II SEMINÁRIO MUNICIPAL
DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO
Grupo Águas de Portugal

PROJETO MARCLAIMED

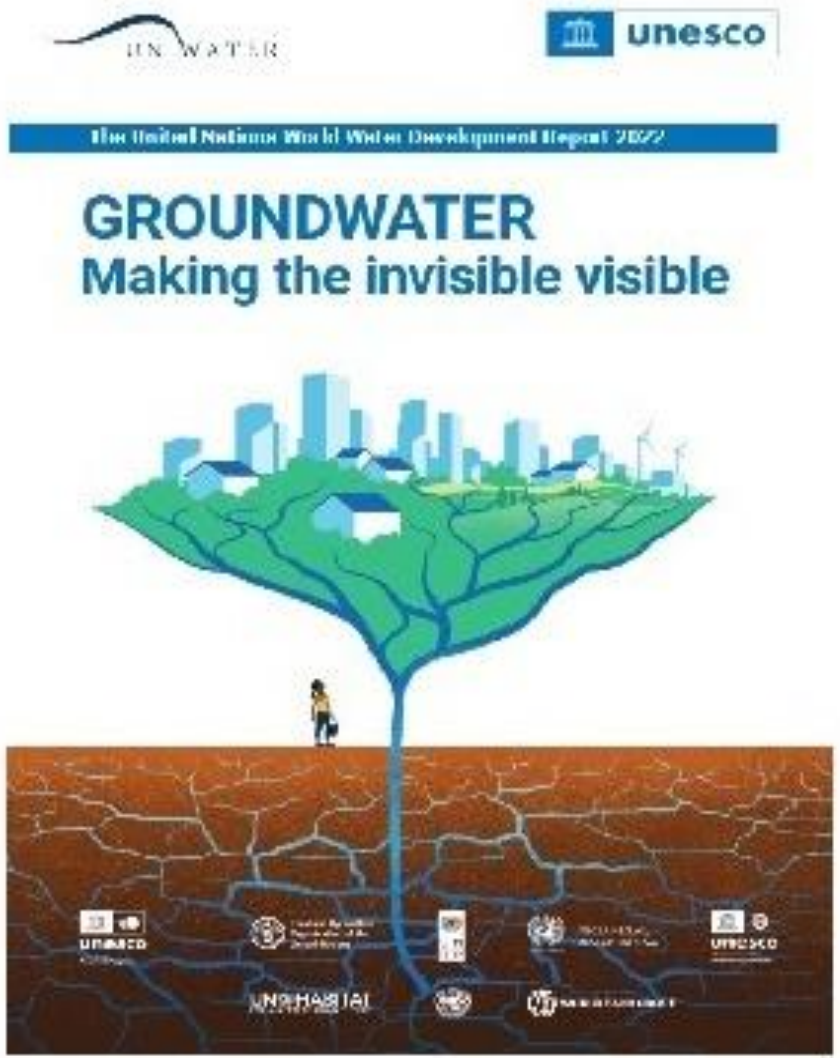
GESTÃO DE RECARGA DE AQUÍFEROS PARA MITIGAR A SECA E MELHORAR A QUALIDADE DA ÁGUA

TERESA E. LEITÃO, TIAGO N. MARTINS, SELÇUK ORAL, NUNO CORREIA, JOÃO MIMOSO

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

- **CONTEXTO**
- **PROJETO MARCLAIMED**
- **DEMO SITE DA COMPORTA**
- **FUTUROS DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS ESPERADOS**



1. Contexto

- **Consumo anual** médio 4 557 hm^3 (PNA, 2016)
- Capacidade de **armazenamento em albufeiras** (10 932 hm^3, SNIRH, 2023)
- **Reservas em aquíferos** (100 000 hm^3, Lobo Ferreira et al., 1995)
- Muito volume não-útil, grande variabilidade de disponibilidade de água no espaço e no tempo
- Alterações climáticas: eventos extremos de cheias e de secas, e risco de escassez (Alentejo e Algarve)
- Mais necessidades e menos água disponível <--> excesso de água em cheias

Soluções para mitigar a escassez → Gestão de recarga de aquíferos (MAR)
Fontes alternativas de água (AWR)

TWW = 489 hm^3, AdP

1. Contexto

GABARDINE, FP6 (2005-2009, LNEC)
MARSoluT, H2020 (2019-23, LNEC, UALG)
MARCLAIMED, Horizonte Europa (2024-27, LNEC, AgdA)

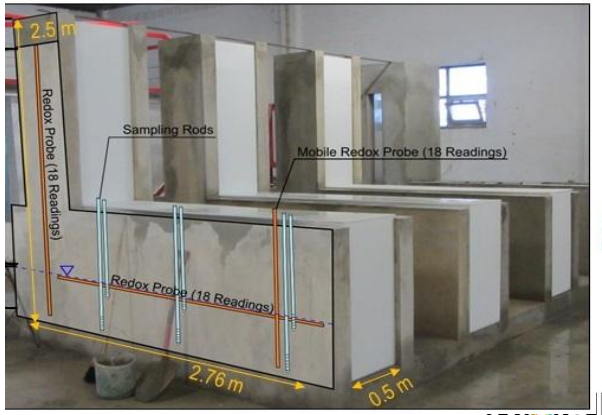
MARSOL, FP7 (2013-2016, LNEC, TARH, UALG)
AGREEMAR, PRIMA (2022-25, LNEC)

Década 1990

Década 2010

Década 2020

MARSOL MANAGED AQUIFER RECHARGE SOLUTIONS



MARSoluT
Managed Aquifer Recharge ITN

SEMANA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

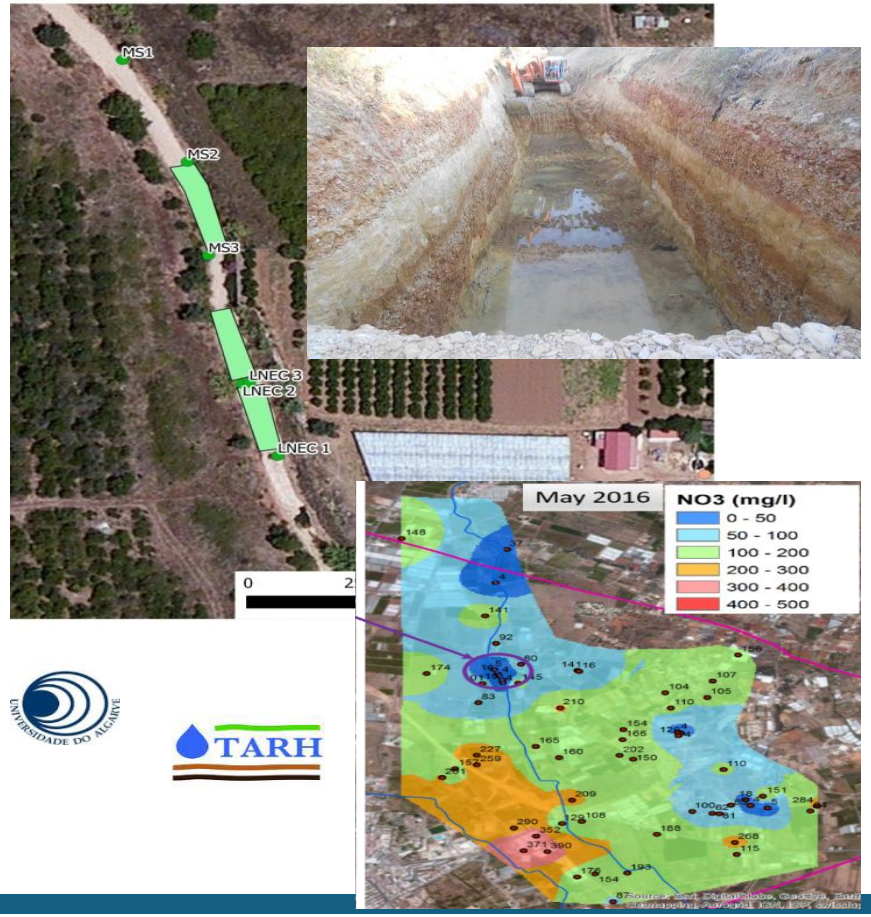
ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO
Grupo Águas de Portugal

Projeto MARCLAIMED

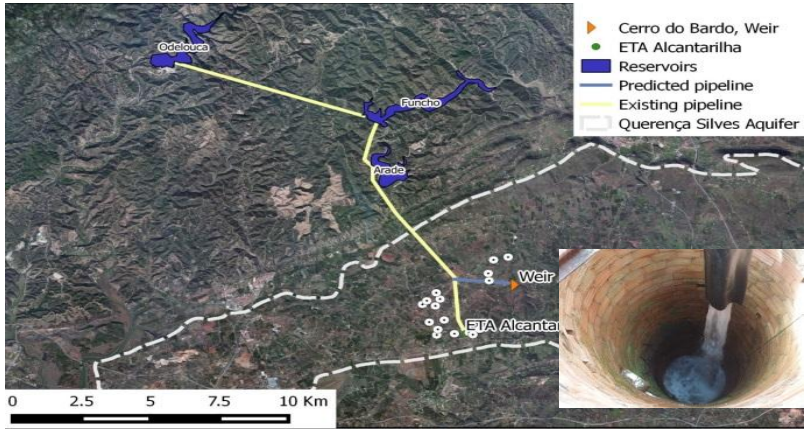
Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

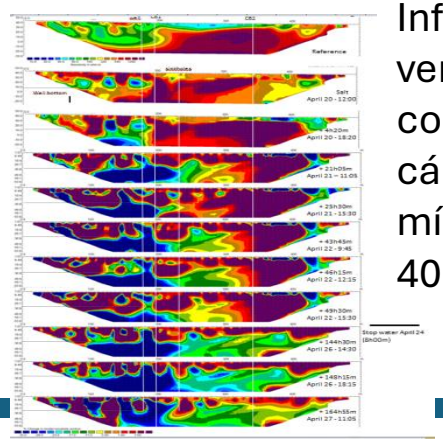
1. Contexto

Faro: recarga em leitos de rio escavados para aumento e melhoria da qualidade da água



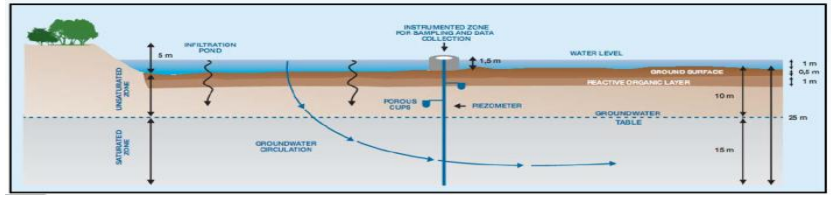
Aquífero Q.-Silves: aumentar a disponibilidade de águas no aquífero cársico com excedentes de Odelouca

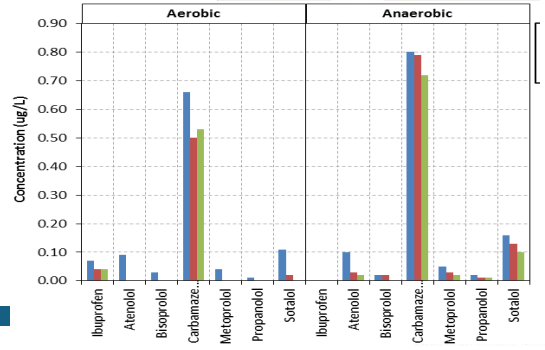




Infiltração (azuis e verdes) em ensaios com traçador em zona cársica. Capacidade mínima de infiltração: 4060 m^3/d

SBMessines: melhorar a qualidade do efluente à saída da ETAR durante a infiltração:bacias soil-aquifer treatment





Redução fármacos da entrada (azul) para as saídas das duas bacias (verm e verde)

1. Contexto

Três aspetos de MAR devem estar claros para que as autoridades de água e as partes interessadas promovam ativamente seu uso em Portugal:

(1) metodologia para mapear a viabilidade de MAR, incluindo a disponibilidade hídrica de recursos hídricos convencionais e não convencionais → Tiago Martins / AGREEMAR

(2) garantir a proteção da qualidade da água decorrente do conhecimento sobre o destino dos contaminantes presentes na água (e.g. água residual) → Marcel Horovitz / MARSoluT + Selçuk Oral / MARCLAIMED

(3) adaptar os sistemas MAR para um desempenho otimizado → resultante do conjunto

Legislação:

Resolução da Assembleia da República n.º 86/2022 - Recomenda que o Governo incentive a gestão da recarga de aquíferos para reforçar a eficiência hídrica.

Os **planos de gestão das bacias hidrográficas** também fazem referência à utilização do MAR, mas não são conhecidas ações específicas.

2. Projeto MARCLAIMED

CALL:
HORIZON-CL6-2023-CLIMATE-01-2: Improve the reliability and effectiveness of alternative water resources supply systems and technologies. *Innovation Action.*

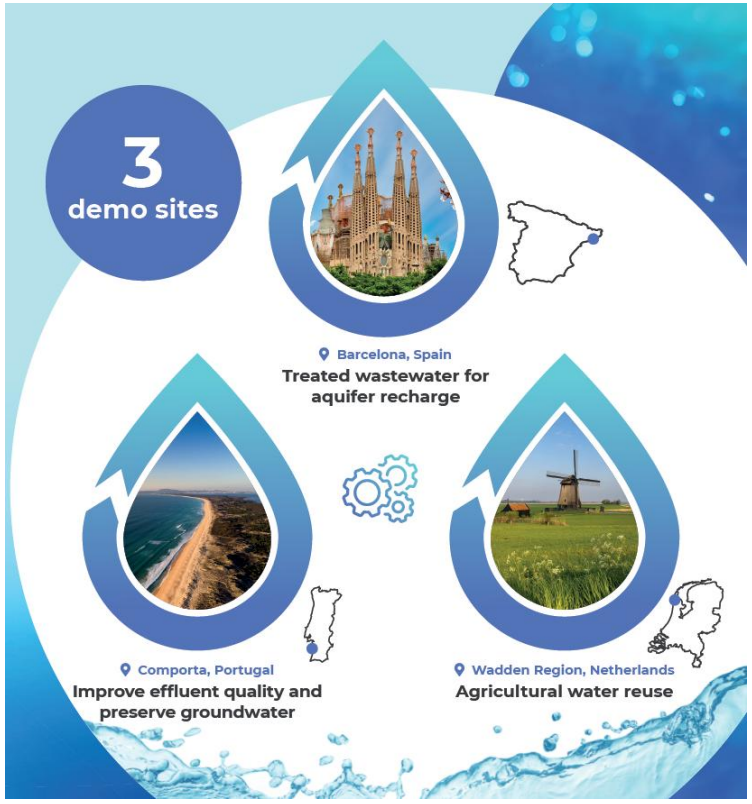
Consórcio com 12 parceiros
Prazo 36 meses (Fev. 24 – Fev. 27)
Valor do projeto € 3 732 000,00

2. Projeto MARCLAIMED

Metodologia proposta

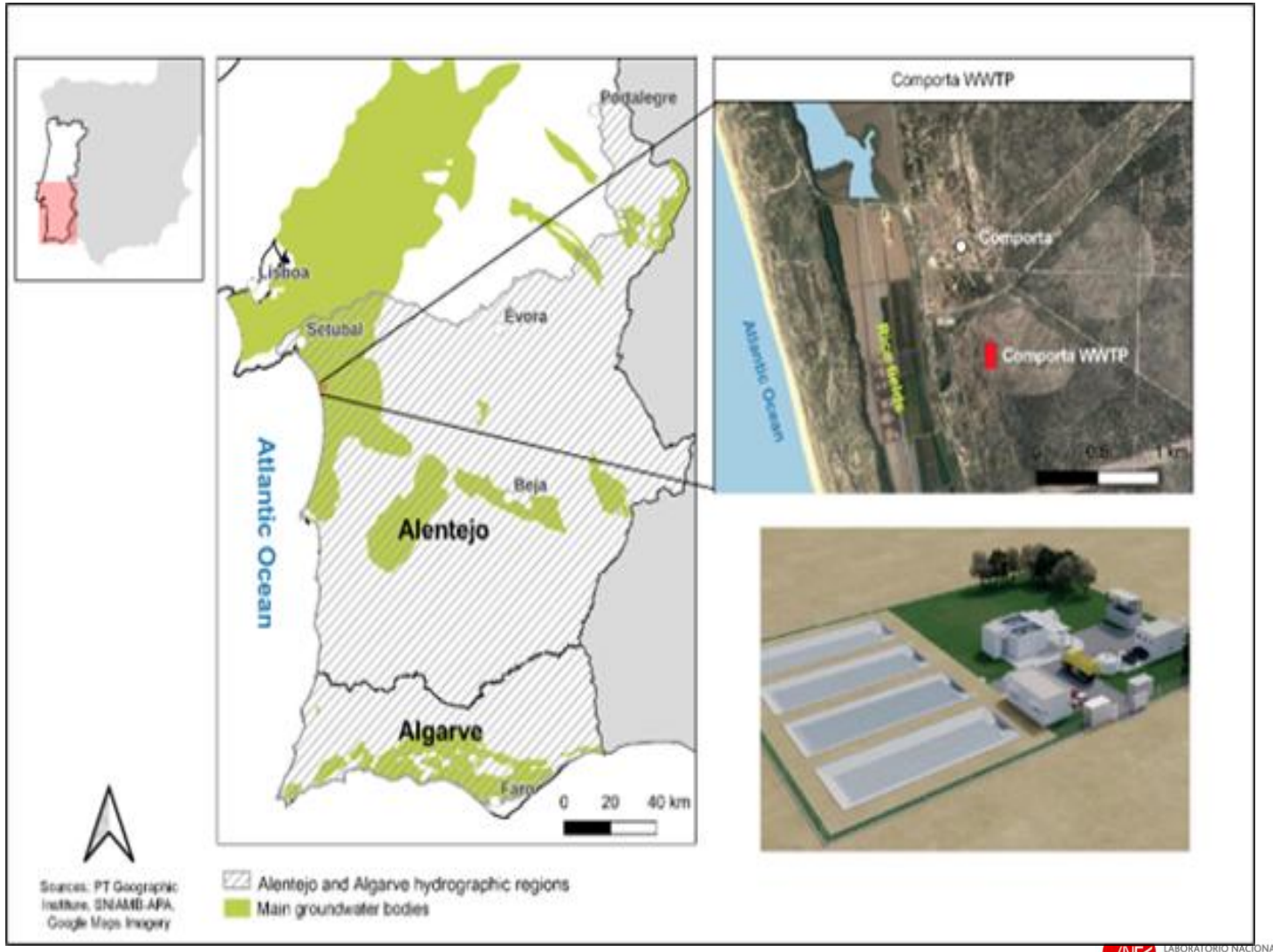
- Utilizar 6 ferramentas para melhorar o desenho, operação e planeamento de MAR com fontes alternativas de água
- Integrar e promover a gestão da recarga de aquíferos com fontes alternativas de água nos planos de gestão de bacias hidrográficas
- Envolver os atores na co-criação de estratégias eficazes na utilização de fontes alternativas de água de forma a fomentar a aceitação social
- Desenvolver e implementar instrumentos para avaliar benefícios económicos, prever resultados e permitir o retorno do investimento

Integrar MAR como AWR nos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas e Secas, apoiando a adaptação e resiliência dos sistemas de abastecimento no contexto das AC.



3. Demo site da Comporta

- Verificar a melhoria da qualidade da água recarregada (dados da zona vadosa e das águas subterrâneas)
- Manter as taxas de infiltração
- Melhorar a avaliação dos riscos de poluição das águas subterrâneas
- Melhorar a aceitação, a fiabilidade e a confiança social e política
- **Alargar SAT-MAR como solução estrutural para ETAR de pequena dimensão, região do Alentejo**



3. Demo site da Comporta

Desde 1 de outubro de 2021

Porquê SAT-MAR como solução?

- ETAR localizada numa zona sensível - ecossistema estuarino do Sado (Reserva Natural) - e perto de arrozais
- Análise custo-benefício, incluindo estudos hidrogeológicos

ETAR da Comporta

- Sistema de tratamento avançado, incluindo tratamento primário, biológico e desinfeção adicional para produzir ApR e tratamento de lamas por desidratação
- Quatro bacias de infiltração
- 590 p.e. até 2500 p.e. (época alta)
- Caudal médio 137 m^3/dia

3. Demo site da Comporta

- Introduzir **duas camadas orgânicas reativas** para estudar as **melhores opções** de remoção de compostos farmacêuticos e outros contaminantes (tratamento solo-aquífero, SAT).
- Otimizar os cenários de operação: **melhorar a monitorização e o controlo do desempenho do sistema MAR**, manter as taxas de infiltração e melhorar a qualidade da água de recarga.
- **Disponibilizar soluções adaptadas** às alterações climáticas:
  - Extrapolar este exemplo para a região do Alentejo.
  - Melhorar a aceitação pública/social dos sistemas com AWR, proteger as áreas naturais sensíveis e proporcionar benefícios para as atividades económicas locais.

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

6 cápsulas zona vadosa (abril 2024)

+3 piezómetros (junho 2024)

2 sondas multiparamétricas (ICP, S:can) (julho 2024)

Monitorização contínua da qualidade do efluente e da água subterrânea

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

Two Reactive Organic Layers (ROL) (September 2024)

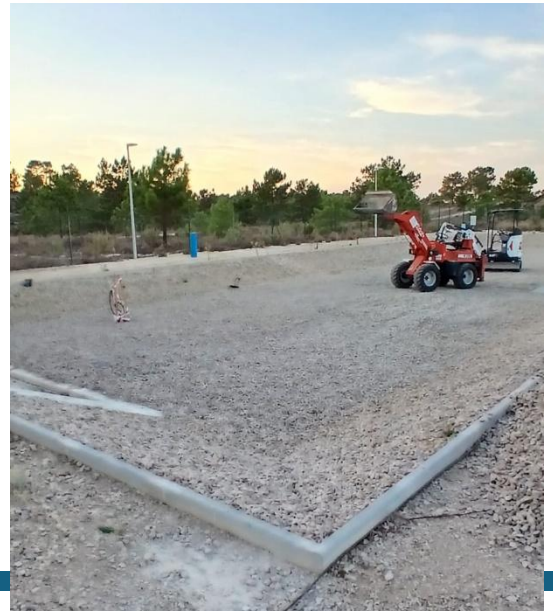
20 cm	Gravel
1 cm	Geotextil
many cm...	Sand

0.9 m^3 of biochar

5 cm	Gravel
5 cm	Biochar 30 / Sand 70
5 cm	Biochar 30 / Sand 70
5 cm	Gravel
1 cm	Geotextil
muitos cm...	Sand

5 cm	Gravel
5 cm	GAC 15 / Sand 85
5 cm	GAC 15 / SAnd 85
5 cm	Gravel
1 cm	Geotextil
many cm...	Sand

0.45 m^3 of GAC



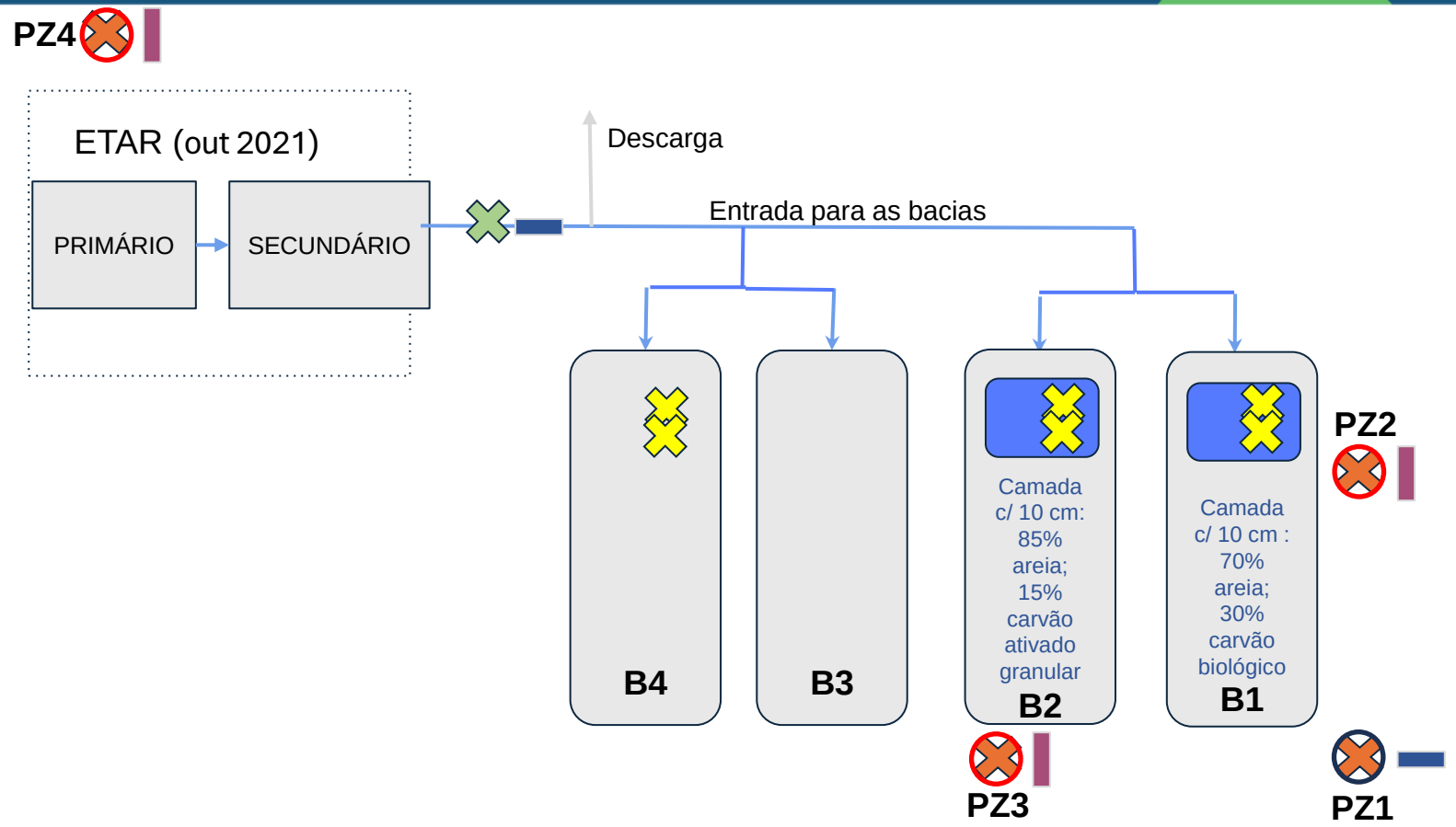
3. Demo site da Comporta

COD na água de infiltração -> crescimento da biomassa

➔ Degradação de compostos farmacêuticos
➔ Desnitrificação
➔ Precipitação de ferro e manganês
➔ Remoção de agentes patogénicos e outras reações

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e



Situação inicial (definida pelo Alvará):

- Saída ETAR, mensal: pH, TSS, CQO, CBO, N, P, óleos e gorduras.
- PZ1, mensal: pH, T, CE, HCO3, Cl, SO4, Na, Ca, Mg, K, Br, Si, nível piezométrico.

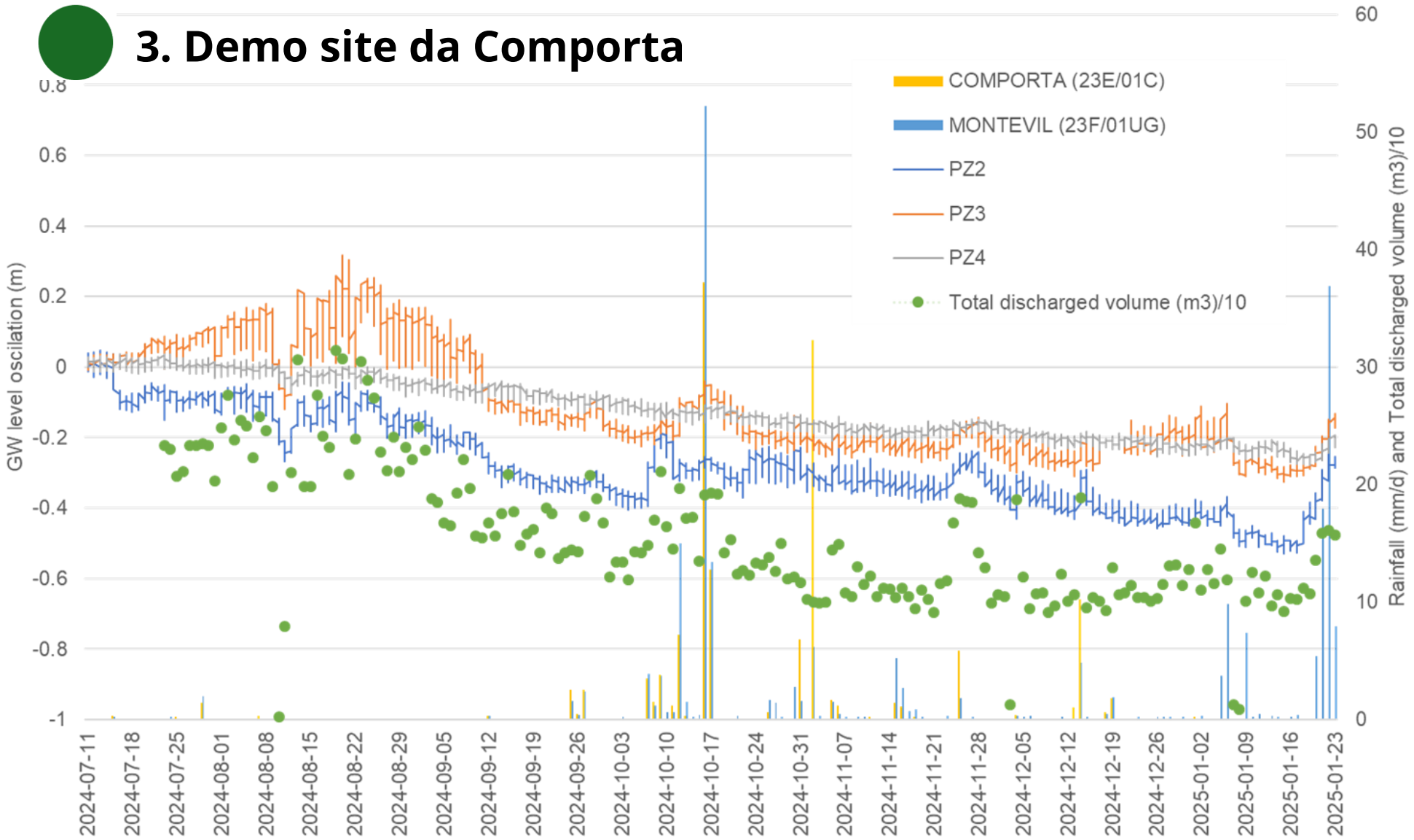
MARCLAIMED – monitorização:

- 6 cápsulas de sucção na zona vadosa (abril 2024): -25 and -50 cm profundidade.
- 4 piezómetros (3 em junho 2024): situação de referência e impacto de SAT-MAR
- 2 sondas multiparamétricas (ICP, S:can) (julho 2024) (TWW, GW): SST, CQO, CBO, NO3-N, COT, COD, UV254, NO2-N, côr, O3, HS-, BTEX, pH, Redox, T.
- 3 CTD (julho 2024) (GW): n.p., CE e T.

MARCLAIMED – amostragem:

- Amostragem trimestral durante 2 anos (4 piezómetros + 6 zona vadosa + 1 TWW): NO3-, NO2-, NH4+, Ntotal, PO43+, Ptotal, TOC, Cl, B, Fe, Mn, As, compostos farmacêuticos PhC (uma lista de aprox. 50).

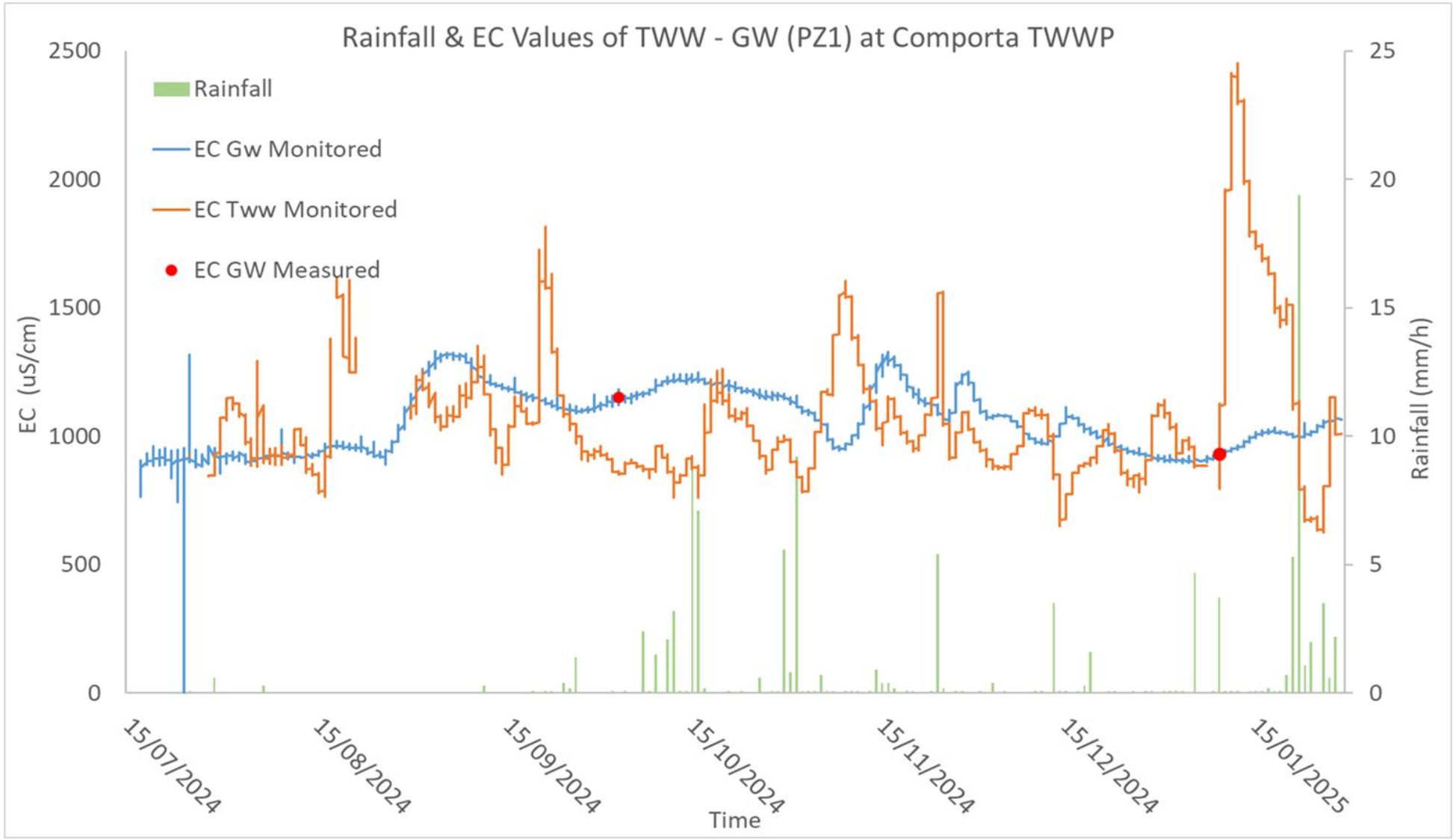
3. Demo site da Comporta



- Descargas mais elevadas no verão
- Sem resposta clara do nível de GW após fraca precipitação
- A água infiltrada afeta os n.p. em piezómetros mais próximos (PZ2, mais em PZ3)
- PZ4 (referência) não apresenta resposta aos volumes descarregados

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

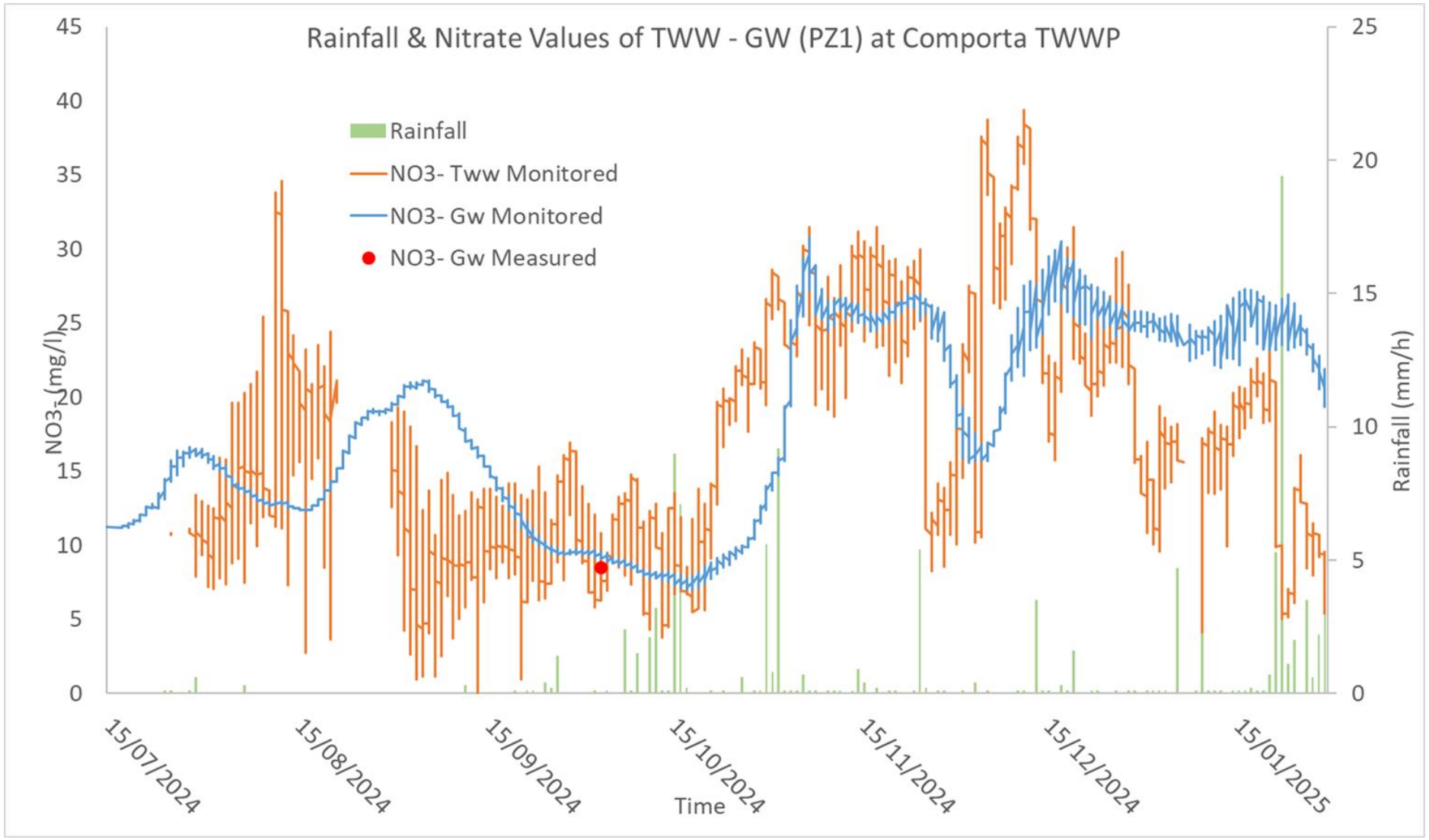


Influência da CE da TWW nas águas subterrâneas (atraso de cerca de 1 semana)

PZ1

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

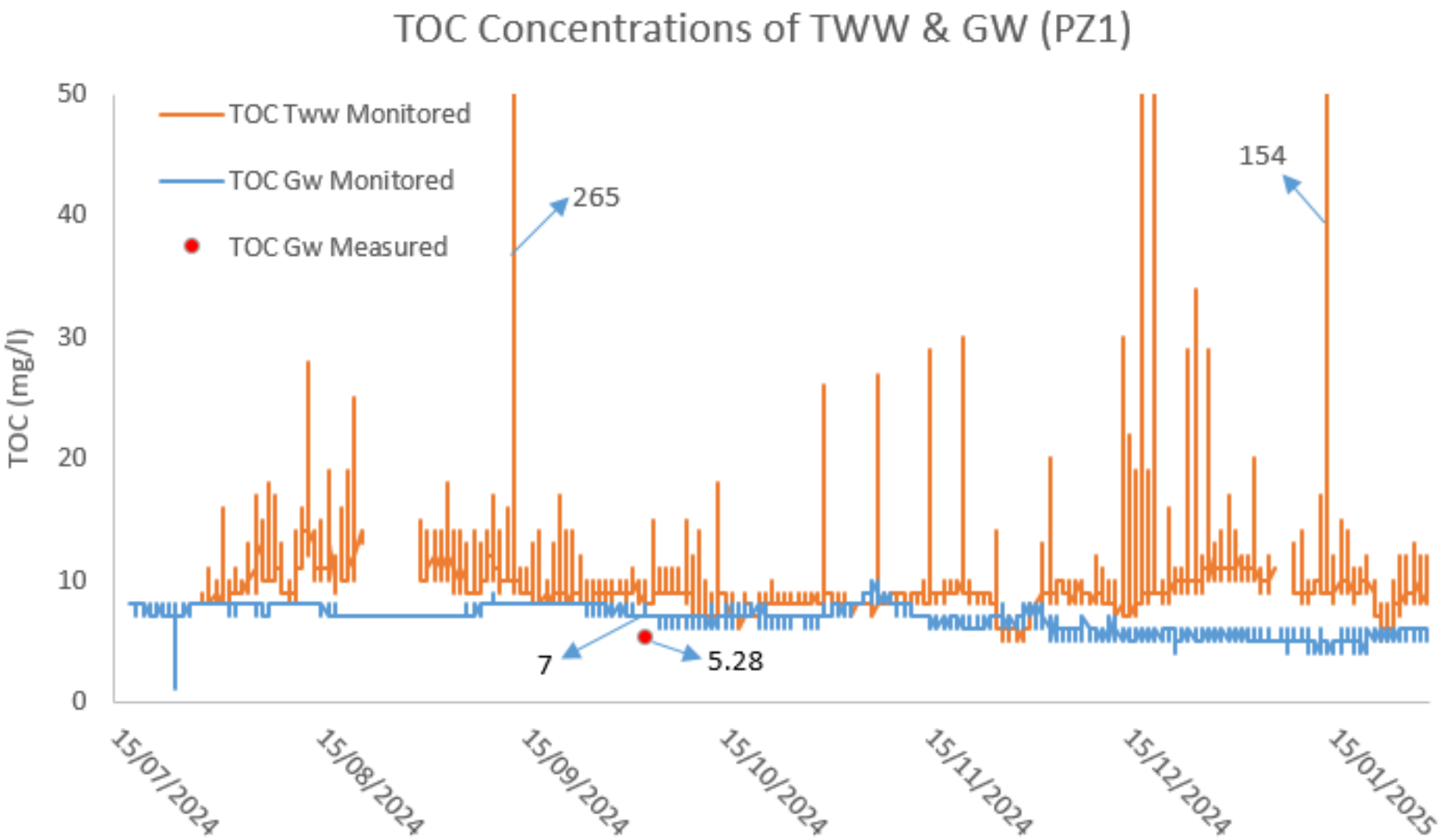


Influência do NO_3^- TWW nas águas subterrâneas (atraso de cerca de 1 semana)

PZ1

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água



Forte redução de COT de TWW para águas subterrâneas

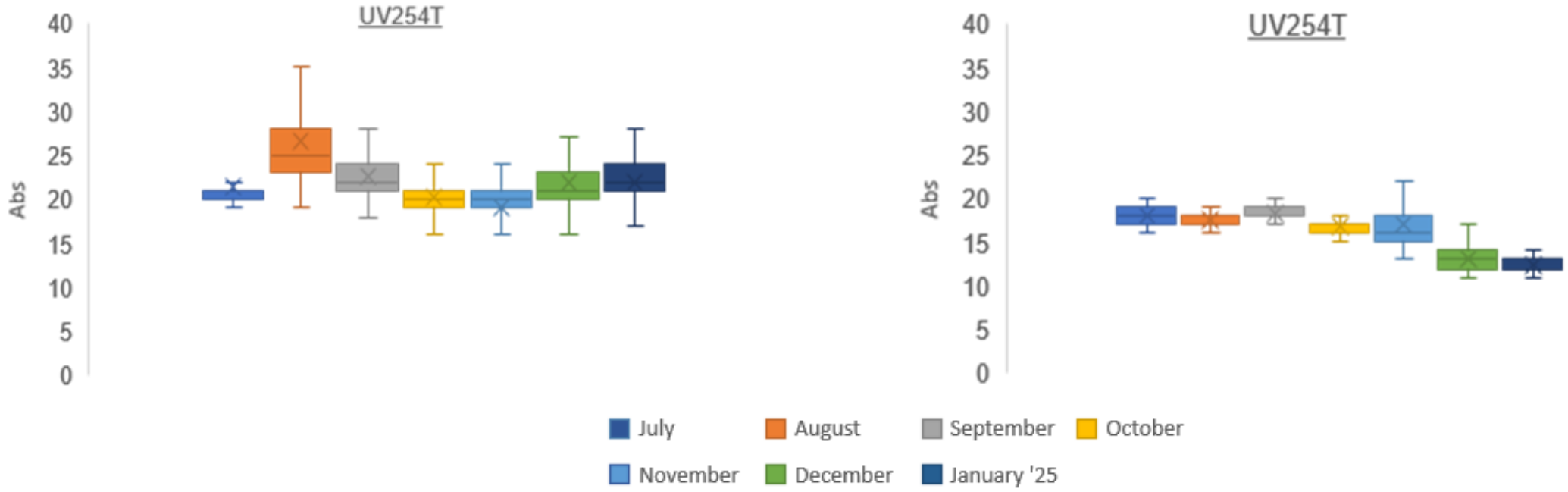
PZ1

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

Inflow - TWW

PZ1 - Groundwater

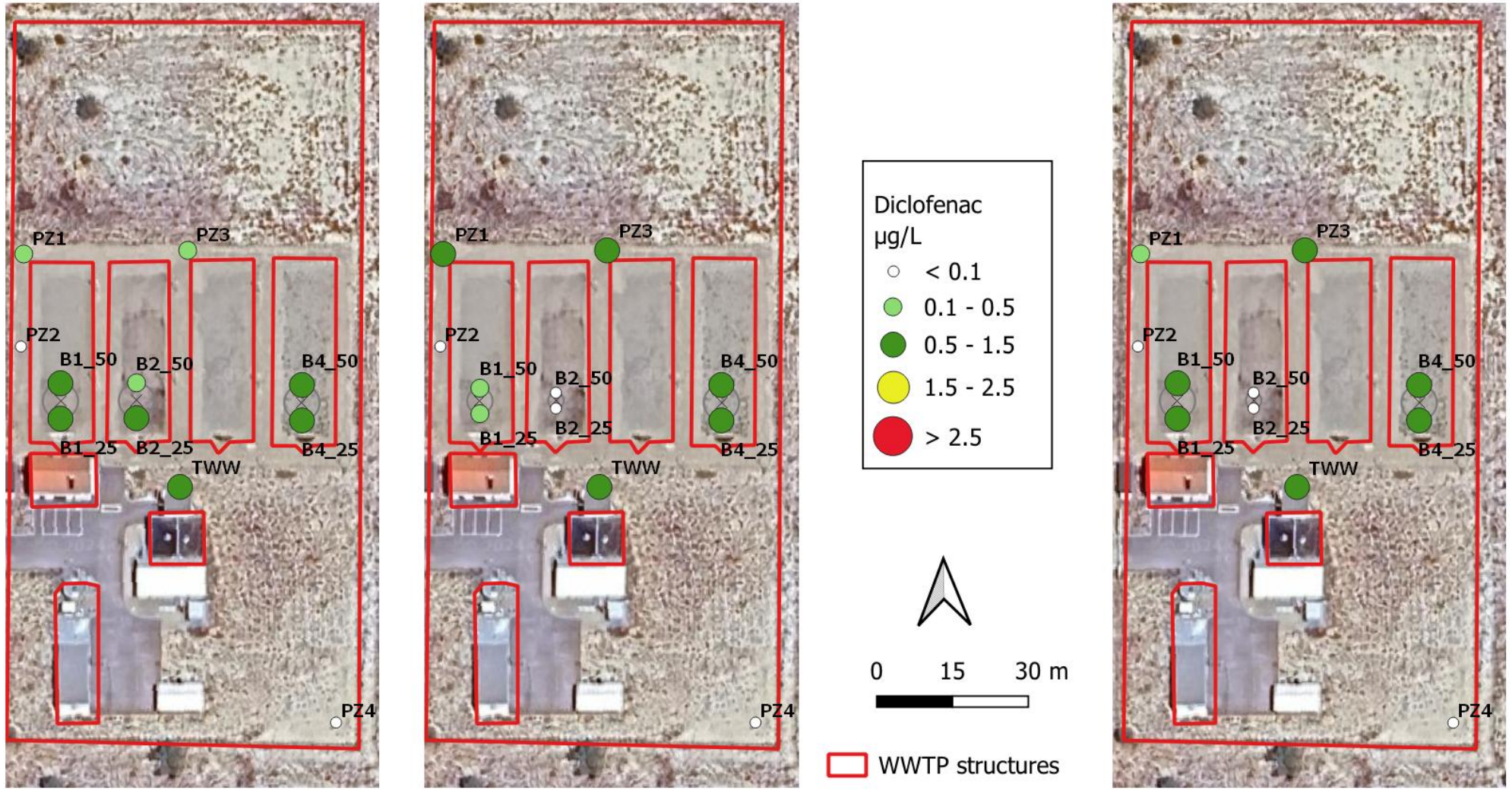


Diminuição clara de UV254

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

July 2024 | October 2024 | January 2025



TWW constante

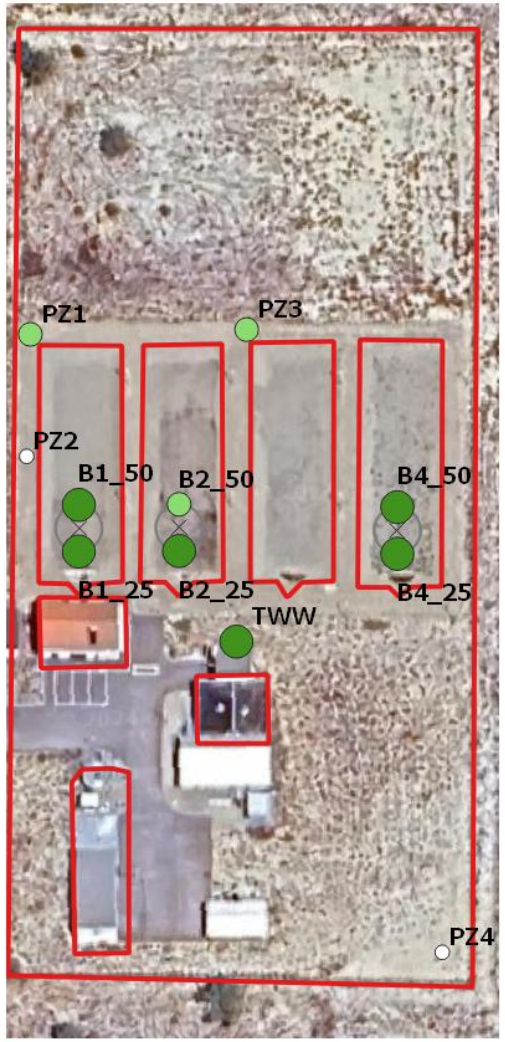
Melhoria nas bacias após ROL (B2, GAC, melhor)

Efeito médio prazo nos PZ

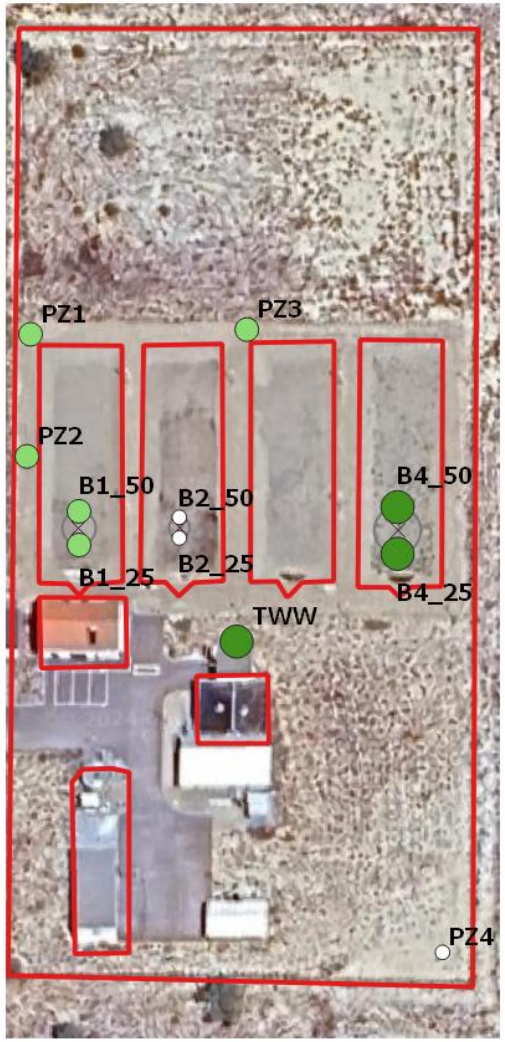
Projeto MARCLAIMED

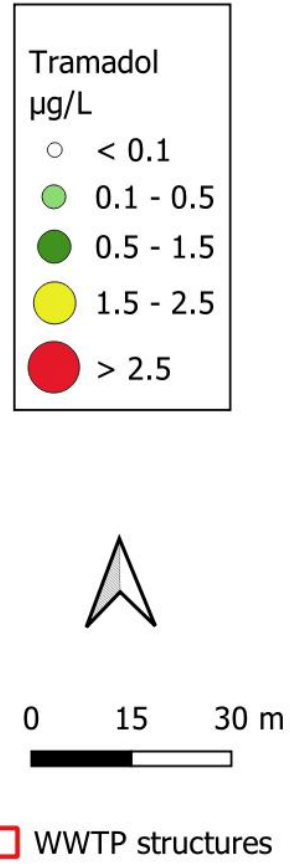
Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

July 2024

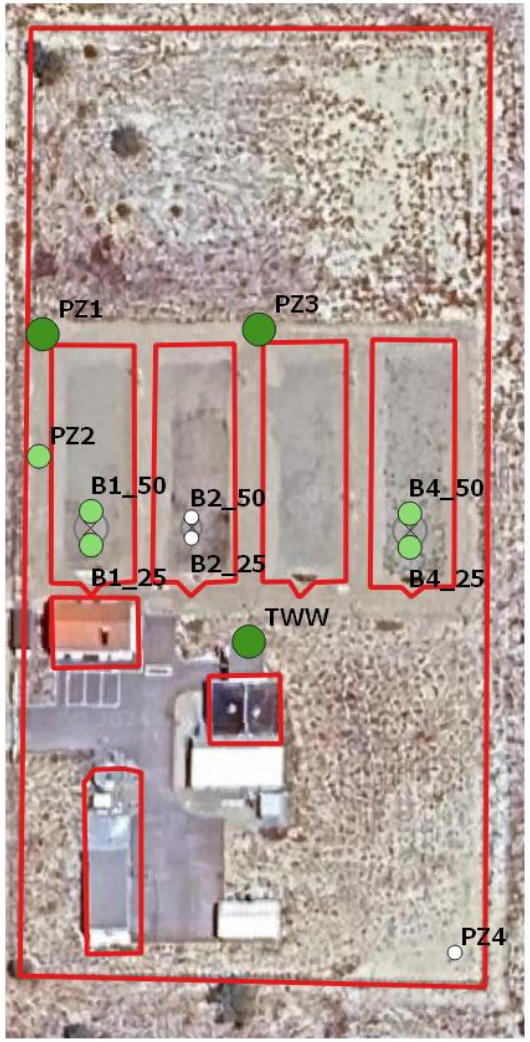


October 2024





January 2025

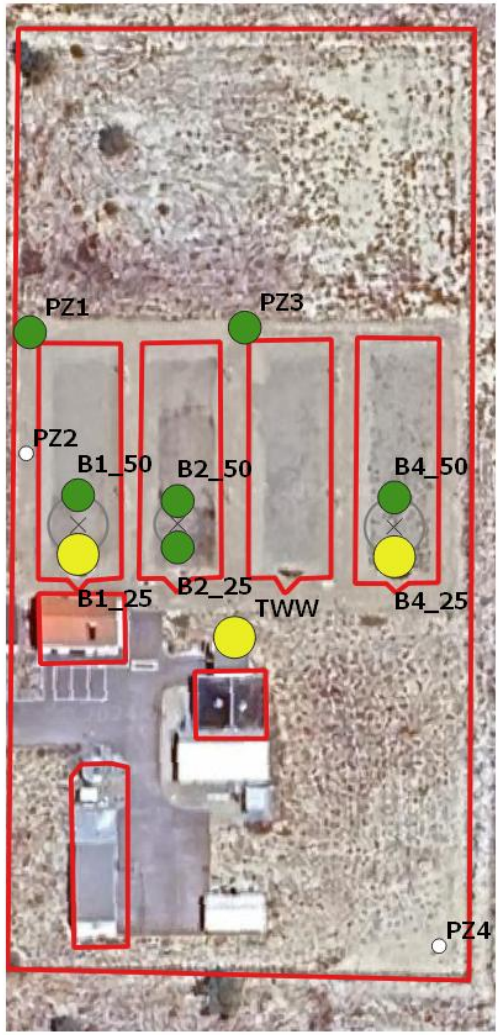


Idem

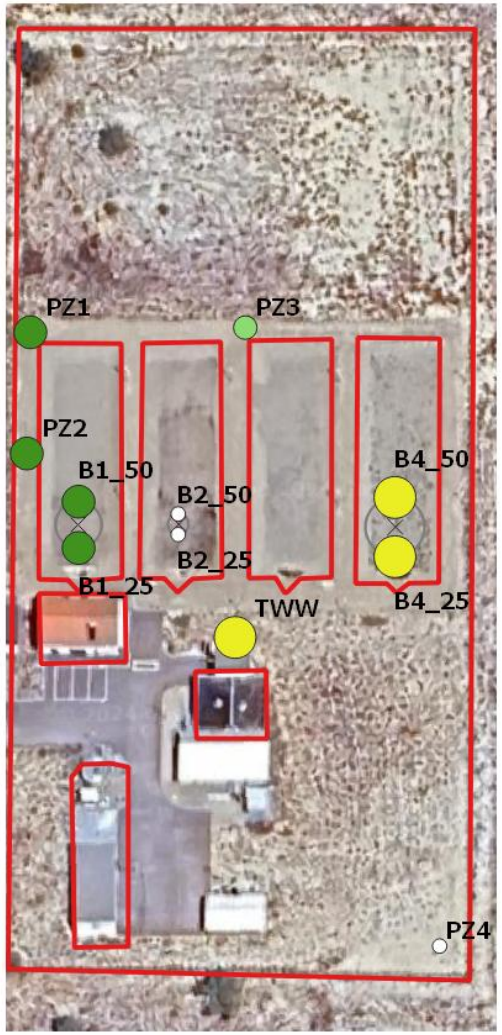
Projeto MARCLAIMED

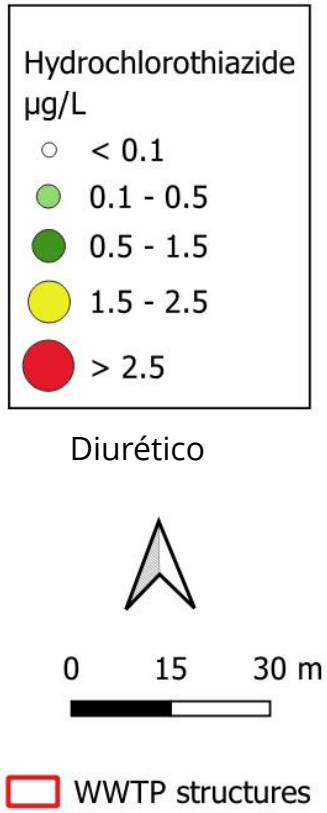
Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

July 2024

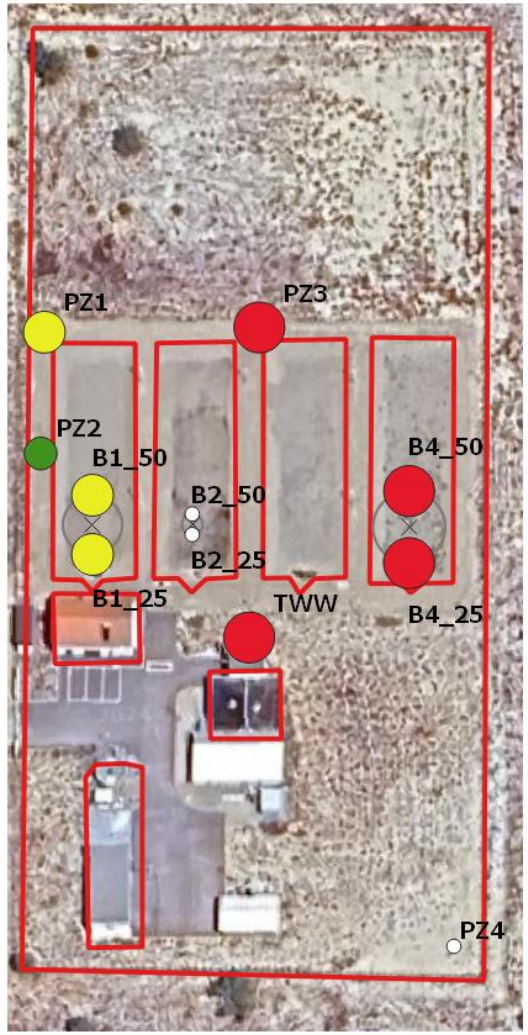


October 2024





January 2025



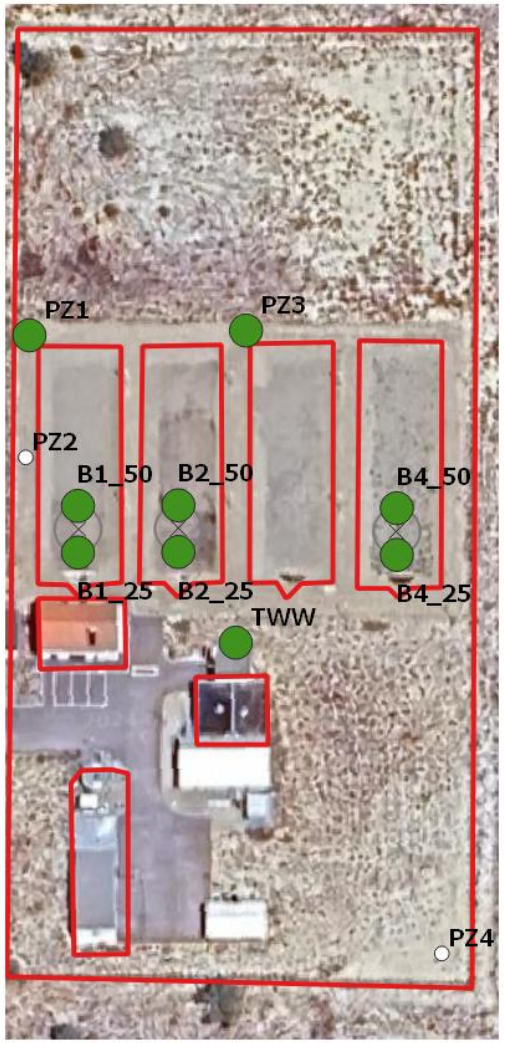
TWW mais elevada.

Impacte nas águas subterrâneas?!

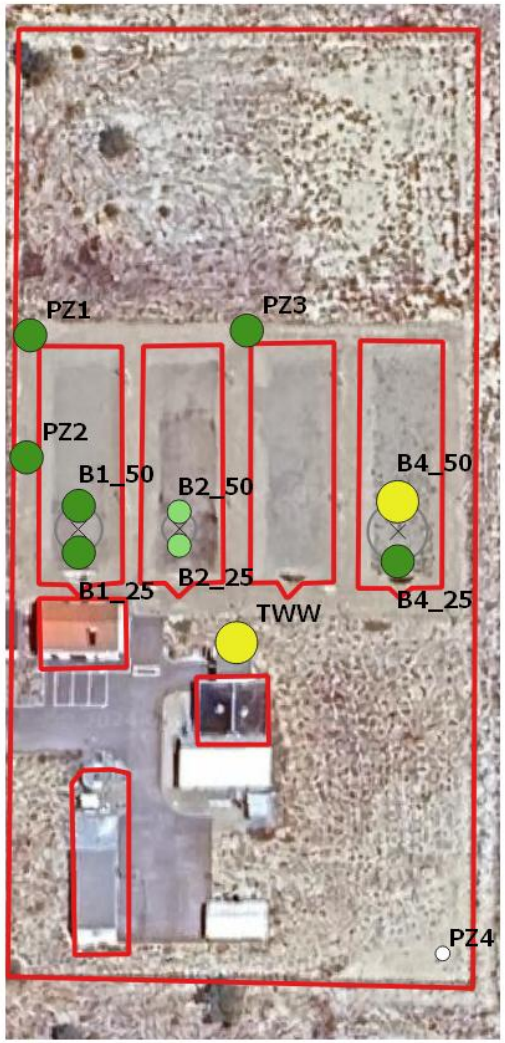
Projeto MARCLAIMED

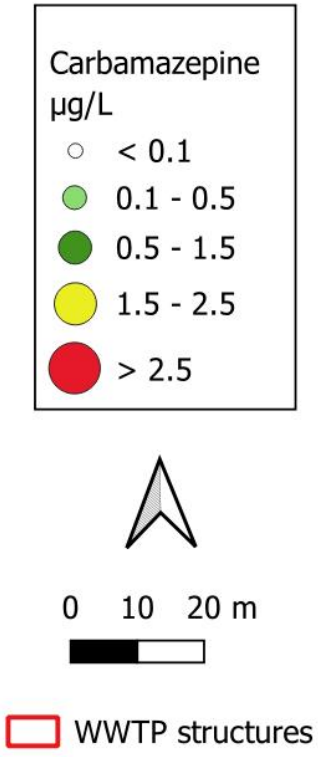
Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

July 2024

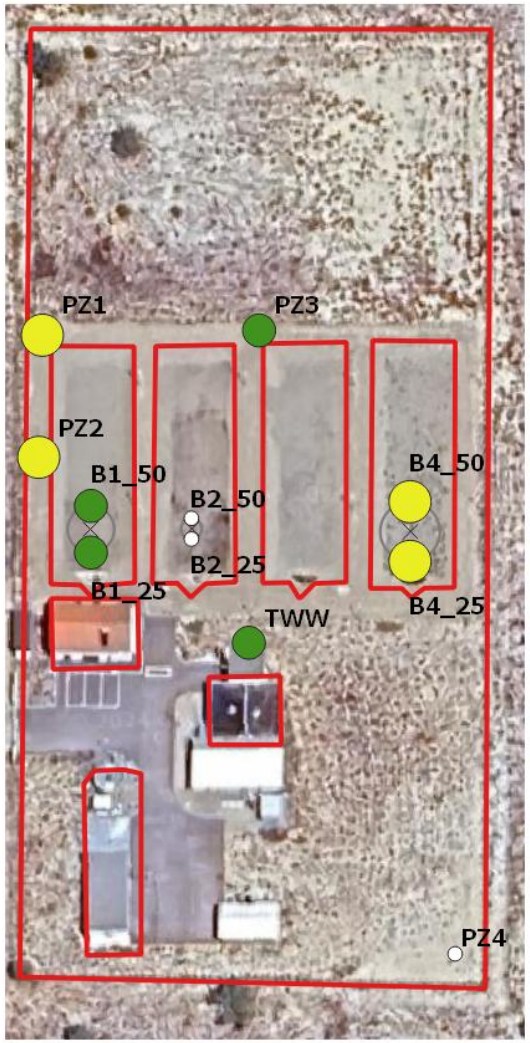


October 2024





January 2025



TWW variável

Melhoria nas bacias após ROL (B2, GAC, melhor)

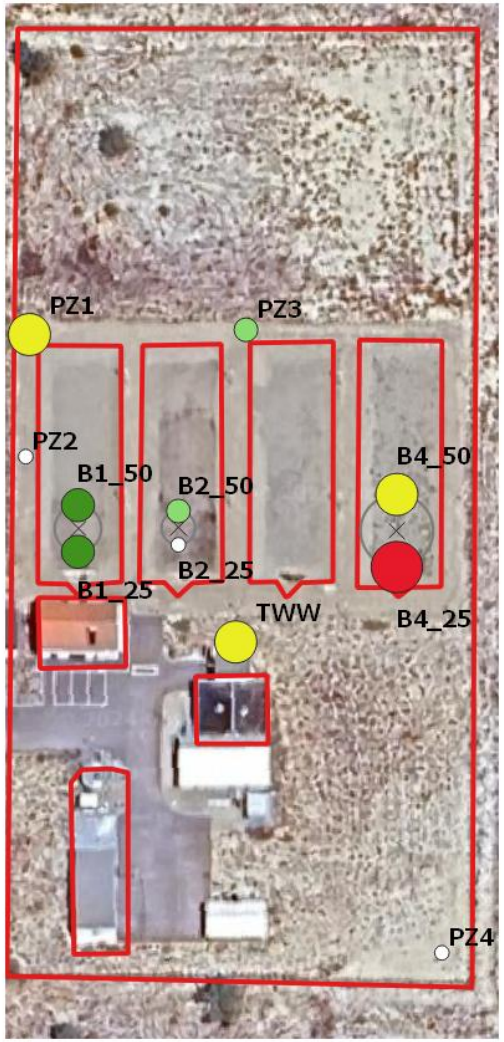
Efeito médio prazo nos PZ

Algumas questões (e.g., valores em B4)

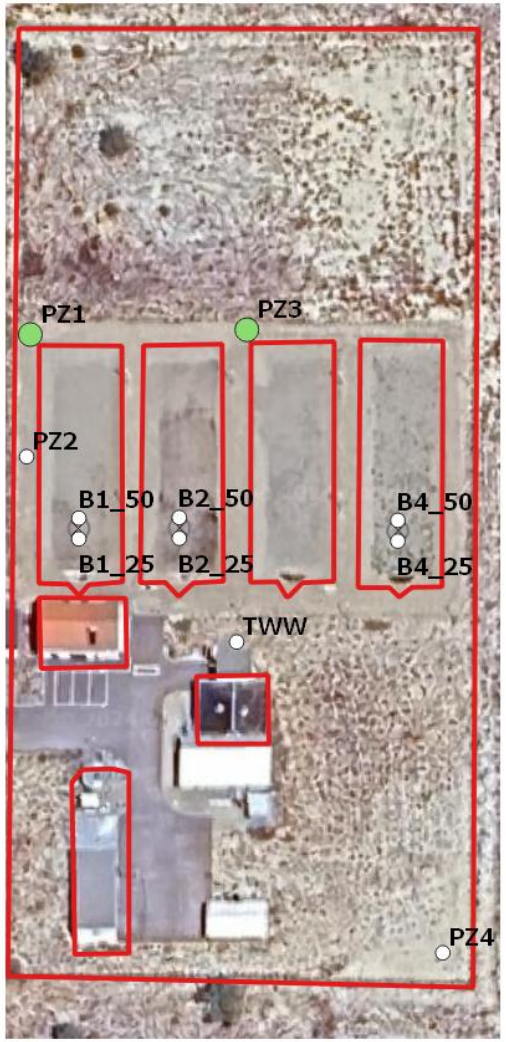
Projeto MARCLAIMED

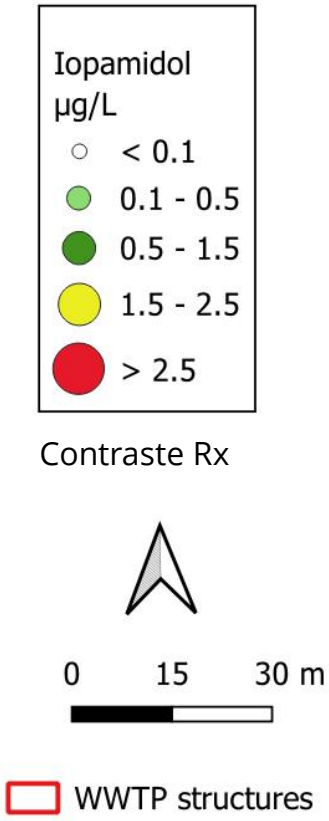
Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água

July 2024

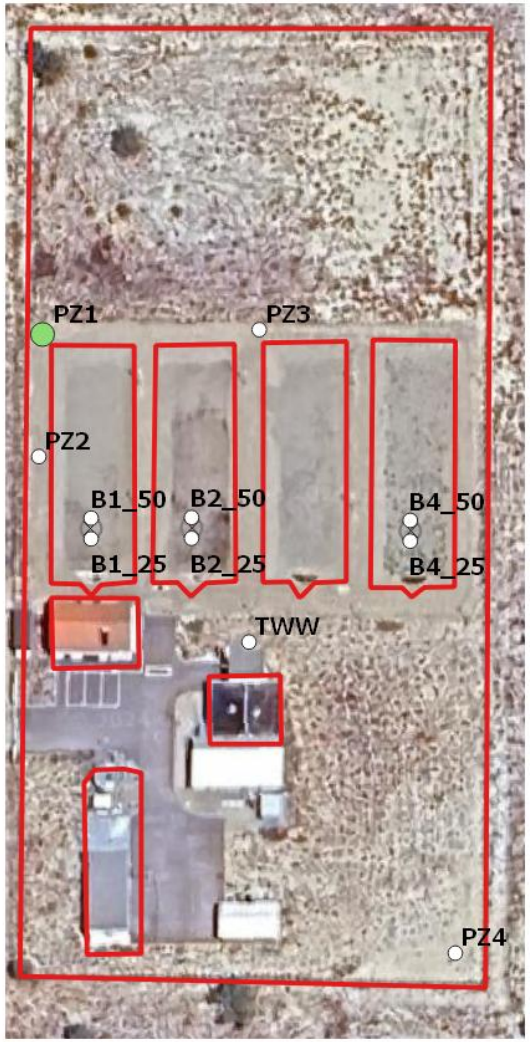


October 2024





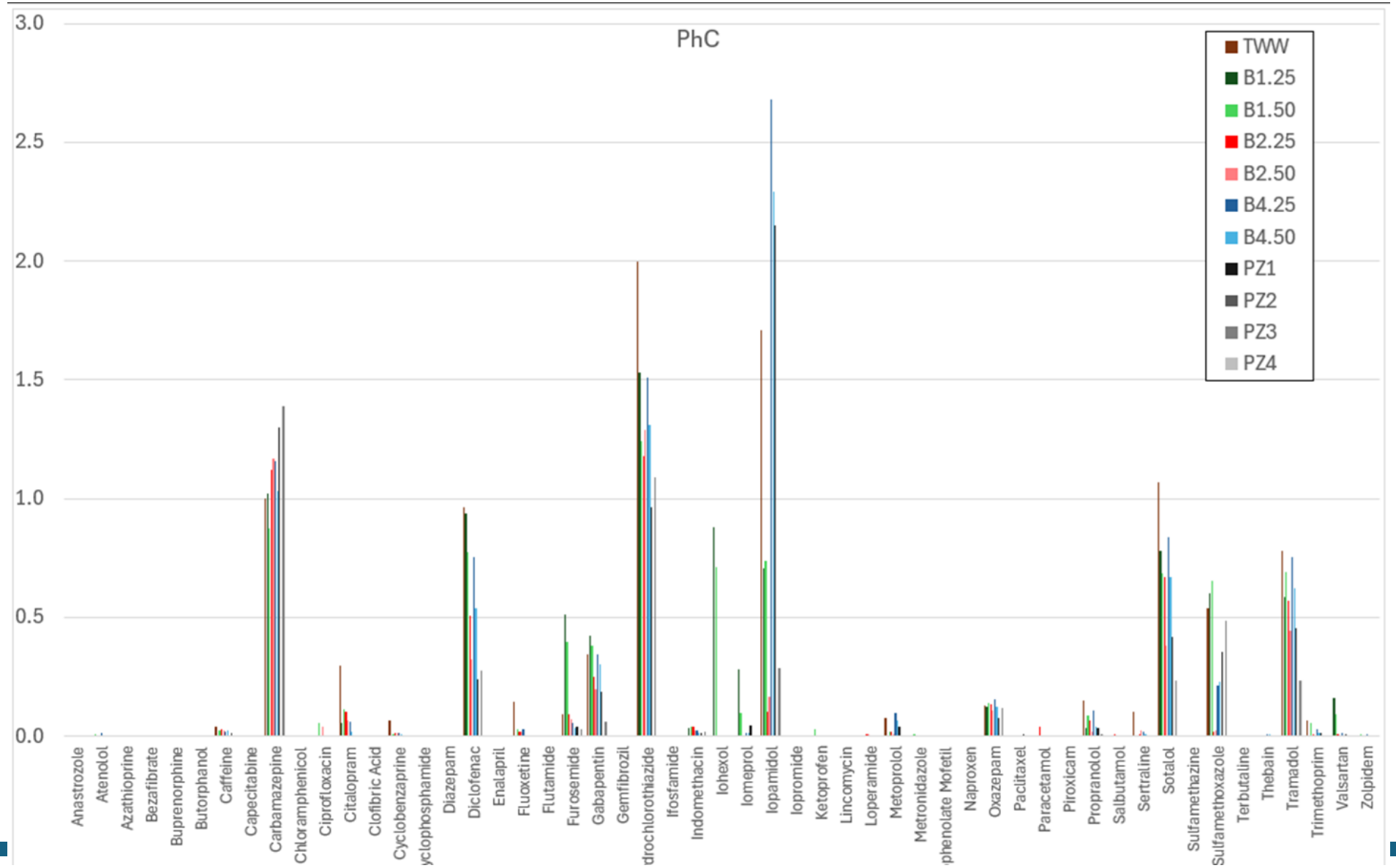
January 2025



A qualidade da água da zona vadosa responde rapidamente à qualidade do TWW, enquanto a água subterrânea reflete efeitos a longo prazo

Projeto MARCLAIMED

Gestão de recarga de aquíferos para mitigar a seca e melhorar a qualidade da água



53 PhC analysed

21 PhC < LoQ

4. Futuros desenvolvimentos e resultados esperados

- Continuar o programa de monitorização e amostragem.
- Compreensão detalhada (e modelação?) dos processos da zona vadosa.
- Avaliação de risco (MARAISER).
- Comportamento a longo prazo e possíveis necessidades de manutenção..
- **Harmonizar** as práticas de gestão da recarga de aquíferos e do **uso de recursos hídricos alternativos no âmbito quadro legal da EU**, visando enfrentar as complexidades e os desafios de garantir a sustentabilidade do abastecimento de água a longo prazo.
- Reforçar a **aceitação social, a consciencialização, a confiança e a fiabilidade** em sistemas alternativos sustentáveis de recursos hídricos. O nosso objetivo é melhorar não só a sua eficiência, mas também a sua relação custo-benefício.
- **Envolver** um amplo espectro de **atores**, incluindo decisores, sectores hídricos públicos e privados.
- **Incentivar uma transição comportamental**, promovendo uma maior consciência e confiança nas tecnologias de gestão da recarga de aquíferos e no uso de recursos hídricos alternativos.

CONTACTOS

REDES SOCIAIS

https://www.linkedin.com/company/marclaimed-eu/

https://twitter.com/marclaimed

Obrigada

LNEC - AV. DO BRASIL 101, 1700-066 LISBOA

AGDA - RUA DR. ARESTA BRANCO 51, 7800-310 BEJA

+351 21 844 3802

+351 21 844 3016

tleitao@lnec.pt; n.correia@adp.pt

https://marclaimed.eu/