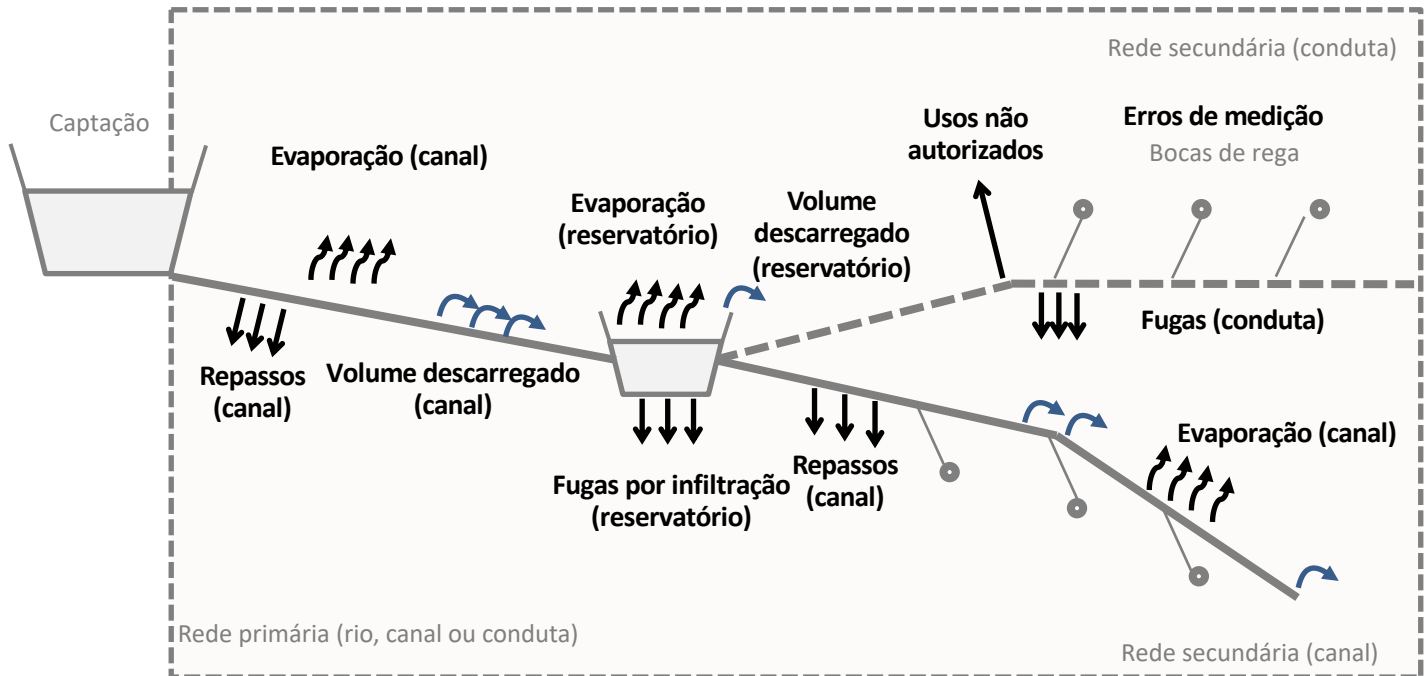


Figura 4 - Componentes de perdas na rede primária e secundária de um Aproveitamento Hidroagrícola

Perdas reais (físicas) – Fugas em condutas, repassos em canais e reservatórios intermédios e descargas de segurança e operação em canais e reservatórios intermédios.

Perdas aparentes – Erros de medição nas tomadas de água diretas e bocas de rega e usos de água não autorizados.

Perdas por evaporação – Na rede primária e secundária em canal e nos reservatórios intermédios.



4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

PROCEDIMENTOS

1. Calcular o volume de água entrada.
2. Determinar o consumo autorizado faturado (medido e não medido).
3. Calcular o volume de água não faturado, subtraindo a água faturada à água entrada no sistema.
4. Calcular o consumo autorizado não faturado (medido e não medido).
5. Obter o consumo autorizado, somando o consumo autorizado faturado e não faturado.
6. Calcular as perdas de água, subtraindo o consumo autorizado à água entrada.
7. Estimar as perdas por evaporação.
8. Avaliar as perdas aparentes.
9. Calcular as perdas reais, subtraindo as perdas por evaporação e as perdas aparentes às perdas de água.
10. Avaliar as componentes de perdas reais pelos melhores métodos disponíveis, somá-las e comparar com o resultados obtido em 9.

Água entrada no sistema (*)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	... medido	Água faturada
			... não medido	
		Consumo autorizado não faturado	... medido	Água não faturada
			... não medido (*)	
	Perdas de água	Perdas por evaporação	... em canal (*)	
			... em reservatórios (*)	
		Perdas aparentes	Usos não autorizados	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Fugas em condutas	
			Repassos em canais (*)	
			Repassos em reservatórios	
			Descargas em canais (*)	
			Descargas em reservatórios	

(*) Componentes ou parcelas inovadoras face ao balanço hídrico definido para os sistemas urbanos. Adaptado a partir da abordagem estabelecida pela IWA - International Water Association (Lambert e Hirner, 2000; Alegre *et al.* 2006)

4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

4.2 BALANÇO ENERGÉTICO

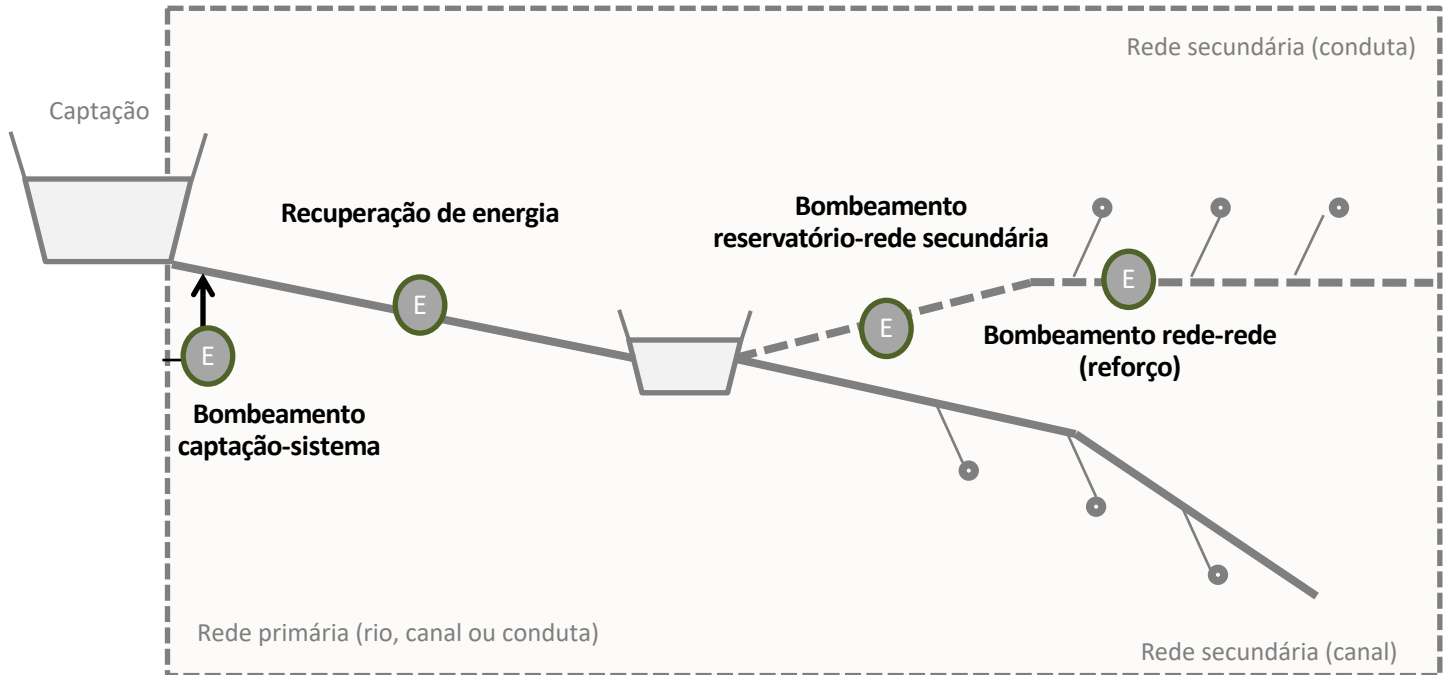


Figura 5 - Componente de bombagem e recuperação de energia na rede primária e secundária de um Aproveitamento Hidroagrícola

Consumo específico (kWh/m^3) – Permite avaliar a evolução de cada equipamento em condições de operação semelhantes, mas não permite comparar a eficiência entre equipamentos sujeitos a diferentes alturas de elevação.

Consumo de energia normalizado [$\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot 100\text{m})$] – Permite comparar a eficiência entre equipamentos de bombagem sujeitos a diferentes alturas de elevação, permite avaliar a energia média de um sistema por m^3 e por 100m de altura de elevação.



4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

Uma vez obtido o balanço hídrico, os volumes estimados são utilizados para calcular as componentes do balanço energético: energia total para garantir o fornecimento de água, energia mínima necessária para assegurar o consumo, energia dissipada (*i.e.*, devida a perdas de água, ineficiência de bombas e turbinas, perdas de carga em canais, condutas, comportas e válvulas), assim como a energia recuperada e a energia supérflua e ao longo do Aproveitamento Hidroagrícola. No balanço energético, todas as componentes são calculadas relativamente a uma dada cota de referência.

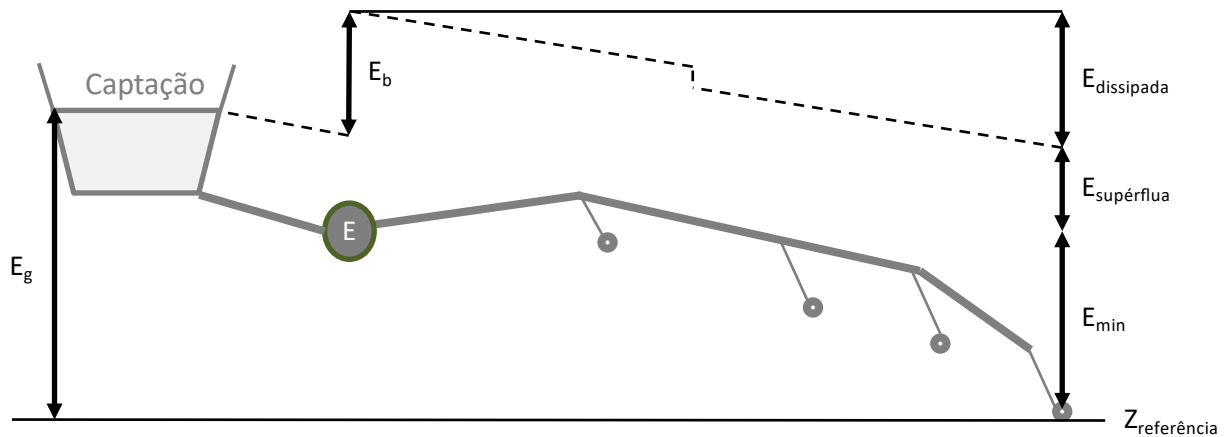


Figura 6 - Conceito base para cálculo do balanço energético

--- Linha de energia

Cota de referência ($Z_{referência}$) – Cota mínima do sistema (m)

Energia potencial gravítica (E_g) – Energia fornecida por gravidade (albufeiras, reservatórios, pontos de entrega) (kWh)

Energia de pressão para bombeamento (E_b) – Energia fornecida por bombeamento (estações elevatórias, sobressoradoras, furos) (kWh)

Energia mínima (E_{min}) – Energia mínima necessária para assegurar o consumo autorizado nas tomadas diretas e bocas de rega (kWh)

Energia supérflua ($E_{supérflua}$) – Energia remanescente em cada boca de rega face à energia mínima (kWh)

Energia dissipada ($E_{dissipada}$) – Energia dissipada por perdas de carga contínuas e localizadas (kWh)

4 | ABORDAGEM PARA CÁLCULO DOS BALANÇOS HÍDRICO E ENERGÉTICO

PROCEDIMENTOS

1. Calcular a energia fornecida ao sistema.
2. Estimar a energia associada a consumo e a perdas através da proporção entre consumo e perdas dada pelo balanço.
3. Calcular a energia mínima do sistema.
4. Calcular a energia dissipada nas bombas e obter, por proporção entre consumo e perdas dado pelo balanço, a energia dissipada em bombas devido a consumo e a perdas.
5. Caso existam turbinas no sistema estimar, por proporção entre consumo e perdas dado pelo balanço, a energia dissipada e recuperada em turbinadas devido a consumo e a perdas.

Energia fornecida ao sistema	Energia associada a consumo autorizado	Energia entregue aos consumidores	Energia mínima
			Energia supérflua (*)
		Energia dissipada associada a consumo	... nas condutas, canais, válvulas e comportas (*)
			... nas bombas
			... nas turbinas
	Energia associada a perdas de água	Energia recuperada	... associada a consumo
			... associada a perdas
		Energia dissipada associada a perdas	... nos pontos onde ocorrem perdas (*)
			... nas condutas, canais, válvulas e comportas (*)
			... nas bombas
			... nas turbinas

(*) Componentes que requerem modelação hidráulica do sistema

Quadro 2 - Balanço energético

5 | SISTEMA DE AVALIAÇÃO

É constituído por um conjunto de métricas específicas para os Aproveitamentos Hidroagrícolas, que permitirá melhorar a eficiência de uso da água e da energia e apoiar a tomada de decisão planeada e sustentada das Entidades Gestoras de abastecimento de água para rega.

O projeto AGIR baseia-se no know-how adquirido nas Entidades Gestoras de abastecimento urbano de água no desenvolvimento de Planos de Gestão de Perdas de Água e de Energia, através do projeto colaborativo iPerdas - Iniciativa Nacional para a Gestão Eficiente de Perdas (www.iperdas.org), liderado pelo LNEC.

A metodologia adotada neste projeto para a realização do balanço hídrico e cálculo de indicadores de desempenho de perdas de água teve em conta os princípios e recomendações da *International Water Association* e da ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (Alegre *et al.*, 2000; Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2005).

Apresenta-se, na Figura 7, as principais fases do planeamento.

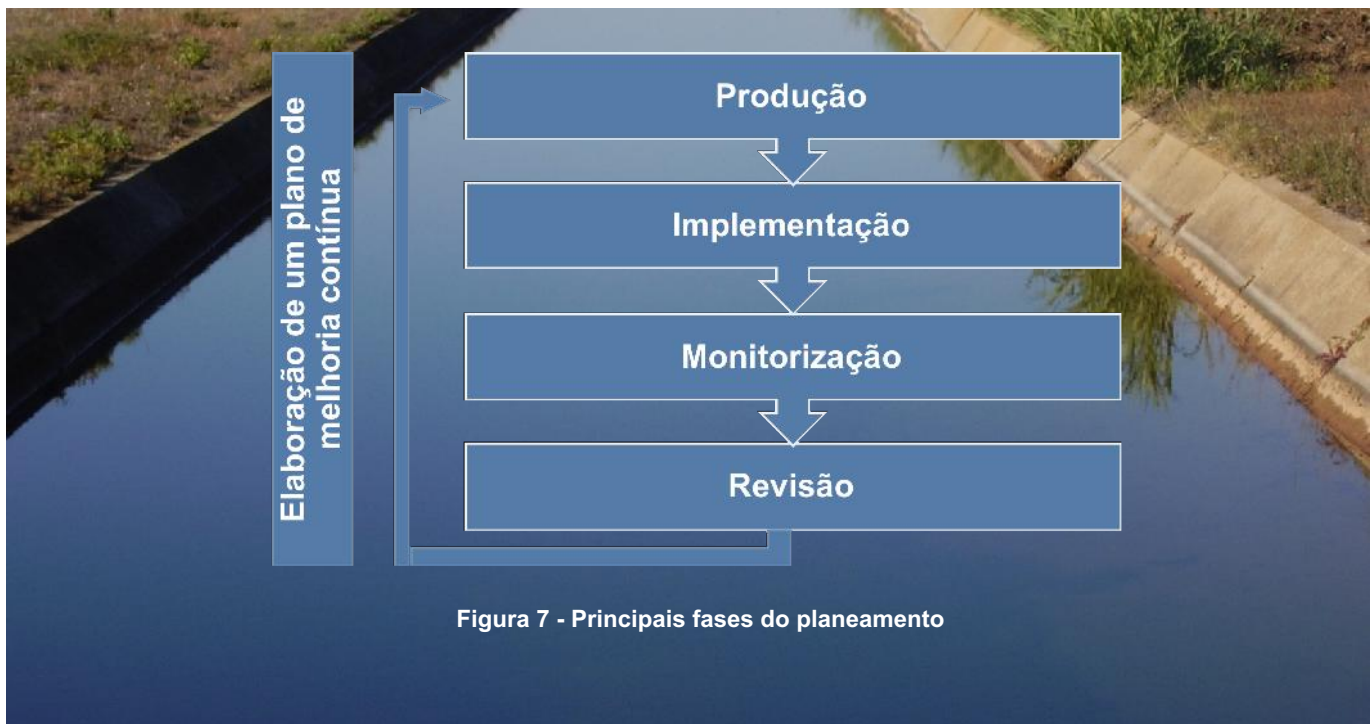


Figura 7 - Principais fases do planeamento

5 | SISTEMA DE AVALIAÇÃO

Objetivo 1 - Sustentabilidade da prestação do serviço

A avaliar de acordo com critérios de sustentabilidade económico-financeira, infraestrutural e de eficiência operacional e de manutenção.

Objetivo 2 - Promover o uso eficiente da energia

A avaliar de acordo com critérios de sustentabilidade económica no consumo de energia, eficiência na utilização de energia e capacidade de recuperação de energia.

Objetivo 3 - Assegurar a sustentabilidade ambiental

A avaliar de acordo com critérios de eficiência na utilização dos recursos hídricos e de reutilização de água.

Objetivo 4 - Adequação do serviço prestado aos regantes

A avaliar de acordo com critérios de acessibilidade (cobertura do serviço, acessibilidade económica) e de qualidade do serviço.

Quadro 3 – Objetivos do Sistema de Avaliação



5 | SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A existência de um sistema de avaliação para apoio à gestão de perdas de água e de ineficiências energéticas em Aproveitamentos Hidroagrícolas possibilita um diagnóstico e uma tomada de decisão atendendo ao seu impacto em múltiplas dimensões, como seja a económica, infraestrutural, ambiental e qualidade do serviço.

Com a existência deste sistema de avaliação garante-se uma maior sistematização destes processos. Para além de permitir avaliar globalmente um sistema e de identificar setores prioritários de intervenção, permite avaliar o impacto da implementação de medidas de melhoria ao longo do tempo num dado Aproveitamento Hidroagrícola e a comparação entre diferentes Aproveitamentos.

Orientado por objetivos, um sistema de avaliação é composto por critérios de avaliação, indicadores de desempenho, valores de referência e metas.



5 | SISTEMA DE AVALIAÇÃO

Critérios	Indicadores de desempenho
1.1 Sustentabilidade económico-financeira	AH01 – Cobertura de gastos totais (%) AH02 – Adesão ao serviço (%) AH03 – Água não faturada (%)
1.2 Sustentabilidade infraestrutural	AH04 – Índice de valor de infraestrutura (-) AH05 – Vida residual (restante) das bombas (-) AH06 – Avarias na rede [nº/(100km.ano)]
1.3 Eficiência operacional e de manutenção	AH07 – Perdas de água por comprimento de rede (m³/km/dia) AH08 – Capacidade dos reservatórios intercalares (m³/ha.ano)
2.1 Sustentabilidade económica no consumo de energia	AH09 – Gastos de energia elétrica (%)
2.2 Eficiência na utilização de energia	AH10 – Consumo de energia normalizado [kWh/(m³.100m)] AH11 – Rácio entre a energia fornecida e a energia mínima (-)
2.3 Capacidade de recuperação de energia	AH12 – Produção própria de energia (%)
3.1 Eficiência na utilização dos recursos hídricos	AH13 – Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%) AH14 – Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%) AH15 – Utilização de água por regantes a título precário (%)
3.2 Reutilização de água	AH16 – Reutilização de água (%)
4.1 Acessibilidade do serviço	AH17 – Cobertura de serviço (%) AH18 – Capacidade de transporte (%) AH19 – Acessibilidade económica (%)
4.2 Qualidade do serviço	AH20 – Falhas no serviço (n.º/(1000 hidrantes.ano)) AH21 – Adequação do abastecimento (%) AH22 – Área beneficiada com fornecimento de água imediato (%)

Quadro 4 – Critérios e Indicadores de Desempenho no Sistema de Avaliação
 (Estrutura preliminar da 1ª fase do projeto)

6 | RESULTADOS DO CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO

Os **resultados preliminares do balanço hídrico** indicam que a água não faturada (i.e., consumo autorizados não faturados, perdas por evaporação, perdas aparentes, perdas reais) é muito variável entre os três Aproveitamentos Hidroagrícolas. As perdas reais representam a maior proporção da água não faturada nos três Aproveitamentos Hidroagrícolas. No caso do Aproveitamento Hidroagrícola exclusivamente em pressão, para além das perdas reais, as perdas aparentes, devidas a erros de medição, são bastante relevantes em termos de água não faturada. As perdas por evaporação nos sistema em canal e misto são muito reduzidas face às restantes componentes de perdas.

Estes resultados sugerem a importância de investir na reabilitação das infraestruturas existentes, para além de evidenciarem a necessidade de um melhor controlo operacional das perdas físicas.

Evidenciam também a necessidade de conhecer melhor os erros de medição e de melhorar os procedimentos de recolha de dados (e.g., descargas ao longo do Aproveitamento Hidroagrícola, intervenções de manutenção e de reparação).



6 | RESULTADOS DO CÁLCULO DO BALANÇO ENERGÉTICO

Os **resultados preliminares do balanço energético** permitiram quantificar, para além da energia mínima necessária para assegurar o consumo autorizado, as ineficiências associadas às instalações elevatórias, a energia dissipada devida a perdas de água, dissipada na rede e a energia recuperada.

No sistema em canal, a energia mínima tem um peso significativamente inferior na energia fornecida, relativamente ao sistema misto e em pressão. Destaca-se neste sistema o impacto positivo que a recuperação de energia tem no aproveitamento deste excesso de energia.

Decorrente da relação entre o balanço hídrico e o balanço energético, o peso da energia dissipada devida a perdas de água nestes sistemas é também bastante significativo. Assim, medidas para gestão de perdas de água poderão ter um impacto direto muito significativo na energia que é fornecida ao sistema.

Relativamente às ineficiência das instalações elevatórias, componente tradicionalmente avaliada, os resultados globais indicam valores de eficiência bons ou aceitáveis. Verifica-se que, através do cálculo do balanço energético é possível quantificar outras origens de ineficiência relevantes, para além dos equipamentos de bombagem.



7 | APRECIACÃO GLOBAL

Desenvolveram-se ferramentas essenciais na gestão de perdas de água e energia nos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Os instrumentos desenvolvidos, durante esta 1ª fase do projeto, como os balanços hídrico e energético e o sistema de avaliação, aplicados e testados nos 3 casos piloto, devem ser utilizados no diagnóstico, priorização e identificação das áreas de intervenção e de alternativas de melhoria nos sistemas de distribuição e transporte de água para rega.

Pretende-se que a metodologia seja alargada, no futuro, a outros Aproveitamentos Hidroagrícolas. Os resultados do projeto AGIR contribuirão para a sustentabilidade destes sistemas e consequentemente, das explorações agrícolas.

Os resultados preliminares demonstram a importância de investir na reabilitação das infraestruturas existentes, na manutenção dos equipamentos de medição, além da necessidade de melhorar o controlo operacional da rede para uma gestão mais eficiente do binómio água e energia.



8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H.; Coelho, S. T.; Almeida, M. D. C.; Vieira, P. (2005). Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. IRAR, LNEC e INAG. Série Guias Técnicos N.º3, ISBN: 972-99354-4-0 (306 p.).

Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. e Parena, R. (2006). Performance indicators for water supply services (2ª ed.). Londres: IWA Publishing.

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M. & Parena, R. (2000). Performance indicators for water supply services. Manual of Best Practice Series, IWA Publishing, London, ISBN 1 900222 27 2 (160 pp.).

Alegre, H.; Hirner, W.; Baptista, J. M.; Parena, R. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de água (versão portuguesa actualizada e adaptada de "Performance indicators for water supply services", IWA Publishing, 2000). Lisboa, IRAR e LNEC., ISBN: 972-99354-2-4 (278 p.).

DGADR (2014). Estratégia Para O Regadio Público 2014-2020.

Lambert, A. and Hirner, W. (2000) Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA Blue Pages.

SIR (2017). Sistema de Informação do Regadio. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa.





AGRO-VALE Longo, Lda.

Mencoca Agricultura, Lda.

Sociedade Agrícola Bico da Vela II