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

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07313

Eficiência do Aerador Ciclone no tratamento de efluentes em lagoas facultativas aeradas: estudo comparativo de campo com aerador de superfície de rotor horizontal

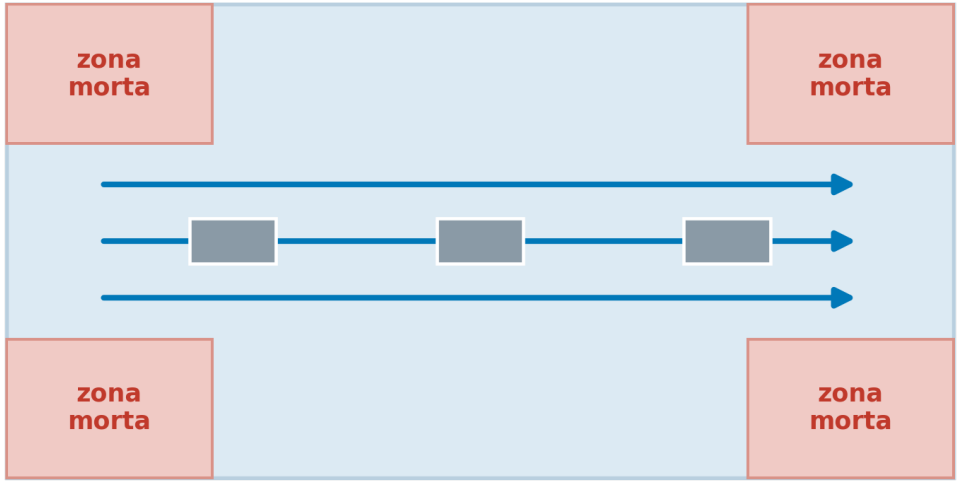
Ismael Nicholas Schröer
Greco Tusset de Moura
HIGRA Group — São Leopoldo/RS

Contexto: o padrão de fluxo define o volume que trata

Lagoas facultativas aeradas: solução dominante em municípios de pequeno e médio porte

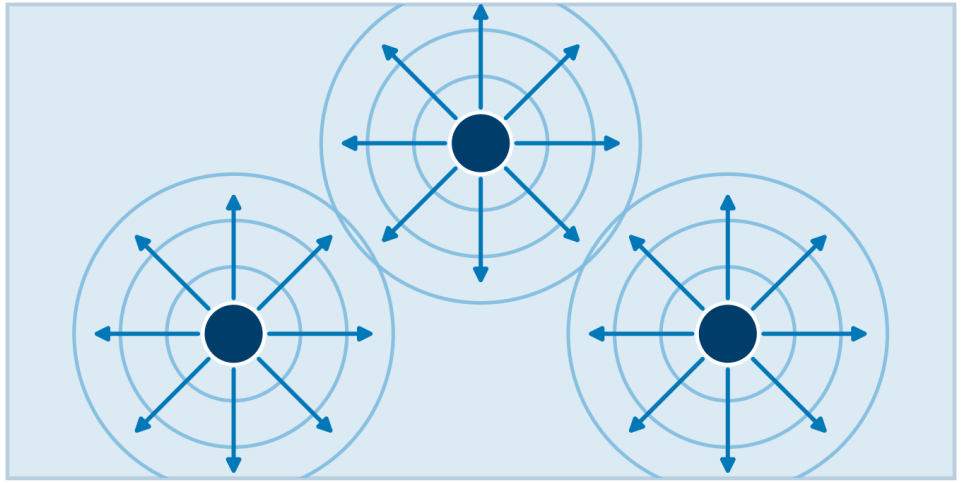
Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Aerador de escova horizontal



Corrente unidirecional • extremidades sem renovação

Aerador Ciclone — fluxo radial 360°



Cobertura sobreposta • sem direção preferencial de fluxo

Rotor horizontal (escova)

Corrente unidirecional, eficaz perto do equipamento; extremidades com baixa agitação.

Zonas mortas

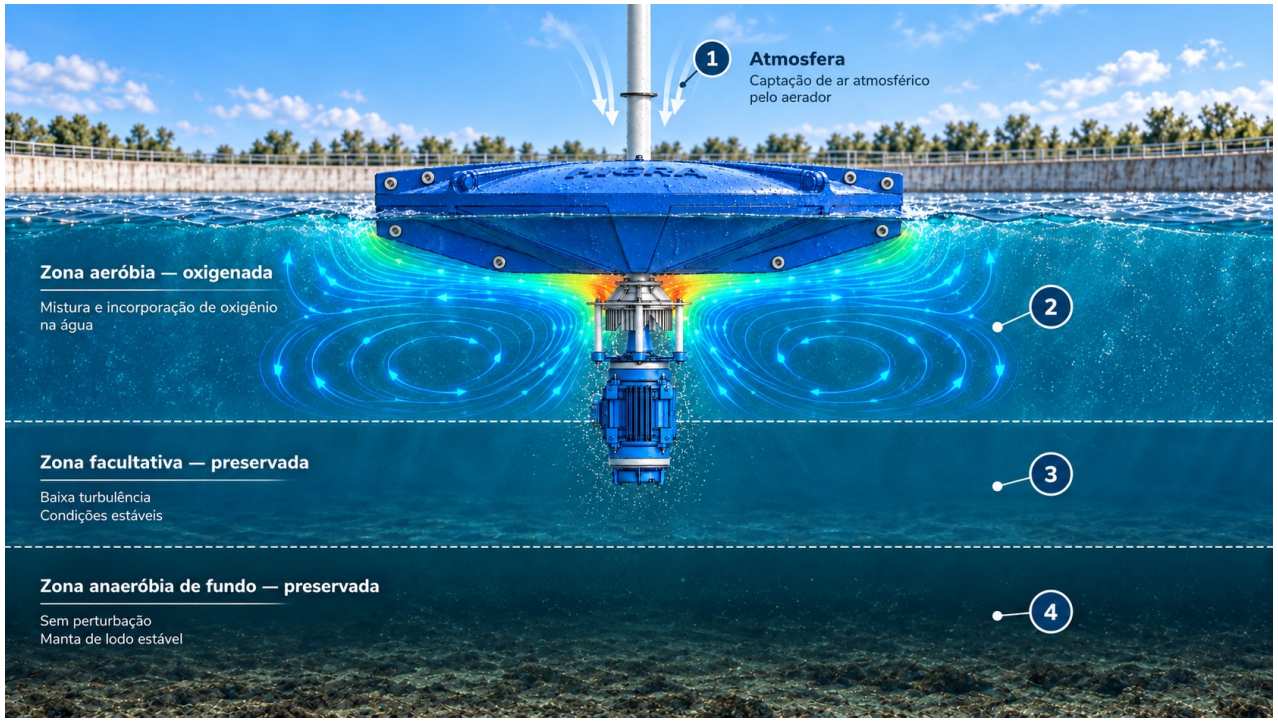
OD decresce, processos anaeróbios predominam; volume que não trata (Chernicharo, 1997).

Implicação de projeto

Eliminar zonas mortas pode pesar mais na qualidade do efluente que elevar o OD médio.

Princípio de operação: as quatro zonas

Do ar atmosférico ao fluxo radial, preservando as três camadas da lagoa facultativa



Rotor radial e motor molhado (oil free) operam abaixo da interface: nada é projetado para a atmosfera, sem aerossóis.

1 Aspiração de ar pelo topo

O rotor cria uma zona de baixa pressão que aspira ar atmosférico pelo eixo central tubular. O ar é incorporado por baixo da boia: o processo começa submerso.

2 Incorporação de O_2 submersa

Efluente e ar são misturados pelo rotor, criando alta área interfacial. A maior turbulência fica na zona subsuperficial; diâmetro de influência de ~20 m no modelo de 3 cv.

3 Zona facultativa

Zona de estabilização do fluxo de mistura e de alimentação do rotor, preservando a região facultativa em profundidades de até ~1 m.

4 Fundo preservado

A baixa velocidade a partir de ~1 m de submergência preserva o fundo sem mistura e a zona anaeróbia, favorável à desnitrificação.

Objetivo e hipótese

Objetivo

Comparar quantitativamente, em operação real, o Aerador Ciclone e o aerador de superfície de rotor horizontal em lagoas facultativas aeradas, sob a mesma potência nominal instalada.

Hipótese: o fluxo radial em 360° reduz zonas mortas e distribui o oxigênio dissolvido de forma mais uniforme, o que deve aparecer no resultado biológico, não só no OD de saída.

1 Aeração

Oxigênio dissolvido ao longo da lagoa (início, meio, saída)

2 Carga orgânica

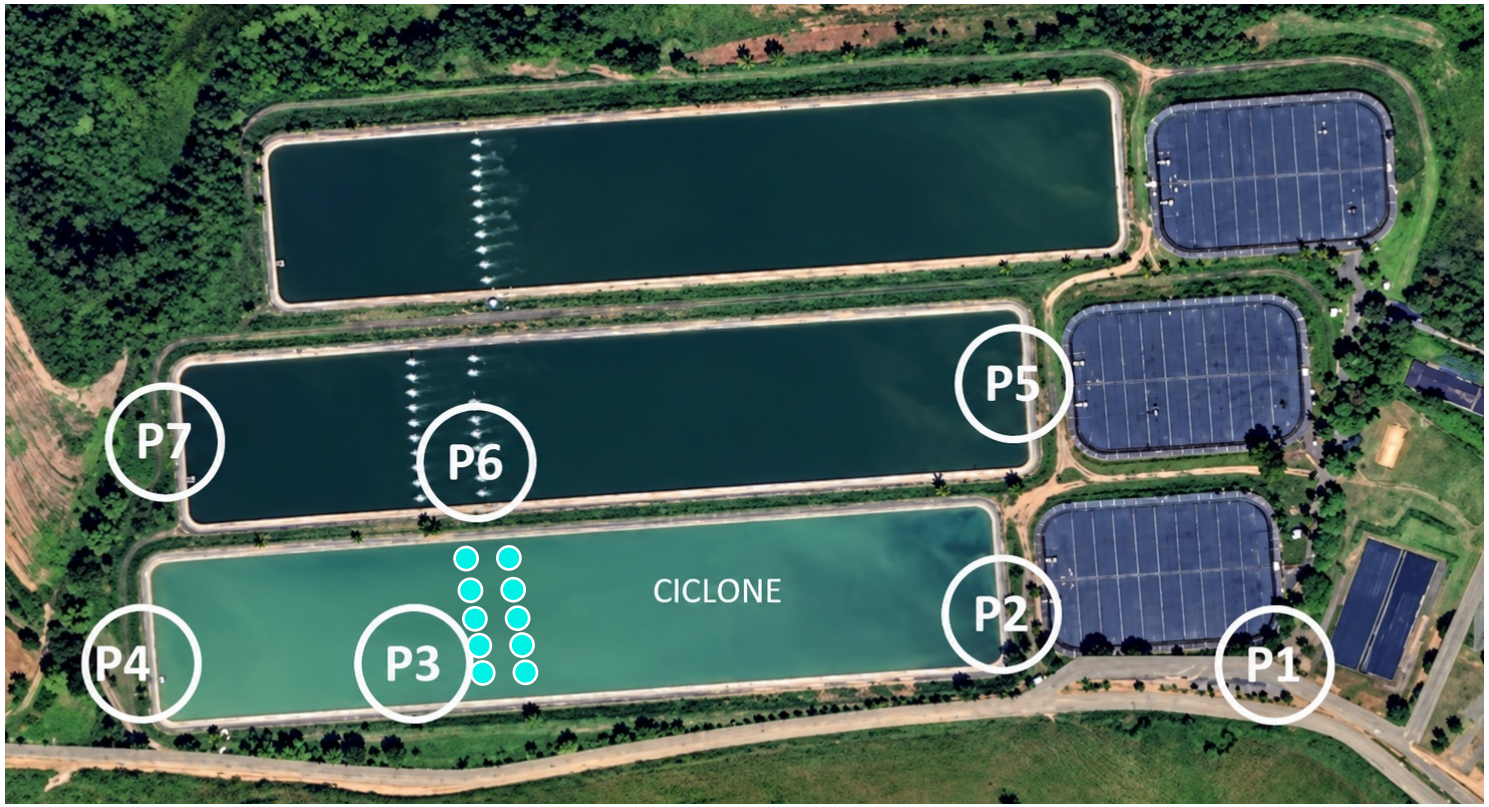
Remoção interna de DBO_5 e DQO

3 Nitrificação

Remoção interna de nitrogênio amoniacal (NH_3)

Área de estudo: ETE Lins (SABESP)

Duas lagoas facultativas adjacentes, de profundidade e área semelhantes



Pontos de coleta P1 a P7. Marcadores ciano: posição dos 10 aeradores Ciclone (duas fileiras de cinco).

Lagoa Ciclone · P2 → P3 → P4

10 × 3 cv

= 30 cv nominais instalados

Lagoa Superfície · P5 → P6 → P7

20 × 1,5 cv

= 30 cv nominais instalados

P1: entrada de efluente bruto, comum às duas lagoas.

Os aeradores Ciclone em operação na ETE Lins



Fileira de equipamentos na lagoa: a espuma superficial marca o alcance radial de cada unidade.



Rotor e motor operam abaixo da interface.

Metodologia de monitoramento

19 de janeiro a 25 de fevereiro de 2026

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

1.008	7	7	3×/dia
registros válidos	pontos de coleta	parâmetros	10h · 14h · 18h

Campo — in situ, sondas multiparamétricas

OD, pH e temperatura em P2 a P7, três vezes ao dia, cobrindo o ciclo fotossintético.

Laboratório SABESP — APHA (2017)

DBO_5, DQO, SST e NH_3 na entrada e na saída de cada lagoa (P1, P2, P4, P5, P7).

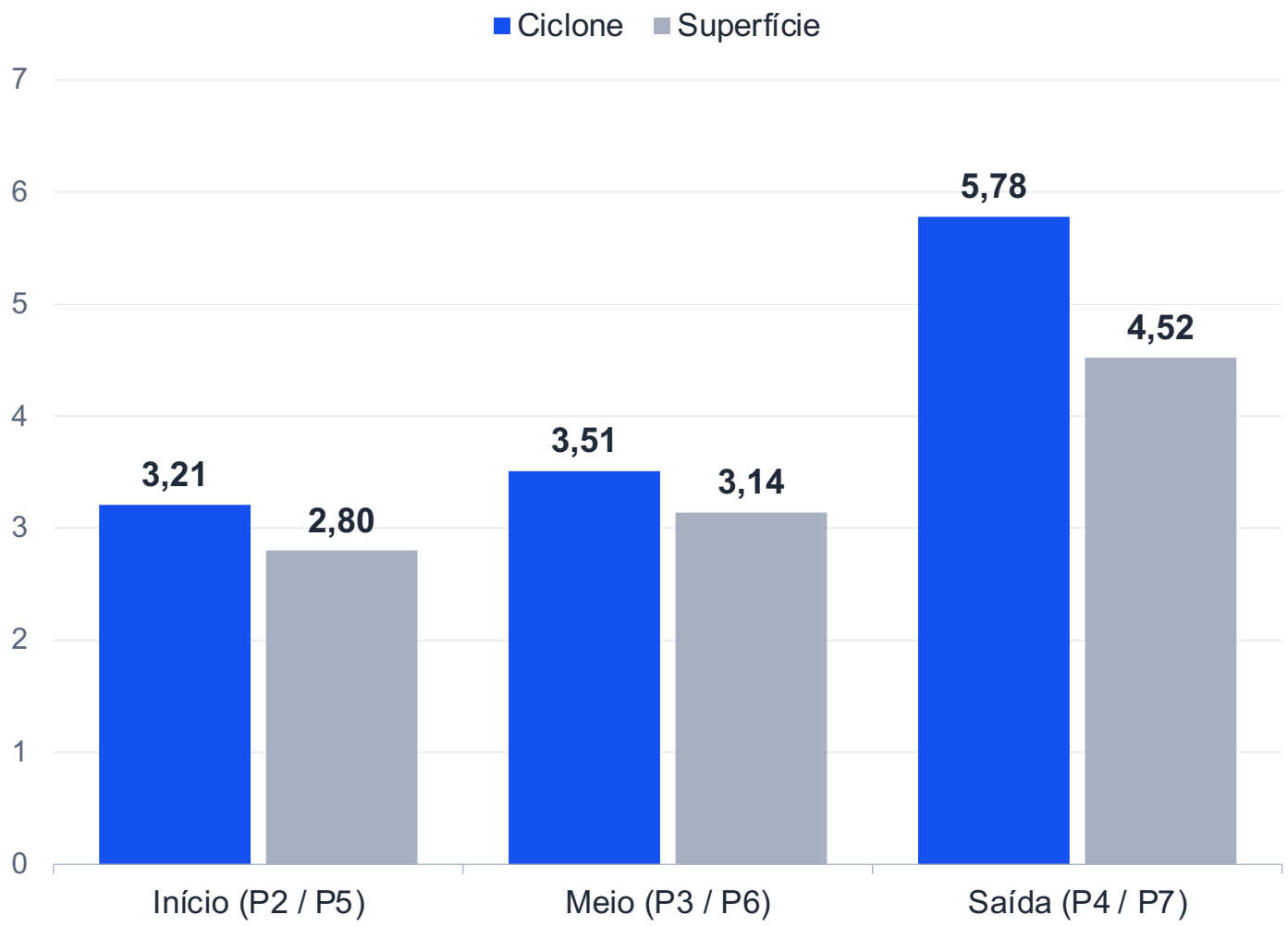
Métrica principal: eficiência de remoção interna

Remoção = (entrada − saída) / entrada, em cada lagoa: P2 → P4 (Ciclone) e P5 → P7 (Superfície).

Motivo: as lagoas receberam cargas distintas - DBO de entrada **125,4 mg/L** na lagoa Ciclone contra **86,4 mg/L** na lagoa Superfície (+45%). Comparar valores absolutos de saída seria injusto com a lagoa mais carregada.

Resultado 1 — Oxigênio dissolvido

OD médio por ponto de coleta (mg/L)



+27,8%

OD na saída: 5,78 contra 4,52 mg/L

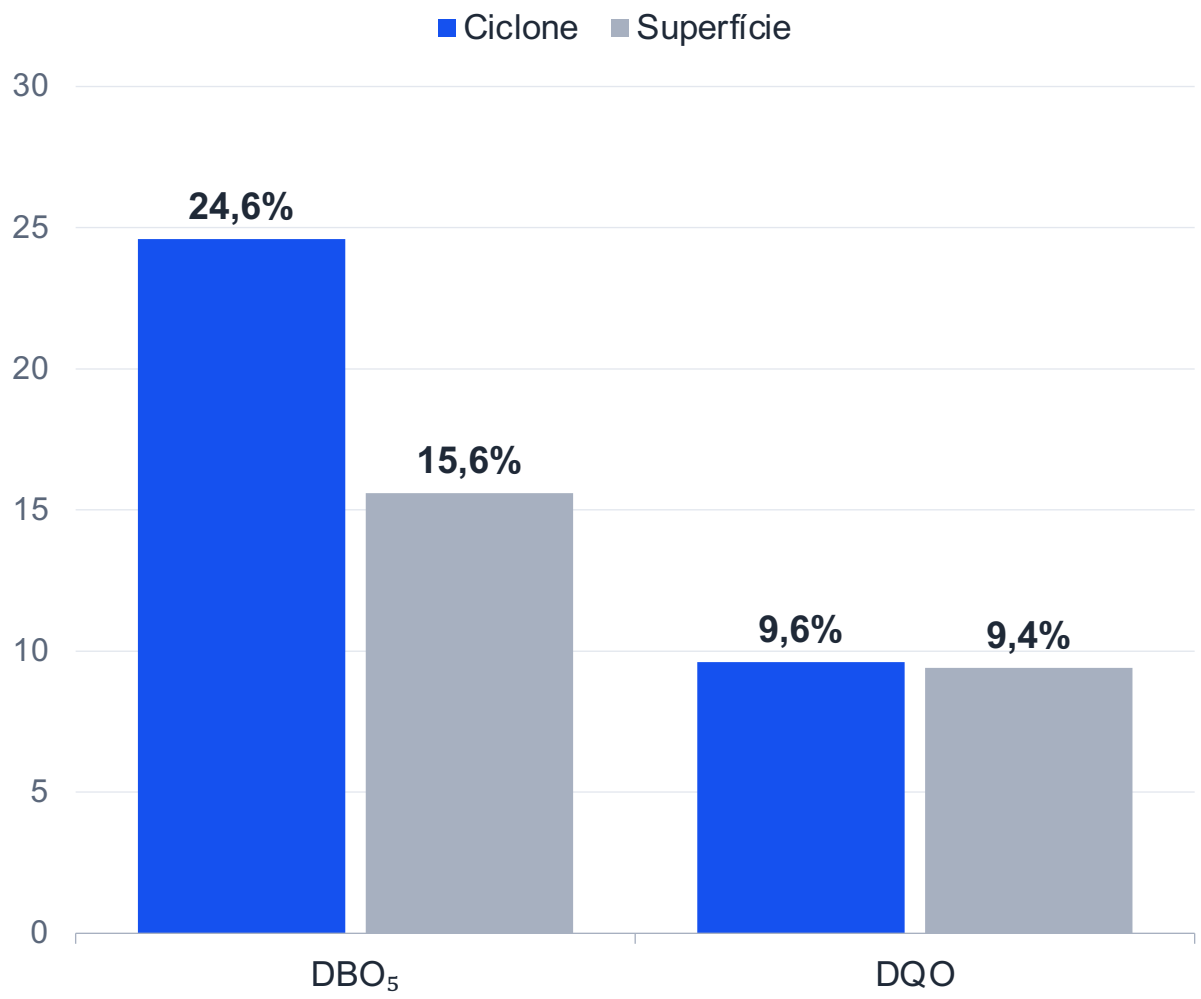
+80,1% × +61,4%

Incremento interno de OD (início → saída): +18,7 pp para o Ciclone

A vantagem cresce ao longo da lagoa: +14,6% no início, +27,8% na saída. Ambas acima de 2,0 mg/L; picos acima de 12 mg/L no pico fotossintético da lagoa Ciclone.

Resultado 2 — Carga orgânica

Eficiência de remoção interna (%), entrada → saída de cada lagoa



DBO de entrada

125,4 × 86,4 mg/L

Lagoa Ciclone recebeu carga 45% maior

DBO_5: +9,0 pp a favor do Ciclone

24,6% contra 15,6% — com carga de entrada maior e a mesma potência instalada.

DQO: empate técnico (≈ 9,5%)

Esperado: a fração não biodegradável da DQO não responde à eficiência de aeração.

Resultado 3 — Nitrificação

Remoção interna de nitrogênio amoniacal (NH_3)

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

12,0%

Lagoa Ciclone
36,63 → 32,25 mg/L

1,7%

Lagoa Superfície
38,07 → 37,44 mg/L

≈ 7×

diferença de remoção
mesma potência nominal

Por que é o indicador mais sensível

Nitrificantes são estritamente aeróbias e exigem OD sustentado acima de 2,0 mg/L. A nitrificação funciona como um sensor distribuído de OD e mede o que o oxímetro de saída não mede.

Leitura mecanicista

Maior OD e maior nitrificação na mesma lagoa são coerentes com menos zonas mortas. Temperatura equivalente entre lagoas descarta o fator térmico.

Ganho relativo: a concentração de saída ainda está acima de 20 mg/L — o estudo não avaliou enquadramento para lançamento.

Quadro consolidado e variáveis de controle

Parâmetro	Ciclone	Superfície	Leitura
OD — incremento interno	**+80,1%**	+61,4%	Ciclone (+18,7 pp)
OD — saída (mg/L)	**5,78**	4,52	Ciclone (+27,8%)
DBO_5 — remoção interna	**24,6%**	15,6%	Ciclone (+9,0 pp)
DQO — remoção interna	**9,6%**	9,4%	Empate técnico
NH_3 — remoção interna	**12,0%**	1,7%	Ciclone (≈ 7×)
pH — variação interna	**+0,38**	+0,13	Maior atividade fotossintética
SST — variação interna	**+33,8%**	+18,2%	Biomassa algal
Temperatura	**Δ ≤ 0,5 °C entre lagoas**		Fator térmico descartado

Temperatura

Diferença máxima de 0,5 °C: as diferenças vêm da aeração, não do ambiente.

pH (7,5–9,5)

Maior elevação na lagoa Ciclone, coerente com maior atividade fotossintética.

SST

Aumento nas duas lagoas, maior no Ciclone: biomassa algal, removível no polimento.

Interpretação e limitações do estudo

O mecanismo

Rotor horizontal: corrente unidirecional, extremidades com baixa agitação; o OD cai e a atividade nitrificante é comprometida (Kellner; Pires, 1998).

Fluxo radial em 360°: distribui a energia de mistura por toda a área; o efluente passa repetidamente pela região de alta turbulência.

OD, DBO e nitrificação apontam na mesma direção -> consistência entre indicadores independentes.

Posicionamento subótimo

Duas fileiras de cinco, na infraestrutura elétrica existente: interferência de fluxo entre unidades. Resultados conservadores.

Potência absorvida não medida

Comparação sob mesma potência nominal instalada; eficiência energética é objeto de estudo subsequente.

Lagoas não caracterizadas

Volume e TDH individuais não detalhados; premissa de semelhança construtiva.

Janela de verão

Janeiro e fevereiro: não captura variação sazonal.

Conclusões e próximos passos

1 Oxigenação
Superior em todos os pontos: OD de saída +27,8%; incremento interno +80,1% contra +61,4%.

2 Carga orgânica
Remoção de DBO_5 de 24,6% contra 15,6%, sob carga de entrada 45% maior. DQO em empate técnico.

3 Nitrificação
Remoção de NH_3 cerca de 7 vezes maior (12,0% contra 1,7%) — o achado mais relevante.

4 Mecanismo
A vantagem está na distribuição do oxigênio pela lagoa, não só na quantidade transferida.

Próximos passos

→ Medição direta do consumo energético

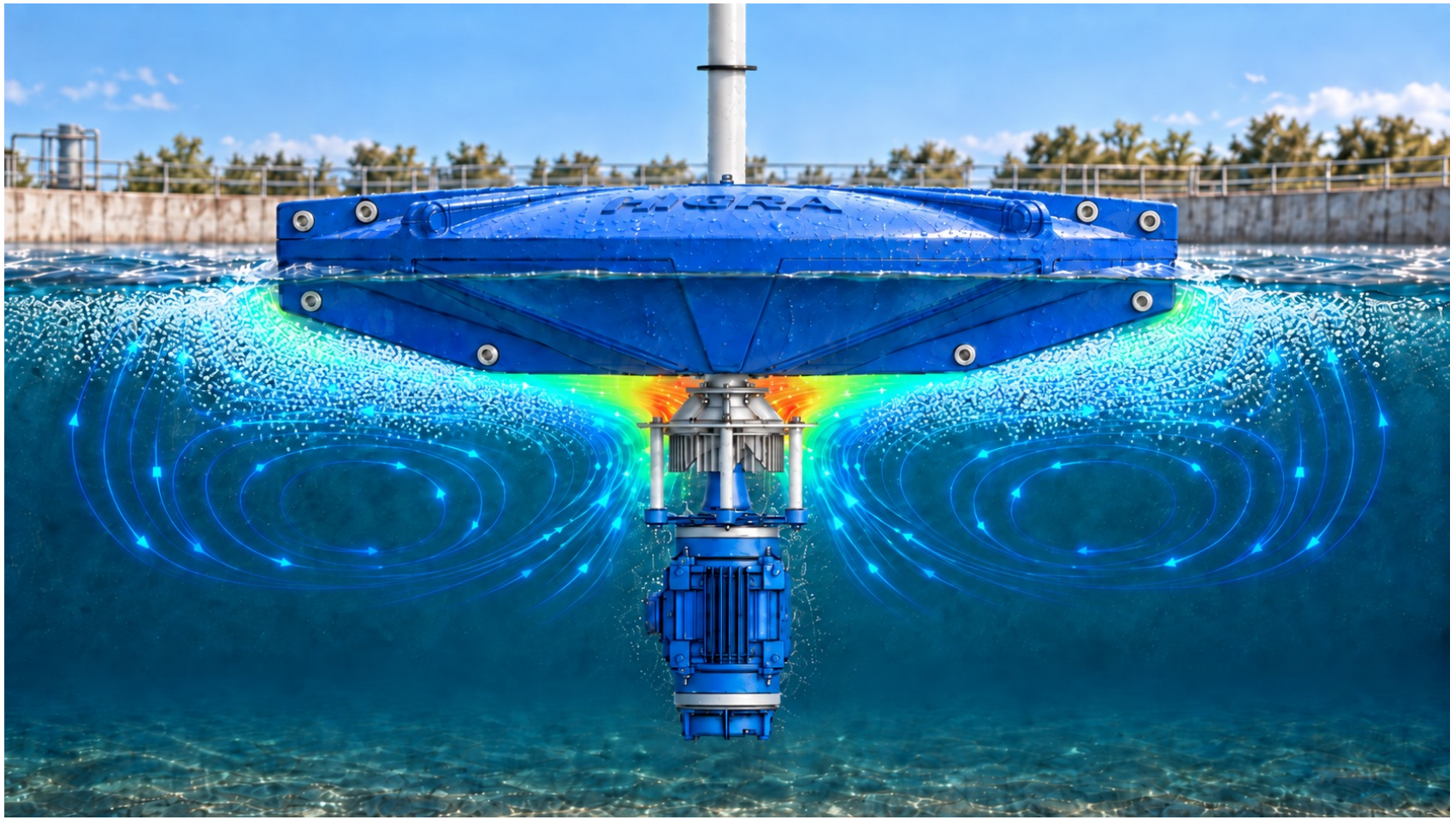
→ Modelagem CFD do arranjo na lagoa

→ Ensaios de traçadores para mapear zonas mortas

→ Ampliação da base de casos e aplicações

Dados laboratoriais da própria SABESP, em operação real.

O conceito em operação: fluxo radial em 360°



Rotor abaixo da interface: ar aspirado, mistura submersa e escoamento radial sem direção preferencial. Energia de mistura distribuída por toda a área da lagoa.

Obrigado!

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

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Ismael Nicholas Schröer
Head de Inovação de Tecnologia
ismael.schroer@higra.com.br
+55 51 3778-2929
www.higra.com.br

Coautores

Greco Tusset de Moura
Diretor Técnico — HIGRA
greco.moura@higra.com.br