



## Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

**Jorge Cardoso Gonçalves**

Co-Fundador e Partner da WSCM – Water Services Consulting and Management, Lda

Presidente da Comissão Diretiva da APRH

Presidente da Comissão Organizadora Internacional do 16º SILUSBA



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

### 1. ENQUADRAMENTO

### 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

### 3. SISTEMA PAIVA DOURO

### 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

### 5. NOTAS FINAIS

### 6. QUE FUTURO?



# NOTA INTRODUTÓRIA

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## Gestão Eficaz e Eficiente das Infraestruturas Hidráulicas

- É crucial para corresponder às necessidades da sociedade e assegurar a proteção dos recursos hídricos
- O envolvimento transversal da estrutura e o compromisso dos colaboradores são elementos essenciais

## Metodologia de Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

- Uma metodologia que assenta na introdução de uma filosofia de organização
  - que mobiliza os meios existentes
  - que envolve os recursos disponíveis
  - que faculta as ferramentas simples

## Sistema Paiva-Douro

- Constituído pelos concelhos de Arouca e de Cinfães – *tese aplicada ao caso de estudo do SAA-Arouca*
- Apresenta-se uma síntese de informações e análise de evolução com a aplicação da metodologia

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# ENQUADRAMENTO

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## Infraestruturas e Sociedade

- O património das infraestruturas representa um importante indicador do desenvolvimento socioeconómico de um país ou região
- As infraestruturas hidráulicas urbanas possibilitam o aproveitamento do recurso água, preservando as origens e salvaguardando os meios recetores
- O acesso a água segura e a adequada recolha e tratamento de águas residuais constituem um contributo e um avanço fundamental no âmbito da medicina preventiva, de acordo com um nexus água e saúde pública

## Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

- Apresentação da metodologia desenvolvida no âmbito da tese de doutoramento intitulada “Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas”
- Aplicada ao Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca) e propulsora de um conjunto de medidas entretanto implementadas no Sistema Paiva-Douro, pertencente ao Sistemas de Águas da Região do Noroeste (SARN)

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## Metodologia de GOIH

### Estrutura Geral

#### Contexto

- Desafios
- Organização

#### Áreas Operacionais

- Avaliação
- Exploração
- Intervenção

#### Infraestruturas Hidráulicas

- Abastecimento de Água
- Drenagens Residuais
- Drenagens Pluviais

- Monitorização / Revisão / Melhoria Contínua

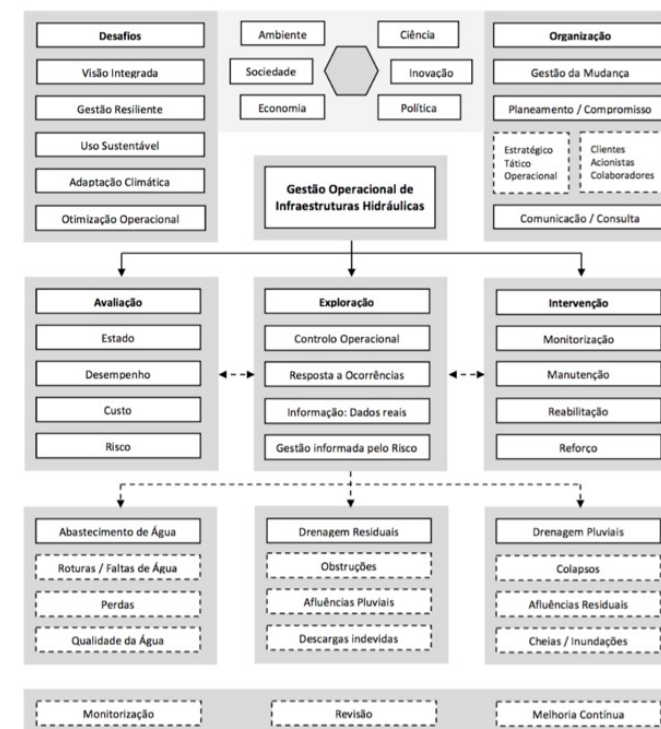
Estado  
Desempenho  
Custo  
Risco

Controlo Operacional  
Resposta a Ocorrências  
Informação: Dados reais  
Gestão Informada: Risco

Monitorização  
Manutenção  
Reabilitação  
Reforço

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25



- GOIH como **elemento agregador de conceitos de gestão** patrimonial, gestão do risco e gestão técnica
- **Modelo de gestão comum**, adaptável a diferentes cenários
- Metodologia que atenda aos desafios do setor, às dinâmicas organizacionais e às questões operacionais

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

### 1. ENQUADRAMENTO

### 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

### 3. SISTEMA PAIVA DOURO

### 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

### 5. NOTAS FINAIS

### 6. QUE FUTURO?



# GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## Metodologia de GOIH (cont.)

### Apoio à Decisão

- **Visão integrada** do investimento – retorno estratégico e operacional
- Podem colocar-se algumas **questões**:

- Onde investir?
- Quanto investir?
- Quando investir?
- Como investir?

### • Estratégia de Investimento

- Orientações globais de investimento
- Baseada na avaliação proposta
- Índices de Tomada de Decisão

### • Estratégia Operacional

- Síntese de ocorrências e desempenho
- Estimativa de investimentos, ganhos e retornos

### • Estratégia de Decisão Específica

- Semelhante à Estratégia Operacional
- Por intervenção, com maior especificidade

- Flexível e aplicável a diferentes estados contextos

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

Índice de Avaliação de Estado – IAE

Índice de Avaliação de Desempenho – IAD

Índice de Avaliação de Risco – IAR

Índice de Relevância Operacional – IRO

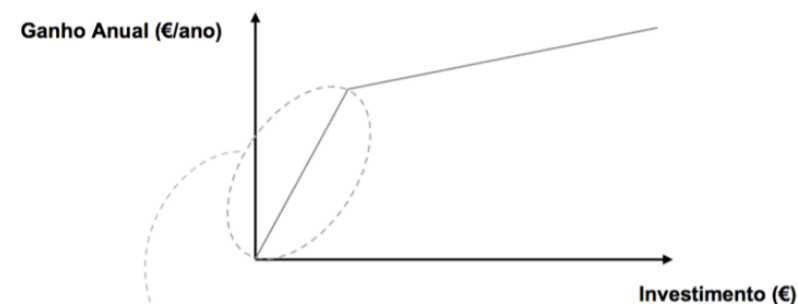
Índice de Fatores de Contexto – IFC

Índice de Investimento Infraestrutural – III

Índice de Investimento Operacional – IIO

$$R = \frac{I}{GA}$$

Investimento – I  
Ganho Anual – GA  
Retorno – R



Seleção de investimentos com um período de retorno mais reduzido

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# SISTEMA PAIVA-DOURO

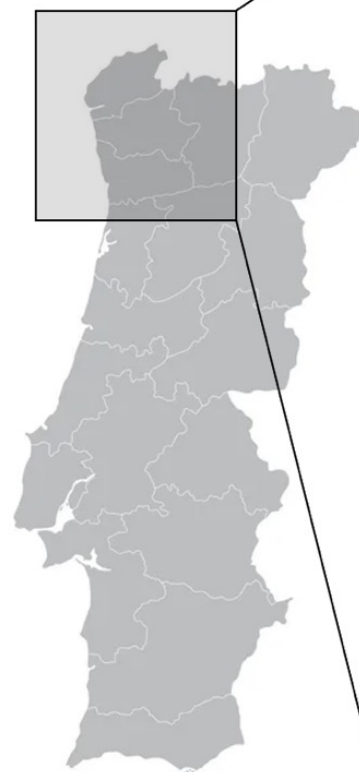
## Grandes Números

### Abastecimento de Água

- 620 km de redes municipais
- 72 zonas de medição de controlo
- 49 reservatórios
- 11 pontos de entrega “em alta”
- 26 de captações de água
- 21 sistemas de tratamento
- 5 estações elevatórias
- 386 válvulas redutoras de pressão

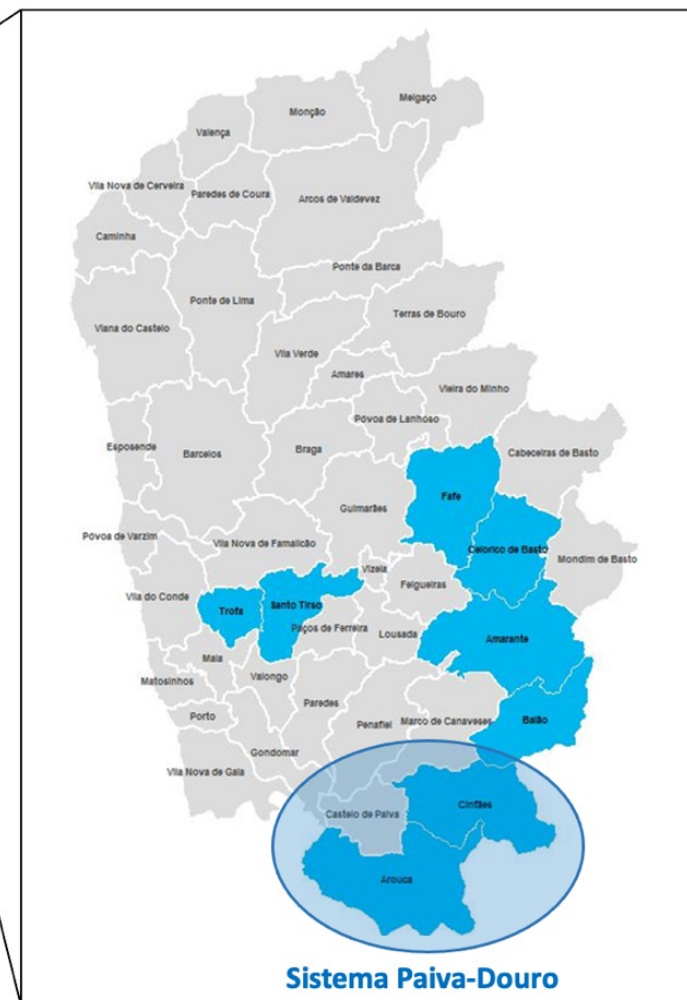
### Águas Residuais

- 260 km de redes municipais
- 12 ETAR
- 30 pontos de entrega “em alta”
- 6 fossas sépticas coletivas
- 30 estações elevatórias
- 28 zonas de drenagem



JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25





0. NOTA INTRODUTÓRIA

1. ENQUADRAMENTO

2. GESTÃO DE  
INFRAESTRUTURAS  
HIDRÁULICAS

3. SISTEMA PAIVA DOURO

4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

5. NOTAS FINAIS

6. QUE FUTURO?

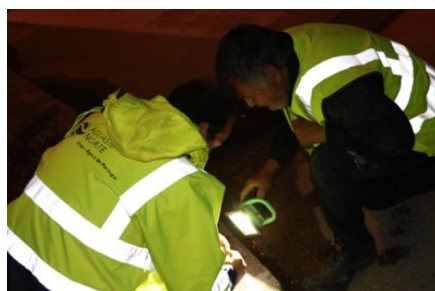
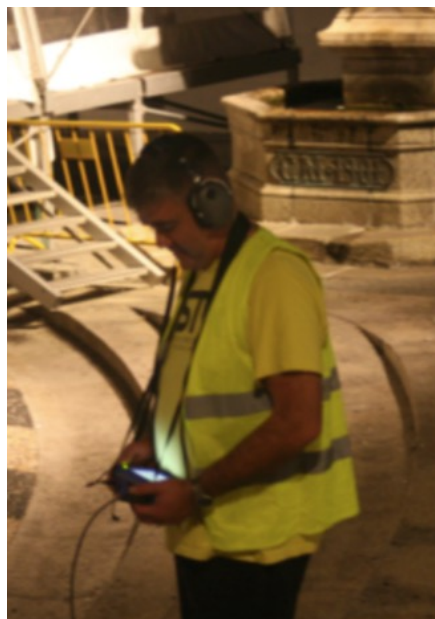


## EFICIÊNCIA HÍDRICA – aplicação

### SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25



0. NOTA INTRODUTÓRIA

1. ENQUADRAMENTO

2. GESTÃO DE  
INFRAESTRUTURAS  
HIDRÁULICAS

3. SISTEMA PAIVA DOURO

4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

5. NOTAS FINAIS

6. QUE FUTURO?



## EFICIÊNCIA HÍDRICA – intervenções

### SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

#### Intervenções efetuadas

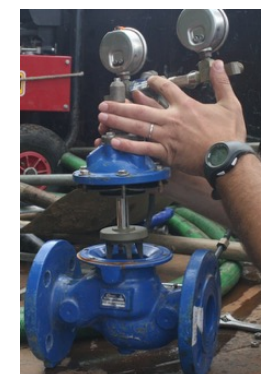
- Unidades operacionais
  - Monitorização
  - Manutenção
  - Reabilitação
  - Reforço
- No decorrer da tese foram propostas um conjunto de intervenções, tendo sido parte delas já executadas
- Monitorização – diversas rotinas em curso
- Manutenção – reservatórios e importantes ações de manutenção ao parque de VRP



VRP do SAA-Arouca – apresentam particular relevância, pelo efeito que a gestão de pressões poderá ter na otimização dos sistemas de abastecimento de água, particularmente nos sistemas que se encontram instalados em locais com a orografia do concelho de Arouca

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25





## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# EFICIÊNCIA HÍDRICA – intervenções

## SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

### Intervenções efetuadas

- No que se refere à gestão de pressões no SAA-Arouca, desde o arranque da Parceria do Noroeste, salientam-se os seguintes números:
  - Instalação de cerca de 150 VRP
  - Substituição de mais de 80 VRP
  - Manutenção de mais de 250 VRP
  - Monitorização de mais de 100 VRP
  - Instalação de 5 duplos patamares de pressão em VRP



JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# EFICIÊNCIA HÍDRICA – intervenções

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## Reabilitação e Reforço de Condutas e Coletores

- Efetuou-se um levantamento de intervenções de reabilitação e reforço efetuadas e a efetuar
- Foram priorizadas as intervenções – de acordo com o risco, a relevância e a disponibilidade de recursos

## Pavimentações

- Efetuou-se um levantamento de pavimentações efetuadas e a efetuar



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



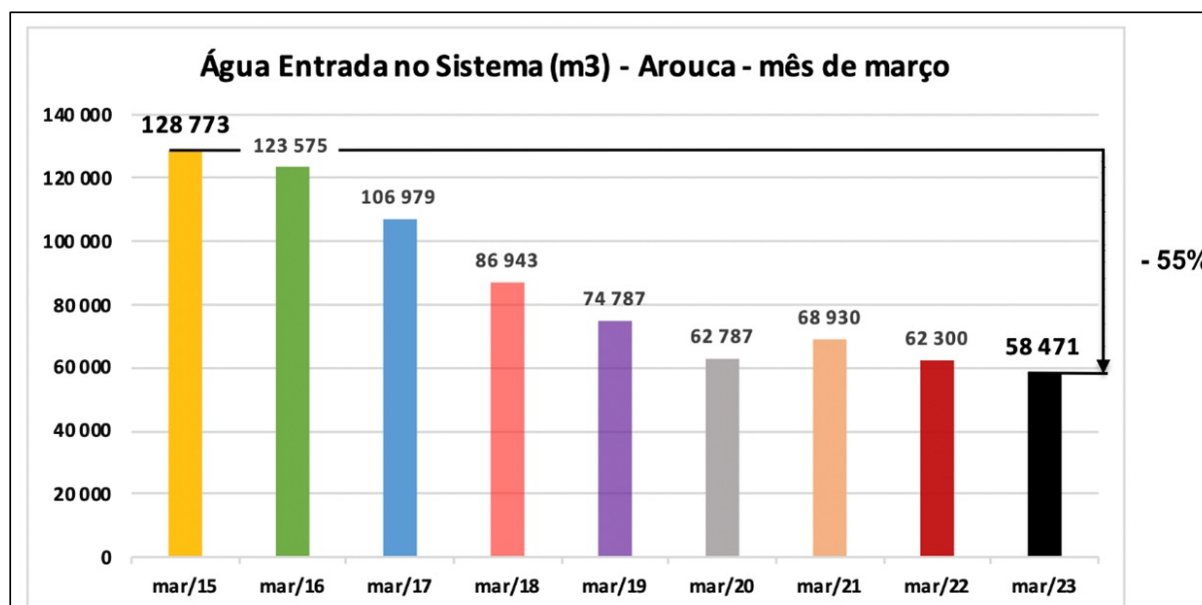
# EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

- O combate às perdas de água no concelho de Arouca foi uma aposta clara da equipa de exploração
- As ações propostas e implementadas com recurso a ferramentas de apoio à decisão, traduziram-se numa substancial redução das perdas de água



### Março/2015 vs Março/2023 - Combate às Perdas de Água

Redução de 55% da Água Entrada no Sistema, adquirida "em alta" à AdDP, com:

- Aumento de 14% do número de clientes
- Diversos sistemas autónomos desativados e ligados ao sistema abastecido "em alta"



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

## SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

### Visão da Gestão Operacional

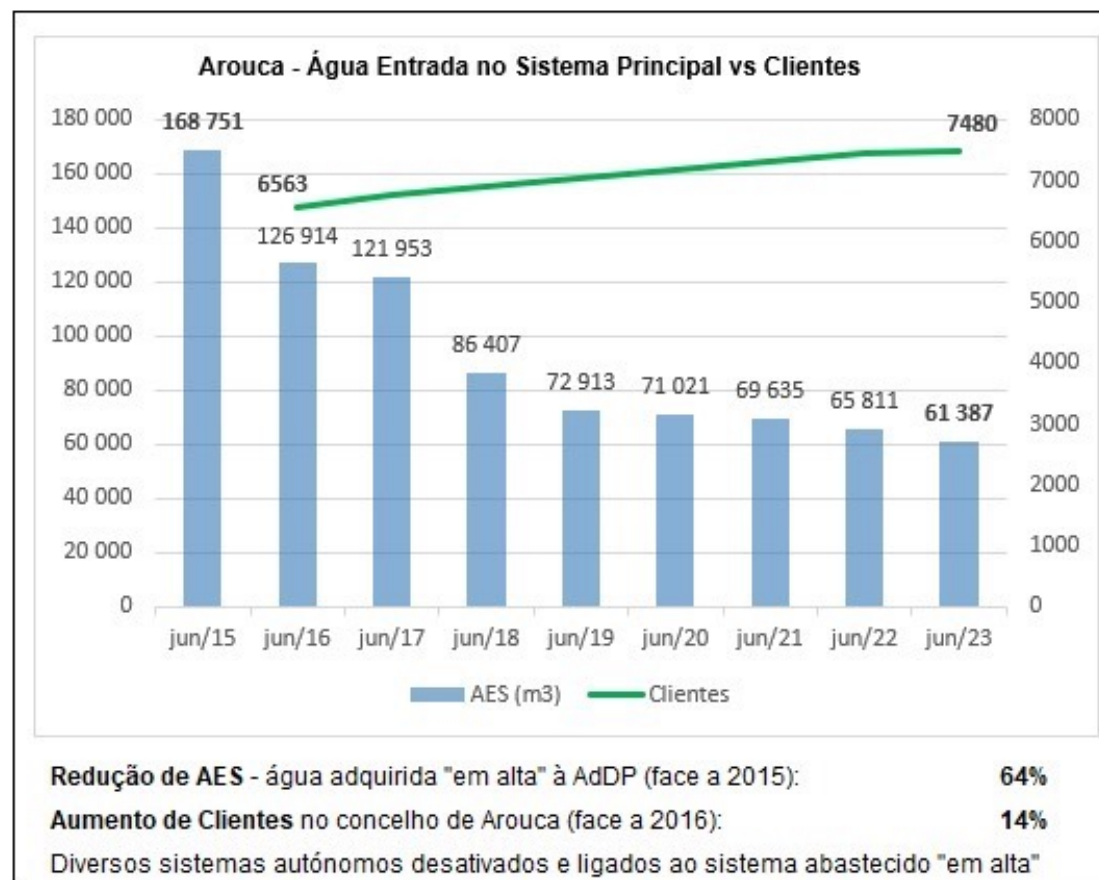
Mas mais do que uma estratégia de combate às perdas de água, incorpora uma visão da Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas defendendo que

- i) a **otimização dos procedimentos operacionais**,
- ii) a **organização das equipas e dos meios**,
- iii) uma **boa gestão das infraestruturas hidráulicas**

constitui um caminho global que possibilita que se incremente a eficiência hídrica, energética, económica e operacional tornando os sistemas mais robustos e mais resilientes

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25





## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

### 1. ENQUADRAMENTO

### 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

### 3. SISTEMA PAIVA DOURO

### 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

### 5. NOTAS FINAIS

### 6. QUE FUTURO?



## EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

### SAA-Arouca – aplicação da metodologia num "laboratório vivo"

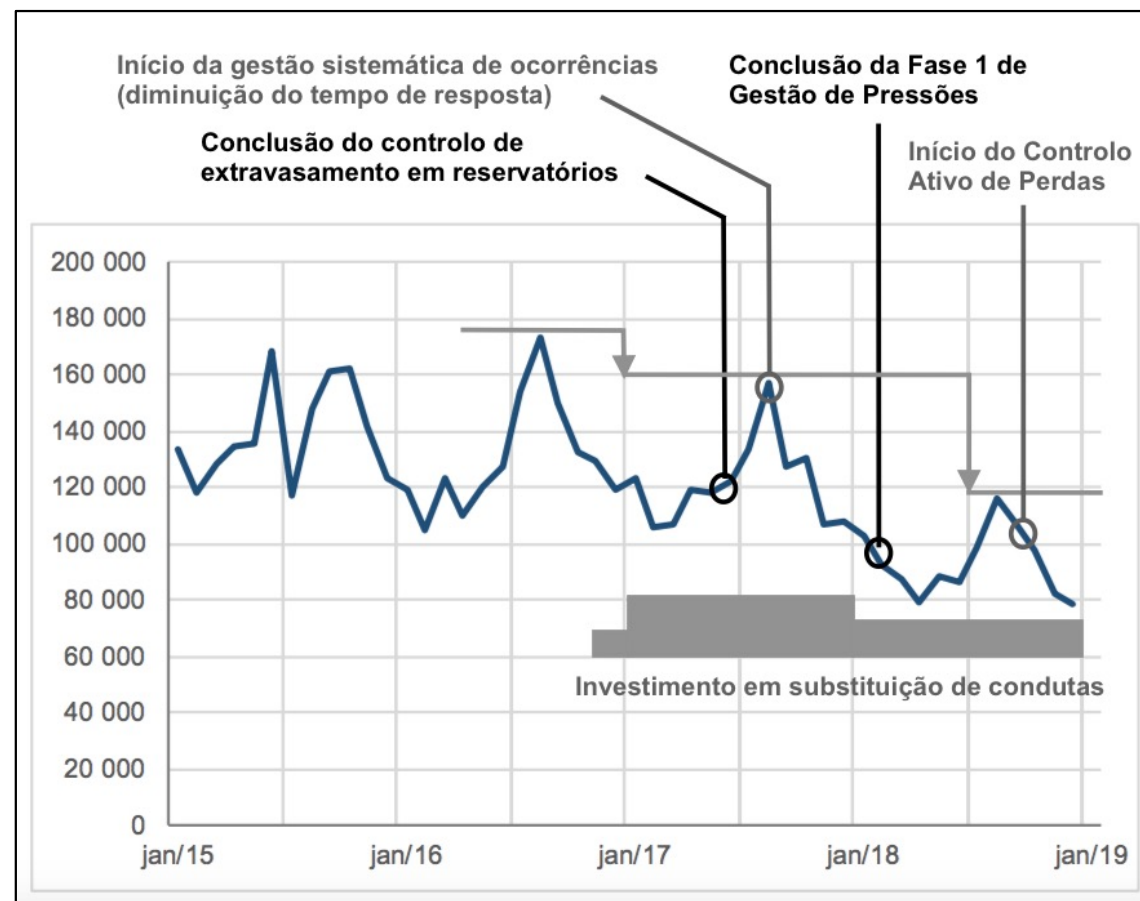
#### Redução de Perdas Reais

##### Operacionalização

- Eliminação do extravasamento em reservatórios
- Gestão de pressões
- Diminuição do tempo de resposta na reparação de roturas
- Controlo ativo de perdas (constituição de equipa funcional de perdas)
- Substituição de condutas

JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

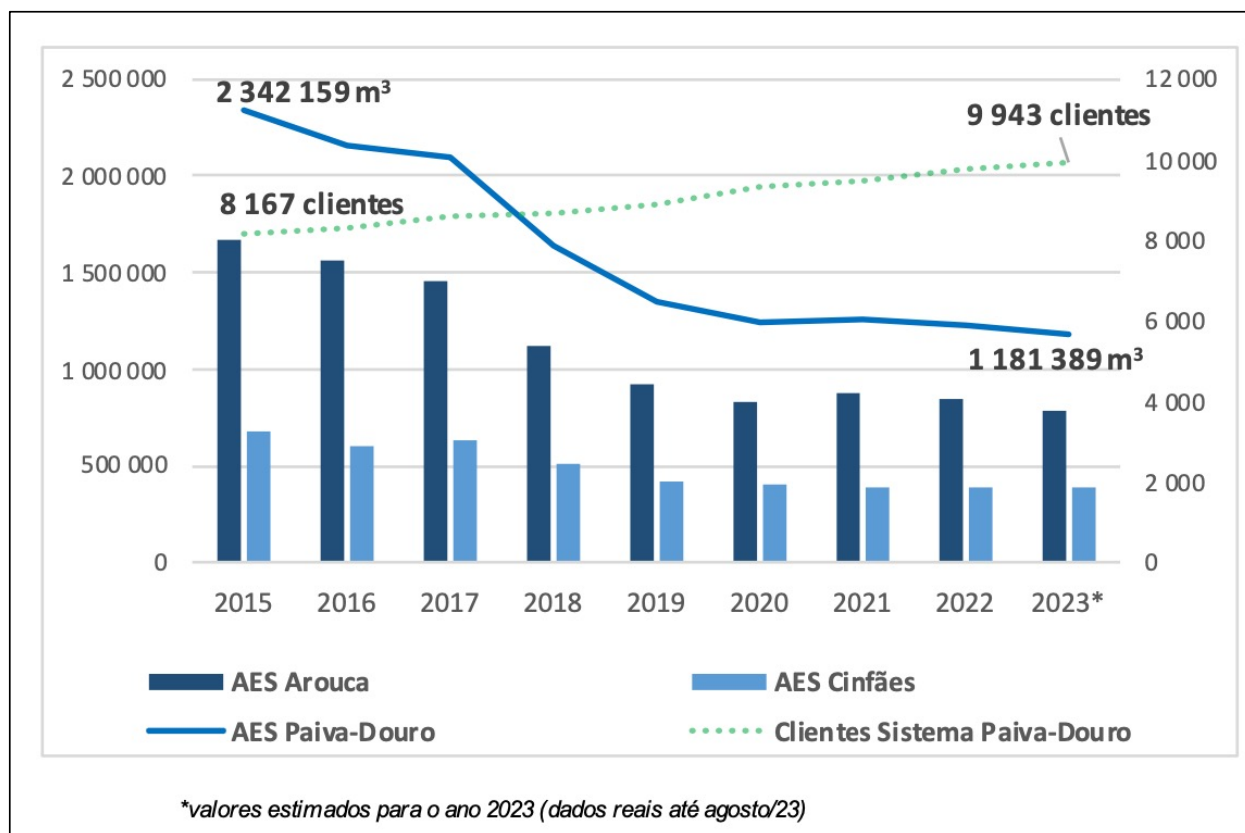
JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## Sistema Paiva-Douro – os “grandes números”

### Síntese de Ganhos Operacionais – Redes “em baixa” do Sistema Principal

- Metade da água comprada • Aumento de número de clientes • Desativação de diversas origens autónomas



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?

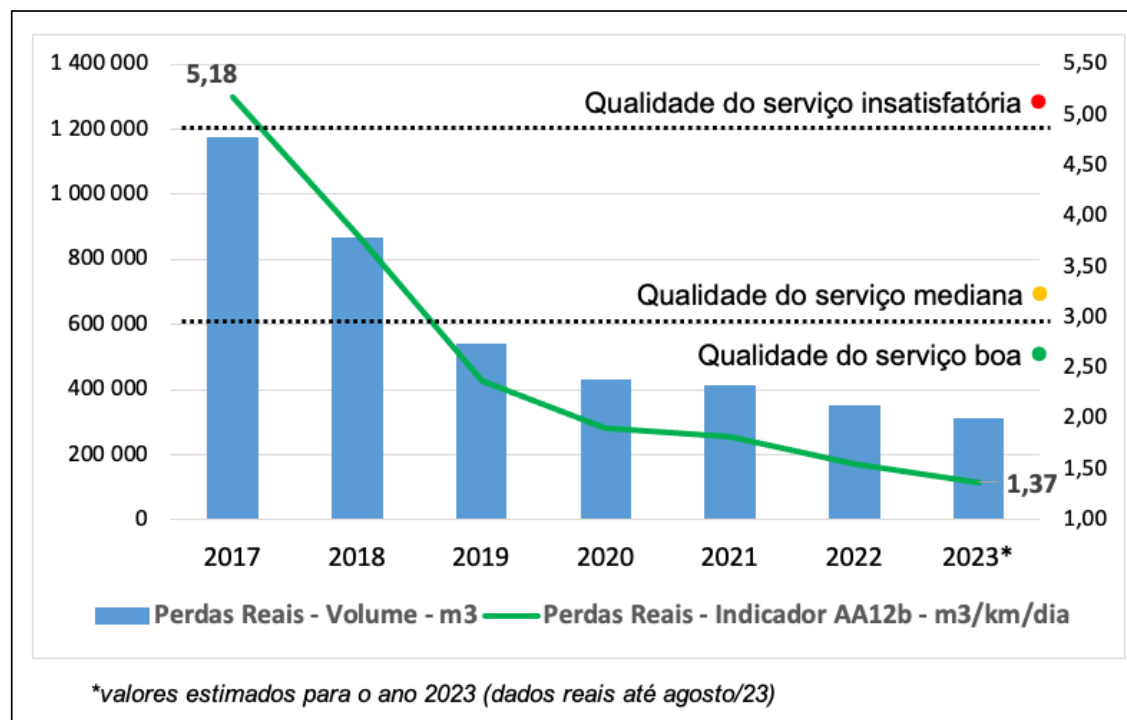


# EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

## Sistema Paiva-Douro – os “grandes números”

### Perdas Reais – evolução desde o arranque da Parceria do Noroeste

- De acordo com os indicadores da ERSAR, pode aplicar-se o Indicador de Perdas Reais AA12b (sistemas em baixa) a sistemas com uma densidade de ramais inferior a 20/km.
- O Sistema Paiva-Douro apresenta uma extensão total de 880 km de rede de abastecimento de água e abastece cerca de 11 000 ramais, o que resulta numa densidade de 12,5 ramais por km de rede.



JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

De acordo com o RASARP (2022), a **média nacional** do indicador de perdas reais de água A12b, no ano de 2021, foi de **2,3 m³/km/dia**

O Sistema Paiva-Douro apresenta do indicador de A12b de **1,37 m³/km/dia**, que corresponde a uma qualidade de serviço boa e é mais baixo do que a média nacional

## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

## 6. QUE FUTURO?



# EFICIÊNCIA HÍDRICA – resultados

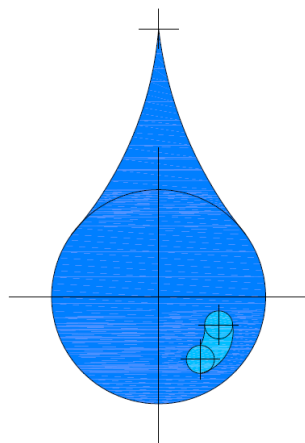
JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

## Sistema Paiva-Douro – os “grandes números”

### Síntese de Ganhos Operacionais – Perspetiva Global – Redes “em baixa” e “em alta”

Numa perspetiva de eficiência (hídrica, energética e ambiental) global (“em baixa” pela Águas do Norte, S.A. e “em alta” pela Águas do Douro e Paiva, S.A.)



|                                                                                      |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Redução de <b>Perdas de Água</b> (0,5207 €/m <sup>3</sup> )                          | 6 578 953 m <sup>3</sup> (3 425 661€) |
| Redução de <b>Consumo de Energia Elétrica</b> (0,44€/m <sup>3</sup> )                | 26 315 812 kWh (2 894 739 €)          |
| Redução de <b>Roturas</b> (400 €/rotura)                                             | 8 037 un (3 214 800 €)                |
| Redução de <b>Emissões de CO<sub>2</sub></b> (188 gCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 1 237 ton de CO <sub>2</sub>          |

**Globalmente**, estima-se que o incremento de **Eficiência Hídrica (e energética)** no Sistema Paiva-Douro se traduza, de 2015 a 2023, numa **redução de custos operacionais de cerca de 9,53 M€**.



## 0. NOTA INTRODUTÓRIA

## 1. ENQUADRAMENTO

## 2. GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

## 3. SISTEMA PAIVA DOURO

## 4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

## 5. NOTAS FINAIS

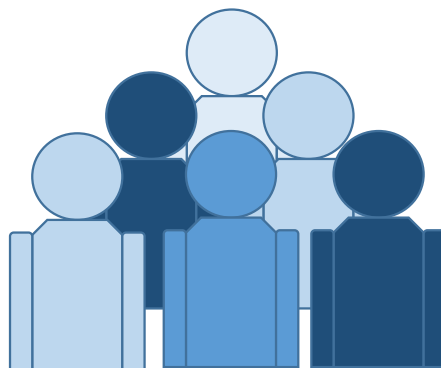
## 6. QUE FUTURO?



# NOTAS FINAIS

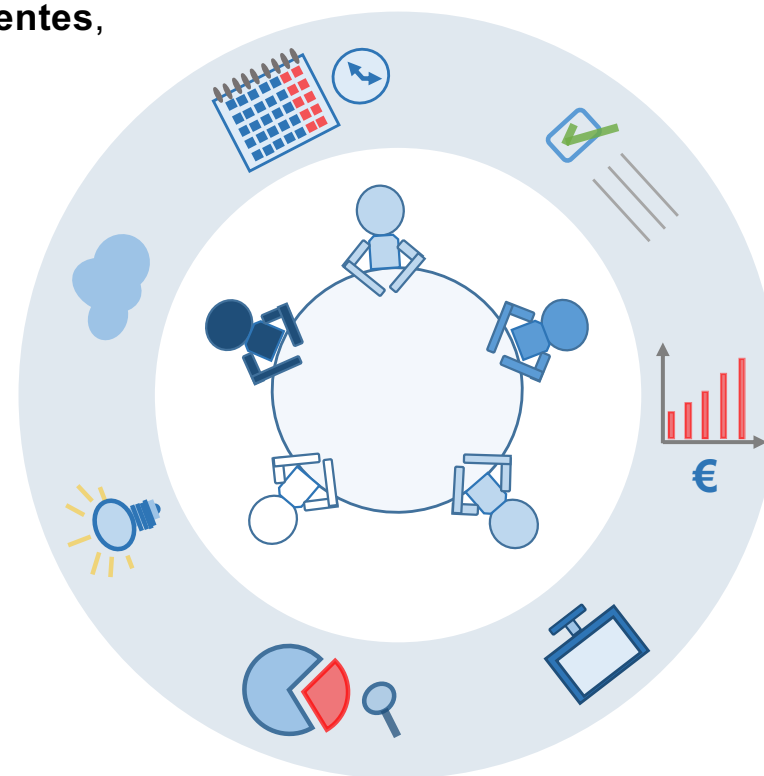
## Conclusão

Propõe-se um **modelo de gestão operacional** de infraestruturas que assenta, sobretudo, na introdução de uma filosofia de **ORGANIZAÇÃO**, que **mobiliza os meios existentes**, que **envolve os recursos disponíveis** e que **faculta as ferramentas simples**, com vista à **otimização operacional** e ao **apoio à decisão**.



JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25



0. NOTA INTRODUTÓRIA

1. ENQUADRAMENTO

2. GESTÃO DE  
INFRAESTRUTURAS  
HIDRÁULICAS

3. SISTEMA PAIVA DOURO

4. EFICIÊNCIA HÍDRICA

5. NOTAS FINAIS

6. QUE FUTURO?



## QUE FUTURO?

Serviços especializados  
de consultoria e capacitação



JORGE CARDOSO GONÇALVES

Moçambique – Maputo, 28.05.25

16º SILUSBA · XI CPGZC

**Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas**

28 de maio de 2025

Muito obrigado!



**Jorge Cardoso Gonçalves**

APRH | WSCM

Engenheiro Civil – MSc, PhD

[jjtc.goncalves@gmail.com](mailto:jjtc.goncalves@gmail.com)

+351 918425218

