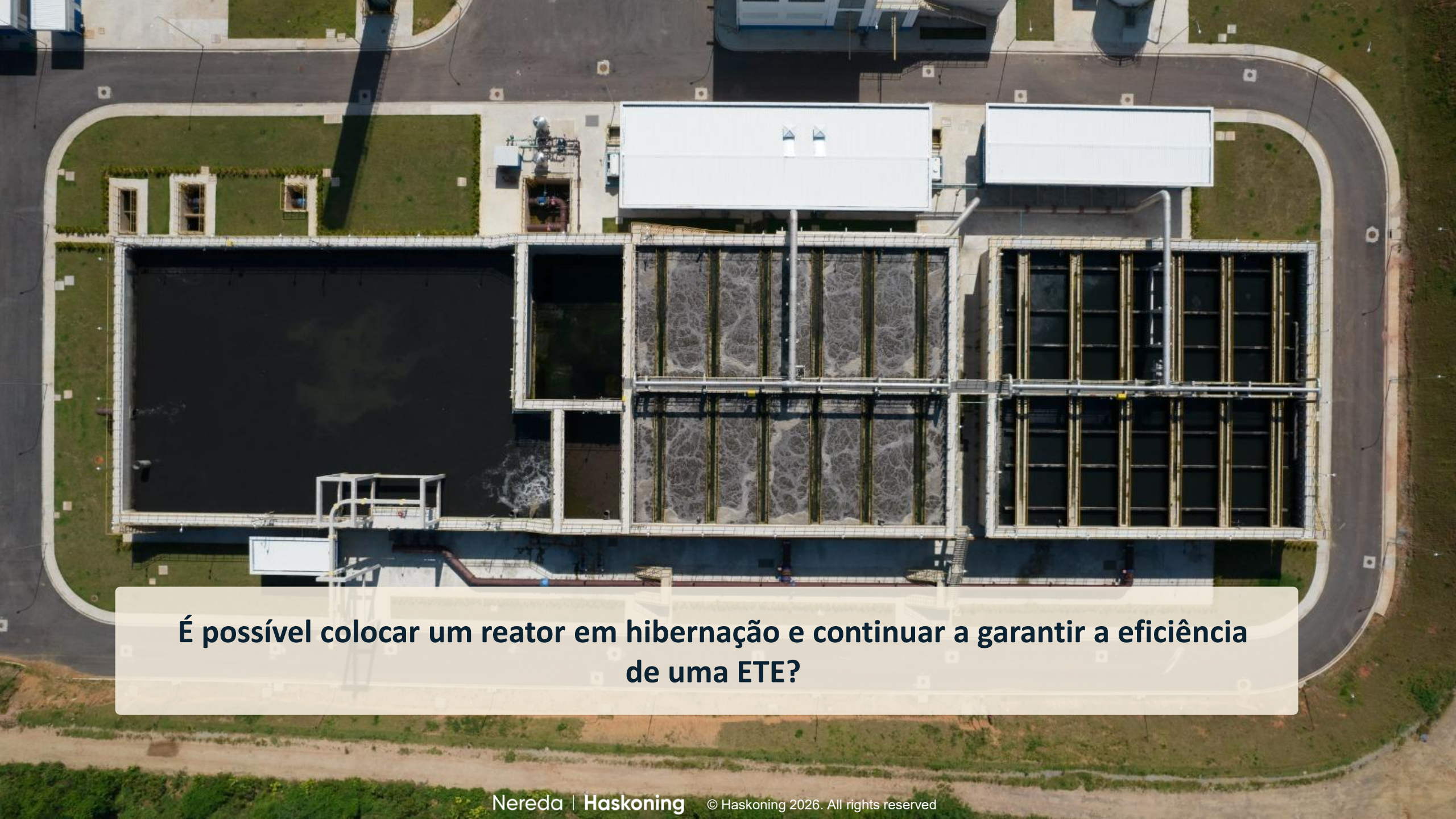
Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

# 37ETC-07394

# ESTUDO DE CASO: HIBERNAÇÃO DE REATORES LGA - DINÂMICA DE FÓSFORO E ESTRATÉGIAS DE RETOMADA OPERACIONAL

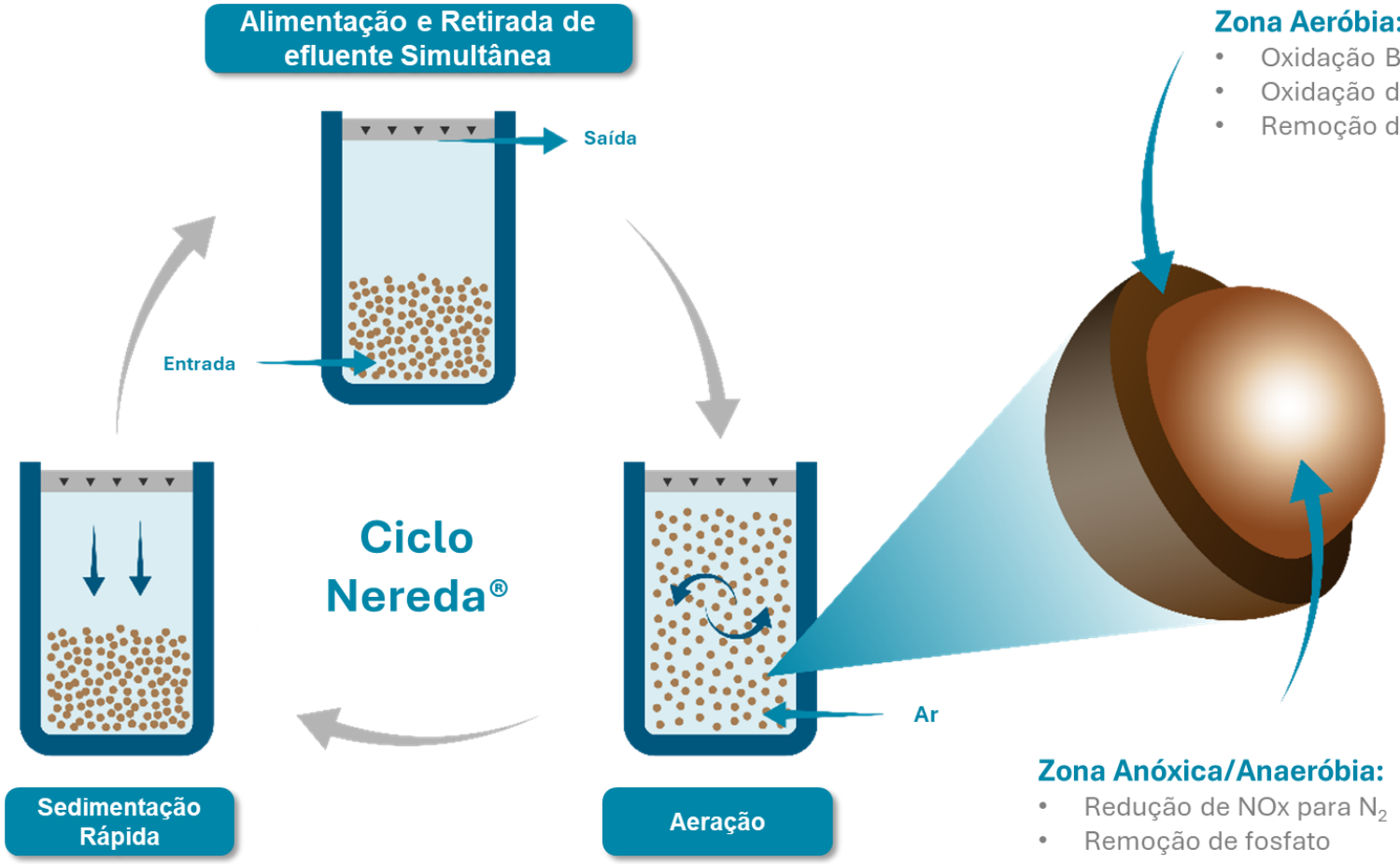
**Rodrigo Alves dos Santos Pereira**
Joana Doutor, Matheus Franca, Fábio Cardoso, Pedro Alves
Haskoning



# É possível colocar um reator em hibernação e continuar a garantir a eficiência de uma ETE?


© Haskoning 2026. All rights reserved

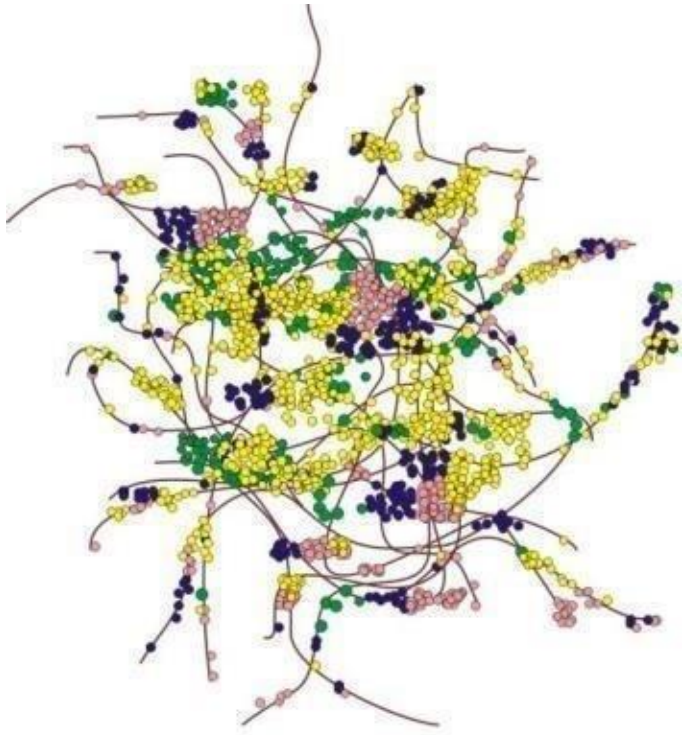
# A Tecnologia




Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

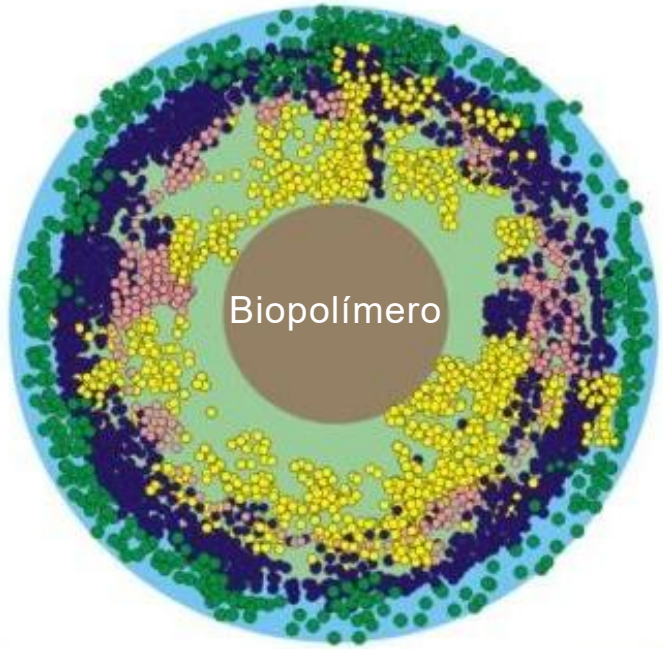
# A Tecnologia

## Lodo Ativado



Anaeróbico
Anóxico
Aeróbico

## Biomassa Granular Aeróbia




- Nitrificantes
- Desnitrificantes
- Organismos Acumuladores de Glicogênio (GAO's)
- Organismos Acumuladores de Fosfato (PAO's)

## Principais diferenciais

- Biofilme
- Elevada taxa de sedimentação
- Sedimenta independente das condições de crescimento dos microorganismos
- Alta densidade de microorganismos
- Menor área de contato
- Perfil de oxigênio sobre o grânulo

Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

# O Desafio Operacional

## Metade da vazão. Apenas 30% da carga.

Após três anos, a ETE ainda operava muito abaixo da condição de projeto.

**50%**

**da vazão nominal**

Projeto: 43.200 $m^3/d$

**30%**

**da carga orgânica**

Projeto: 19.871 kg DQO/d

DESAFIO

### Concentrar a carga sem perder flexibilidade

A carga se concentra em um reator; o outro repousa, pronto para voltar.

**Baixa carga afluente** → **Carga diluída entre reatores** → **Hibernação controlada**

Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

# A Estratégia

## Um reator opera. O outro permanece pronto para voltar.

Alternância operacional para preservar capacidade e flexibilidade.

REATOR EM OPERAÇÃO

**100% da carga afluente**

Alimentação e aeração ativas



↔

ALTERNÂNCIA

REATOR EM HIBERNAÇÃO

**Sem nova alimentação**

Repouso controlado com pulsos



**Mais flexibilidade sem perder capacidade de tratamento**


© Haskoning 2026. All rights reserved

# Protocolo de Hibernação

## Três dias, nove pulsos e nenhuma alimentação

Aeração intermitente para interromper a anaerobiose sem impor operação contínua.




**0**
alimentação

**60%**
capacidade de aeração

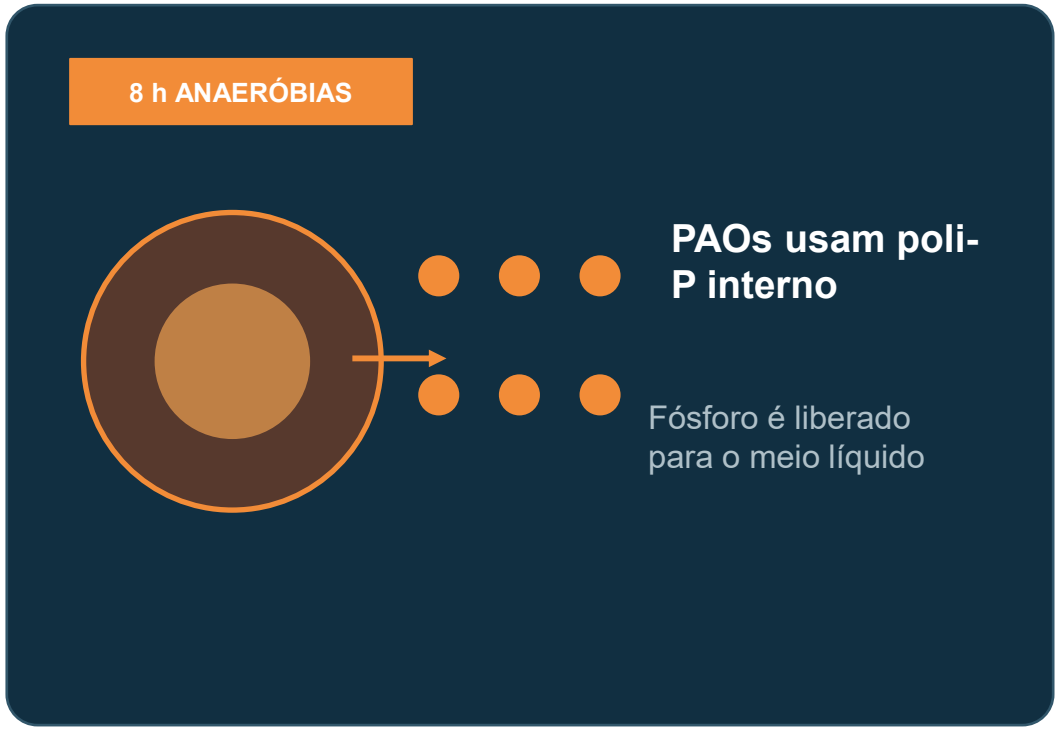
**20 min**
por pulso

**8 h**
entre pulsos


Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

# Por que o fósforo aumenta durante o repouso?

O balanço entre liberação e absorção explica o acúmulo observado.







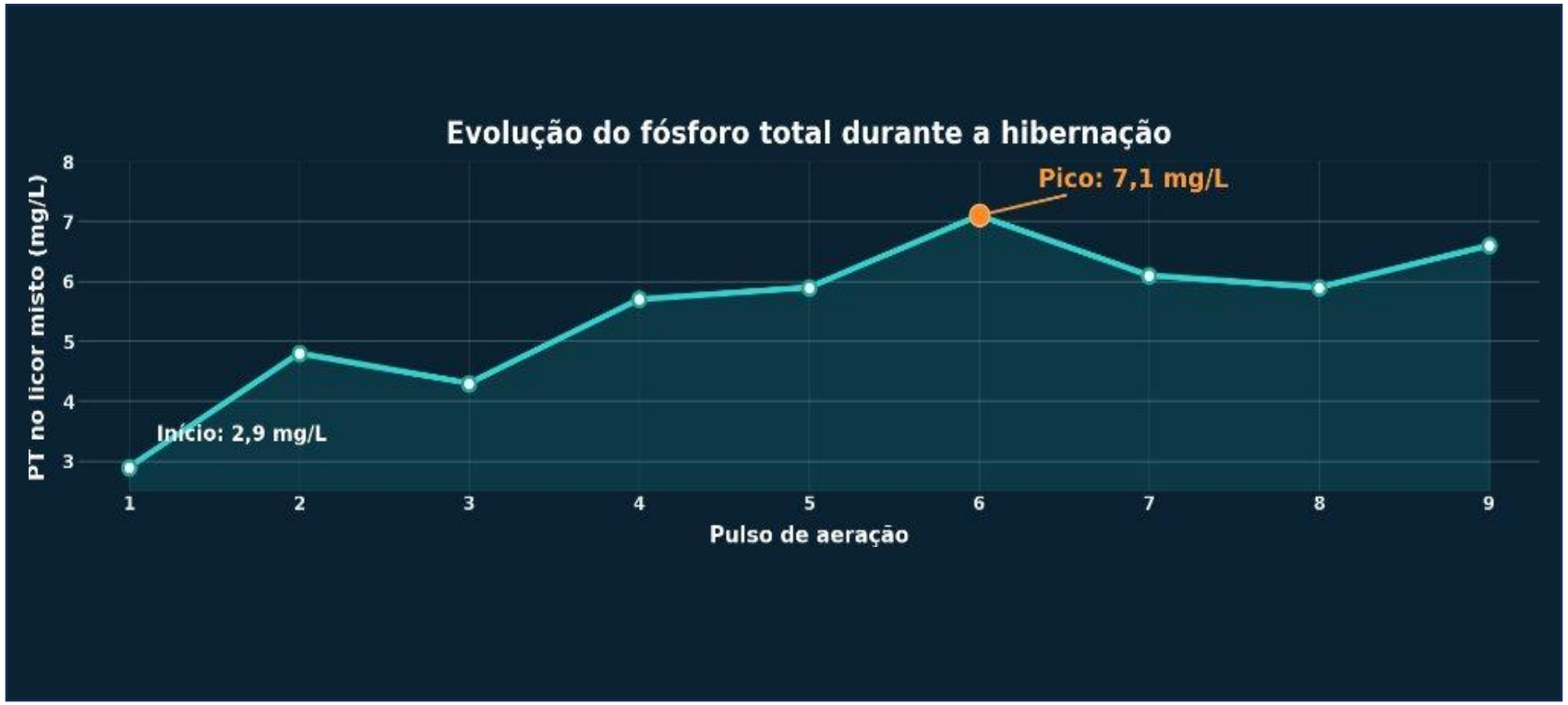
**Resultado líquido** **acúmulo gradual e controlado de fósforo**

© Haskoning 2026. All rights reserved

# Medições durante a Hibernação

## Durante a hibernação, o fósforo se acumulou no licor misto

O pico ocorreu no sexto pulso de aeração.




PT NO LICOR MISTO

**2,9** mg/L
Pulso 1

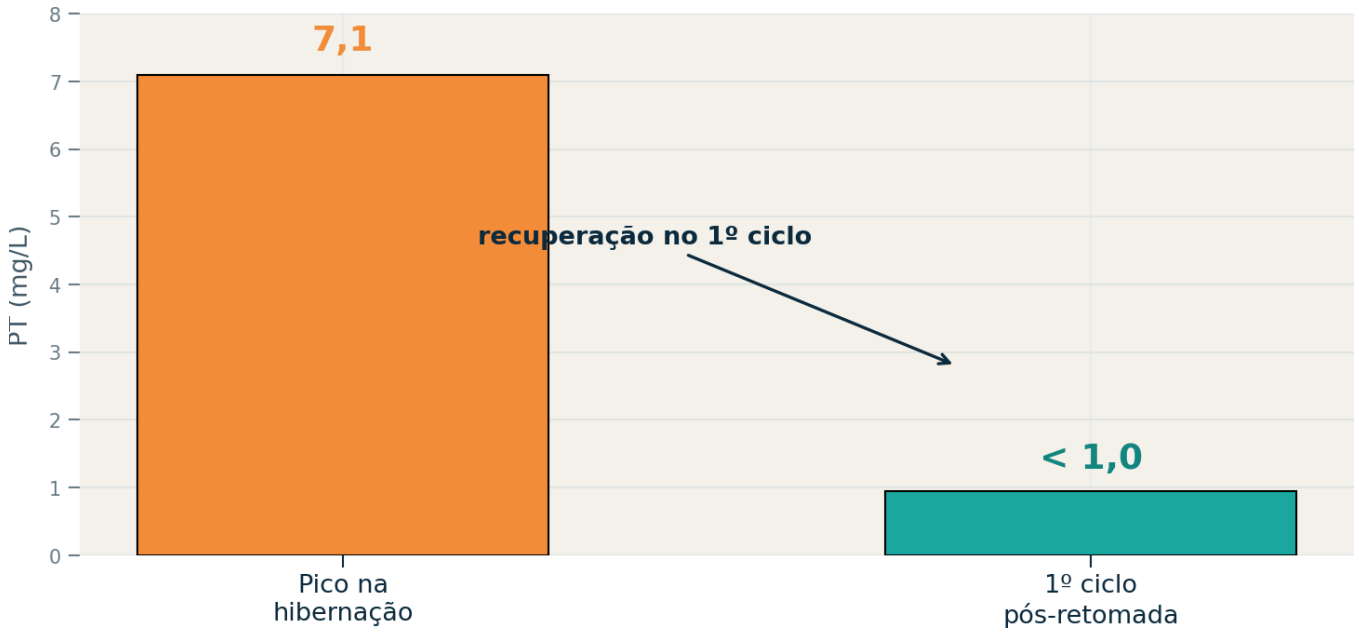
**7,1** mg/L
Pico no pulso 6

**Liberação anaeróbia > absorção parcial nos pulsos**


Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

# Resultado após O Primeiro Ciclo

O fósforo acumulado não impediu a recuperação imediata da remoção.




**PT < 1,0 mg/L**

já no primeiro ciclo

| | |
|---|---|
| $P\text{-}PO_4$ | < 0,15 mg/L |
| $N\text{-}NH_4$ | < 1,0 mg/L |


© Haskoning 2026. All rights reserved

# Fatores-Chave para Recuperação

## A biomassa permaneceu preservada

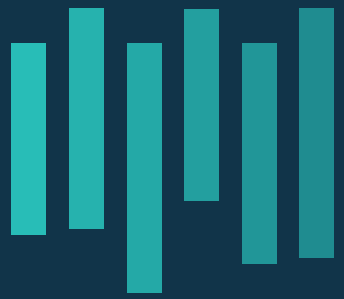
Três evidências acompanharam a retomada do desempenho.

PH ESTÁVEL

6–7

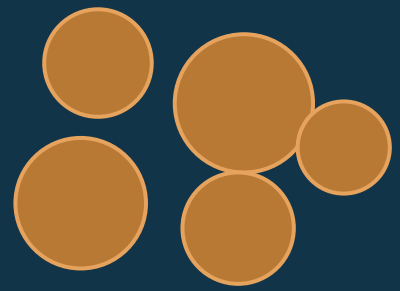
durante toda a hibernação

MLSS PRESERVADO



sem variações expressivas

ESTRUTURA GRANULAR

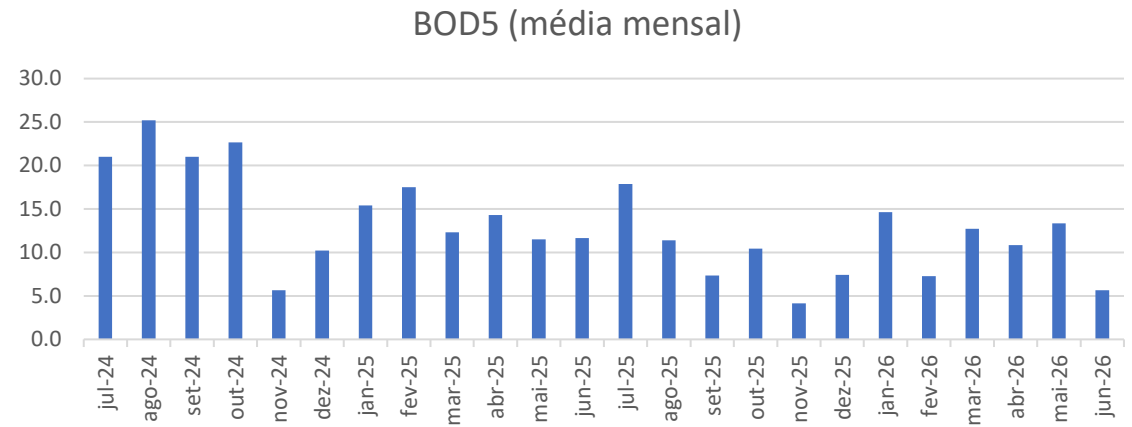


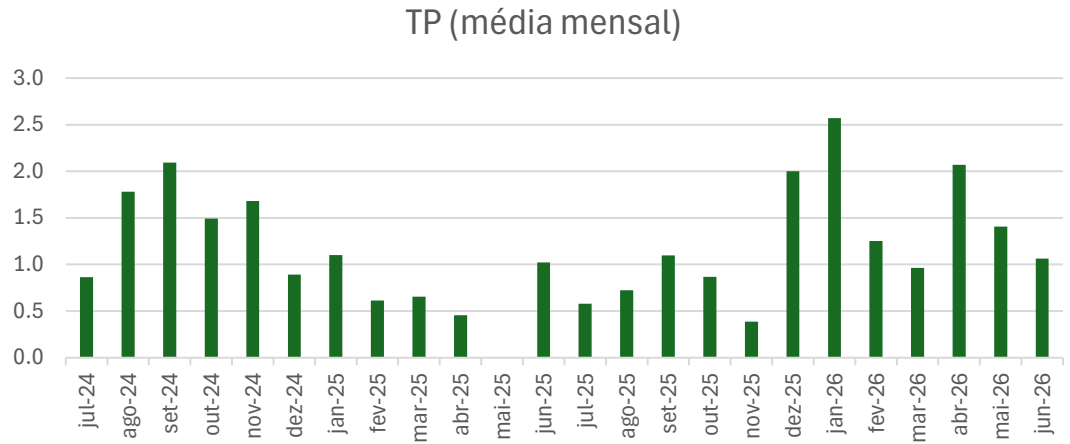
distribuição sem alterações expressivas

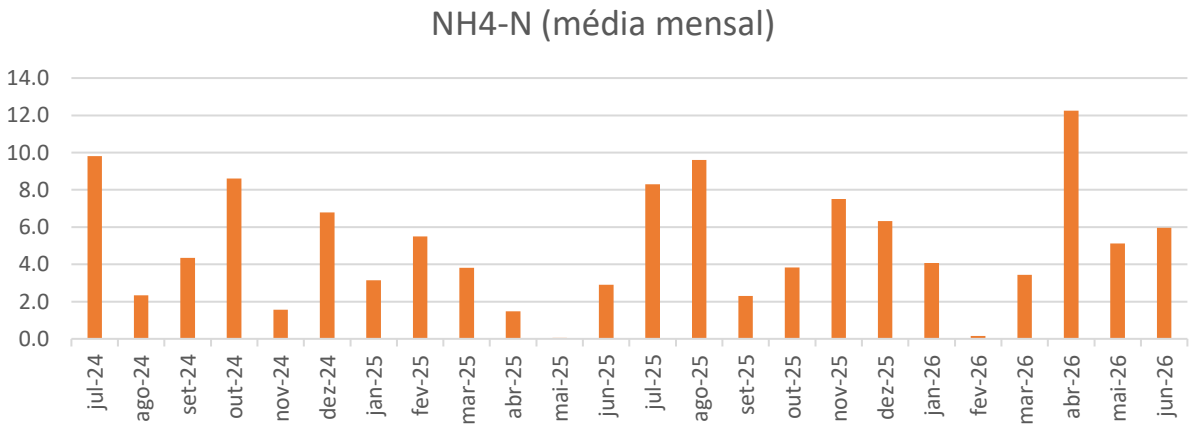
**Hibernação curta + pulsos intermitentes + pulso final**


Nereda | Haskoning © Haskoning 2026. All rights reserved

# Performance Operacional




**Durante o período de testes com a hibernação, a ETE manteve performance conforme requisitos da legislação:**

- **DBO5 < 40 mg/l**
- **NH4-N < 20 mg/l**
- **TP < 4 mg/l**


© Haskoning 2026. All rights reserved

# Conclusões e Recomendações

## Hibernar não é desligar. É manter o reator pronto para voltar.

O caso oferece uma base prática, mas cada ETE exige ajuste próprio.

**01**

### VIÁVEL NESTE ESTUDO

A qualidade do efluente foi mantida durante a estratégia.

**02**

### RECUPERAÇÃO RÁPIDA

PT abaixo de 1,0 mg/L já no primeiro ciclo.

**03**

### POTENCIAL DE APLICAÇÃO

Base para protocolos ajustados às condições de cada ETE.

**Recomendação para estudos futuros**

**Avaliar o desempenho em períodos superiores a 7 dias**


© Haskoning 2026. All rights reserved

# Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp


## Rodrigo Alves dos Santos Pereira
rodrigo.pereira@hasknoning.com
+55 21 991399834
www.linkedin.com/in/rodrigo-pereira-54528833


## Coautores


**Joana Doutor**
joana.doutor@hasknoning.com

**Matheus Franca**
matheuspenna@zonaoestemais.com.br

**Fábio Cardoso**
fabiocardoso@zonaoestemais.com.br

**Pedro Alves**
pedrohenriquealves@zonaoestemais.com.br