Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

TRABALHOS TÉCNICOS
23 de outubro de 2024
14h00 - 16h00
Sala Cantareira 3



35ETC-06754- GANHOS DO USO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NAS ETAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Maria Ester da Silva Oliveira Nakagawa
Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp

O objetivo deste trabalho é apresentar a experiência técnica sobre a substituição do cloro pelo peróxido de hidrogênio como pré-oxidante nas estações de tratamento de água Casa Grande e Taiaçupeba.

Sistema Produtor ETA 1 - Características do manancial



- ✓ 2 pontos de captação;
- ✓ Manancial oligotrófico e ultraoligotrófico (baixa concentração de nutrientes);
- ✓ Presença de matéria orgânica natural (MON)- Predominância Ácidos húmicos e fúlvicos;
- ✓ Alto potencial de formação de Trihalometanos;

SISTEMA PRODUTOR– ETA 1



Idade da ETA: **85 anos**

Capacidade Nominal: **4,0 m³/s**

Localização: **Biritiba Mirim - SP**

Média de Produção 2023: **3,49 m³/s**

5º maior sistema produtor em 2023= 5,28% do volume total produzido na RMSP

Municípios abastecidos: Mauá, Ribeirão Pires, Santo André e São Paulo.

População abastecida 2024 = 1,1 milhão

Sistema Produtor ETA 2 - Características do manancial



- ✓ Manancial mesotrófico e eutrófico (fósforo e clorofila – proliferação de algas;
- ✓ Presença de matéria orgânica natural (Ácidos húmicos e fúlvicos) e metais, especialmente Ferro e Manganês;
- ✓ Presença de compostos causadores de gosto e odor;
- ✓ Alto potencial de formação de Trihalometanos.

Sistema Produtor – ETA 2



Idade da ETA: **32 anos**

Capacidade Nominal da ETA : **15,0 m^3/s**

Localização: **Suzano - SP**

Vazão média produzida em 2023: **12,39 m3/s**

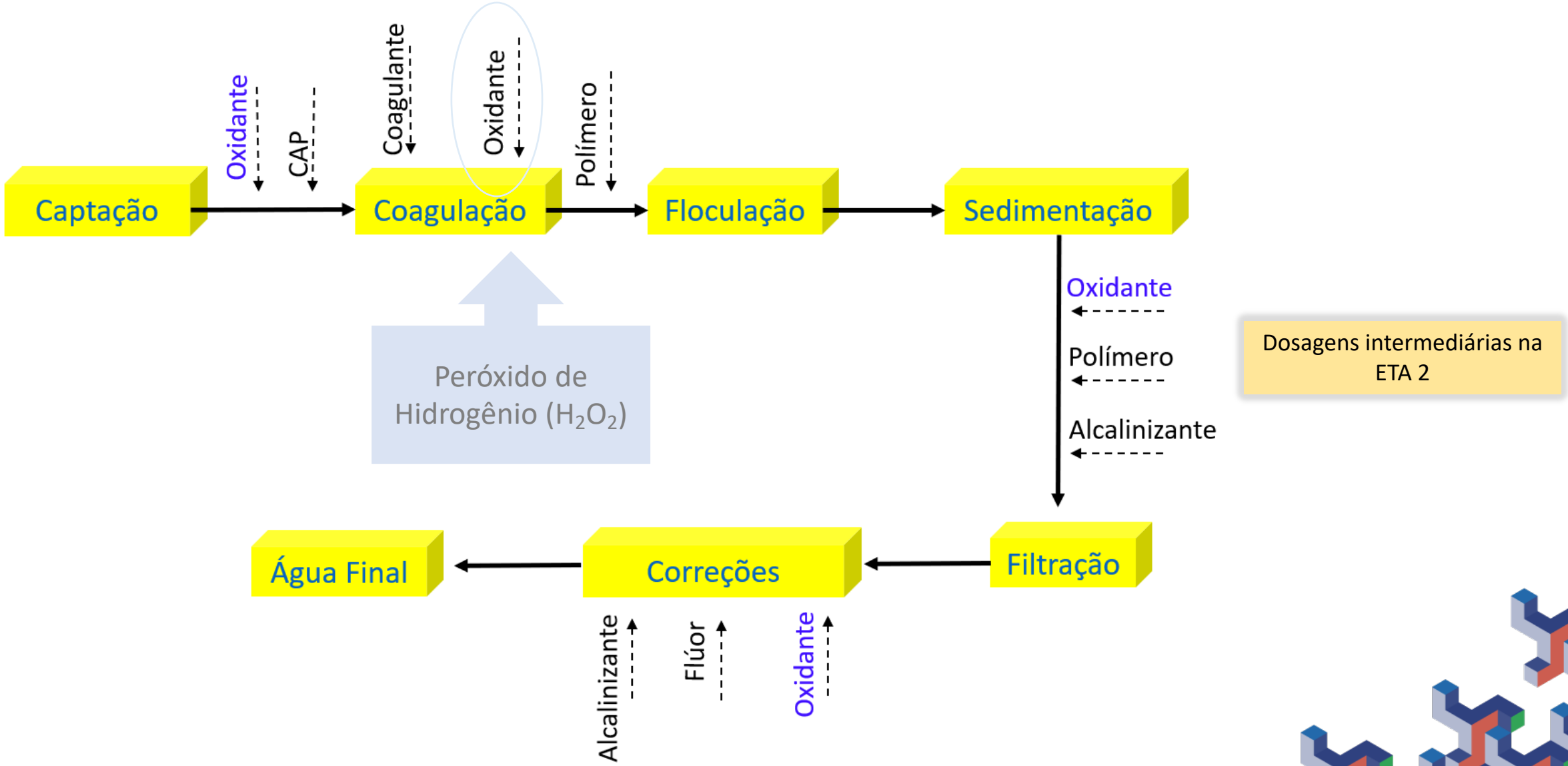
3º maior sistema produtor em 2023 = 18,79% do volume total produzido na RMSP

Municípios abastecidos: Suzano, Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mauá, Mogi das Cruzes, Poá e São Paulo.

População abastecida em 2024 = 3,3 milhões

Fonte: SISÁGUA 2023

ETAs - Processo de tratamento convencional

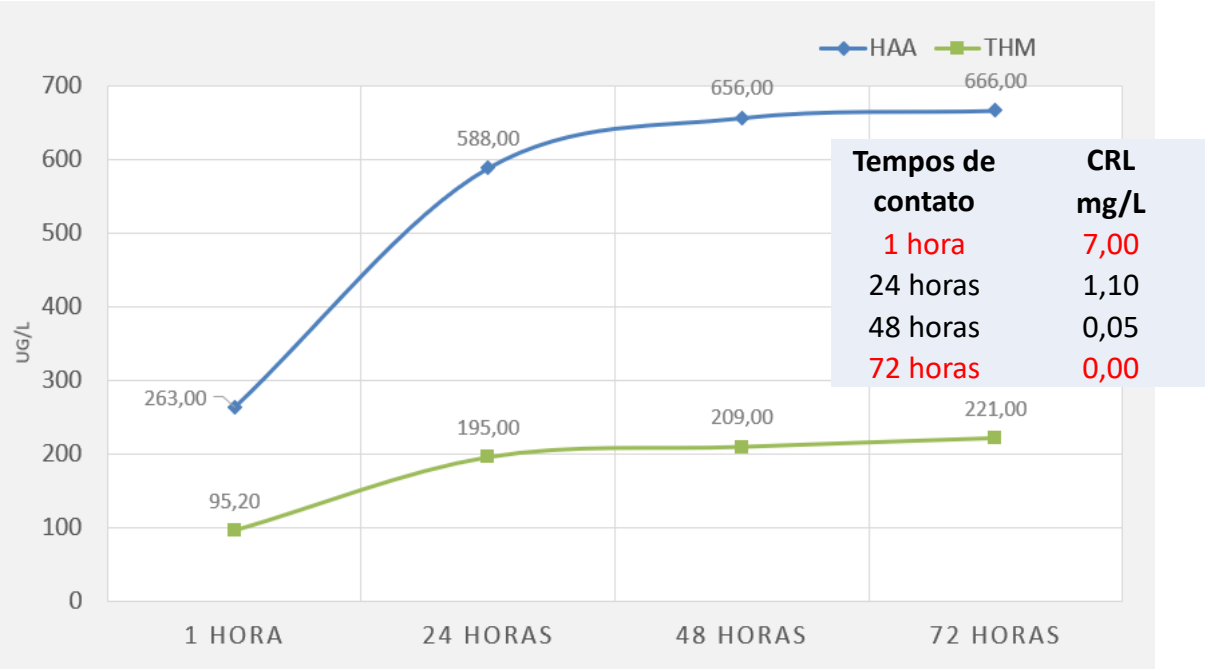


Potencial de Formação dos Subprodutos de Desinfecção

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

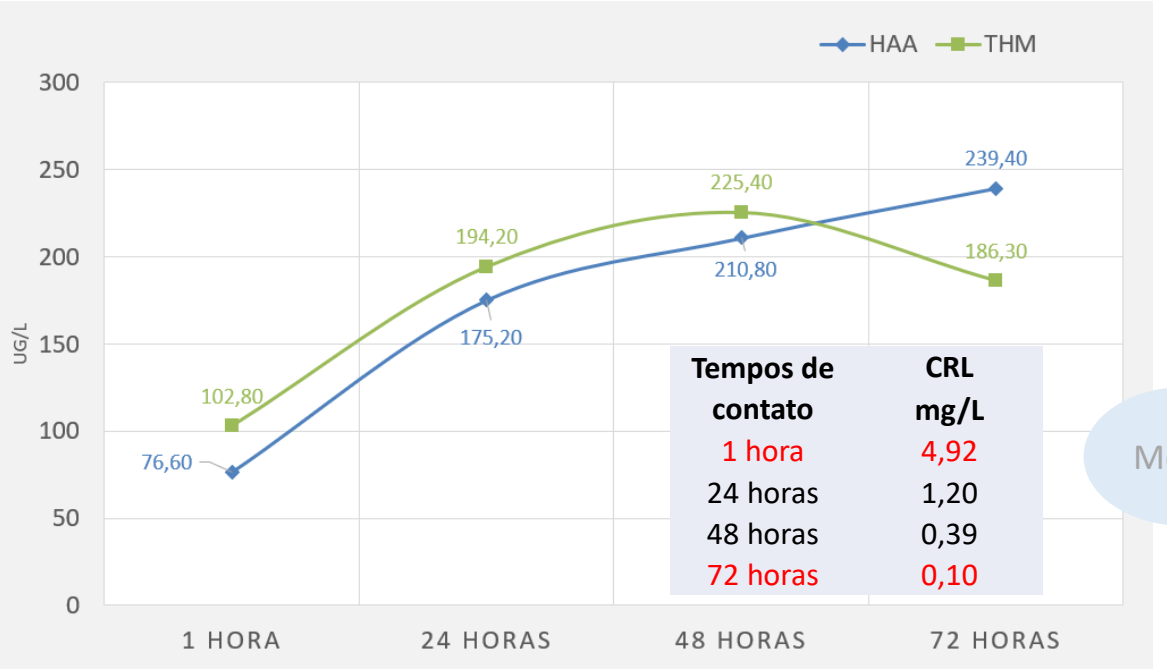
O Potencial de Formação de THM (PFTHM) é a diferença aritmética entre o THM final e o THM instantâneo.
Este ensaio permite avaliar a formação de THM em função do tempo de contato, simulando o incremento da concentração dessas substâncias durante o tempo de permanência nas redes de distribuição.

Sistema Produtor ETA 1 - Out 2023



Tempos de contato	CRL mg/L
1 hora	7,00
24 horas	1,10
48 horas	0,05
72 horas	0,00

Sistema Produtor ETA 2 - Dez 2023



Tempos de contato	CRL mg/L
1 hora	4,92
24 horas	1,20
48 horas	0,39
72 horas	0,10

Metais

Portaria GM/MS Nº 888/2021

Valores Máximos Permitidos em legislação:
Trihalometanos = 0,1 mg/L = 100 ug/L
Ácidos Haloacéticos total = 0,08 mg/L = 80 ug/L

Pré-Oxidantes

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Cl_2

Cloro

Principal agente químico utilizado na pré-oxidação

Desvantagem é a formação de subprodutos (THM e HAA)

$KMnO_4$

Permanganato de potássio

Aplicado na ETA Taiaçupeba como pré-oxidante em alguns períodos pontuais (2010, 2011, 2013)
Foco = metais (Fe, Mn) altos

H_2O_2

Peróxido de Hidrogênio

Início de aplicação nos 2 sistemas setembro/2011



CH_3CO_3H

Ácido Peracético

Possui maior potencial de oxidação do que o H_2O_2 . Em 2017 testado em bancada nas 2 ETAs, com resultados similares ao H_2O_2

ClO_2

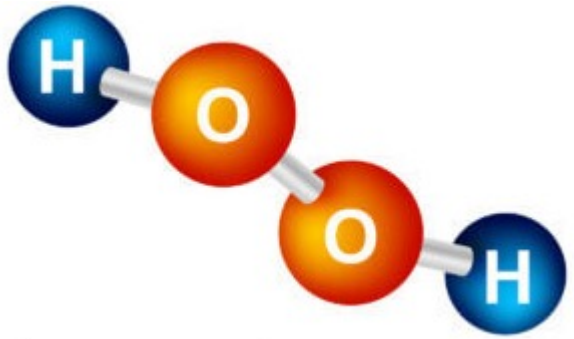
Dióxido de Cloro

Intenção de testes em bancada e nas plantas em 2025

Uso do Peróxido de Hidrogênio como pré-oxidante



- ✓ O peróxido de hidrogênio possui alto poder oxidante, apresentando vantagens por não formar compostos orgânicos halogenados, decompondo-se espontaneamente em água e oxigênio;
- ✓ Produto relativamente estável;
- ✓ Pode melhorar atuação de outros produtos químicos utilizados no processo, por exemplo, coagulantes.

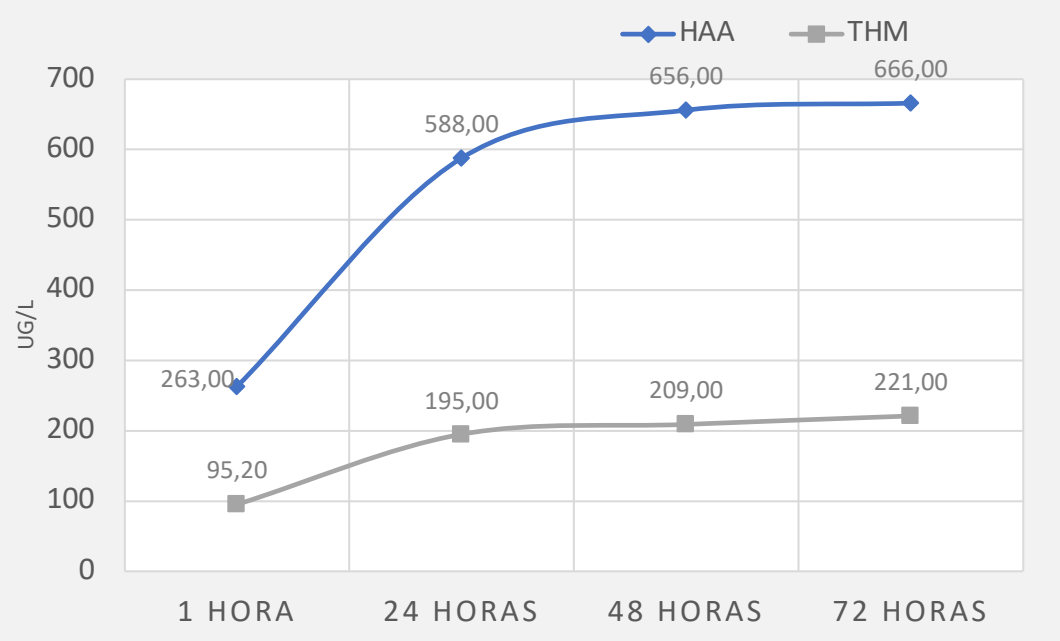


ETA 1 – Resultados subprodutos em bancada e saída da ETA

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Verificações preliminares em bancada = Outubro 2023

Água bruta com dosagem de cloro = 10 ppm

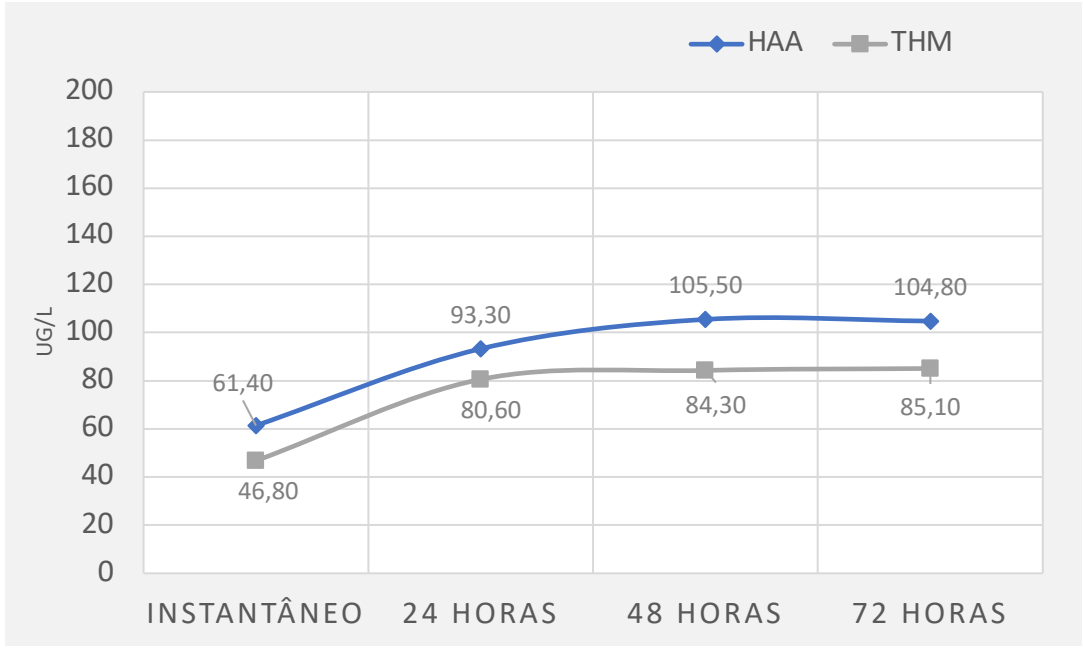


CARACTERIZAÇÃO ÁGUA BRUTA	
Cor aparente (uC)	71,0
Ferro dissolvido (mg/L)	0,24
Manganês dissolvido (mg/L)	0,018
pH	5,8
Turbidez (NTU)	6,0

Tempos de contato	CRL mg/L
1 hora	7,00
24 horas	1,10
48 horas	0,05
72 horas	0,00

Resultado da água final no processo real da ETA

(ciclo completo de tratamento)



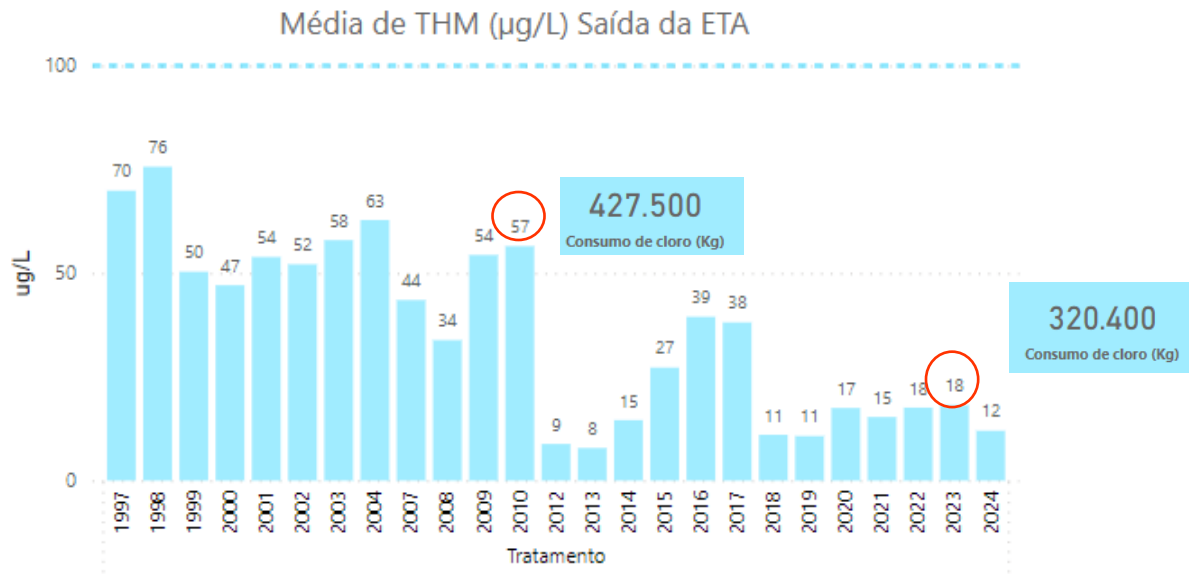
Tempos de contato	CRL mg/L
Instantâneo	1,90
24 horas	0,40
48 horas	0,30
72 horas	0,10

DOSAGENS DE PRODUTOS QUÍMICOS NA ETA NO DIA DO TESTE (03/10/2023)	
PAC	34,60 ppm
Cloro (pós)	1,90 ppm
Peróxido (pré)	0,22 ppm

Faixa de Cloro Água Final 1,8mg/L a 2,2 mg/L

Sistema Produtor ETA 1

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

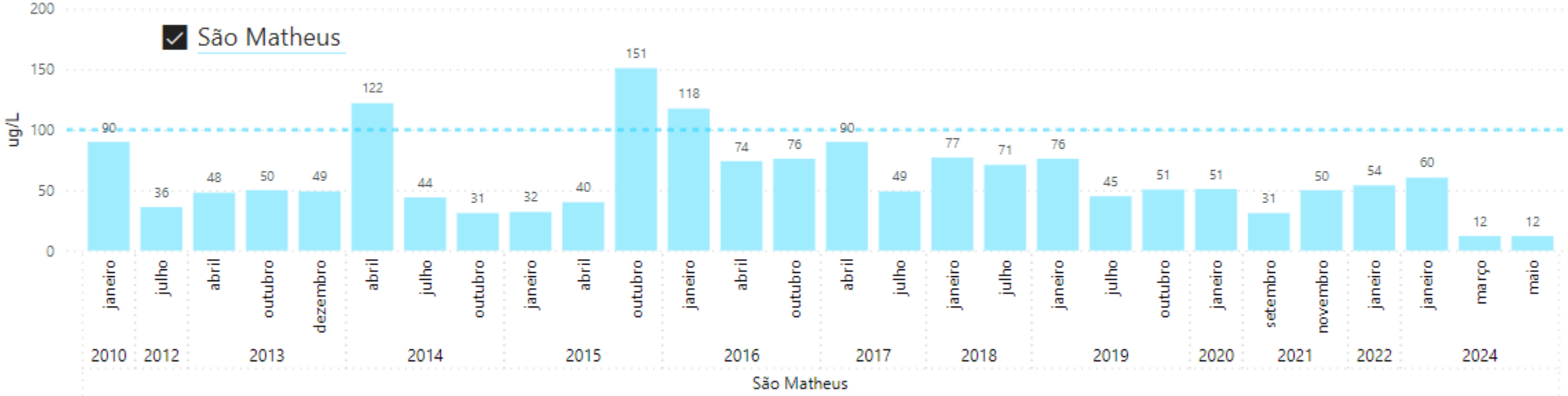


2023 em relação 2010 = 68% de remoção de THM.

Em **2010, consumo médio de oxidante** (apenas cloro) = 3,49 kg/1000 m^3
Em **2023, consumo médio de oxidante** (cloro e peróxido) = 3,34 kg /1000 m^3, sendo 2,91 kg /1000 m^3 referente ao cloro.

2023 em relação 2010 = redução de 4,3% no consumo médio de oxidantes. Considerando apenas cloro a redução é de 17% no consumo médio.

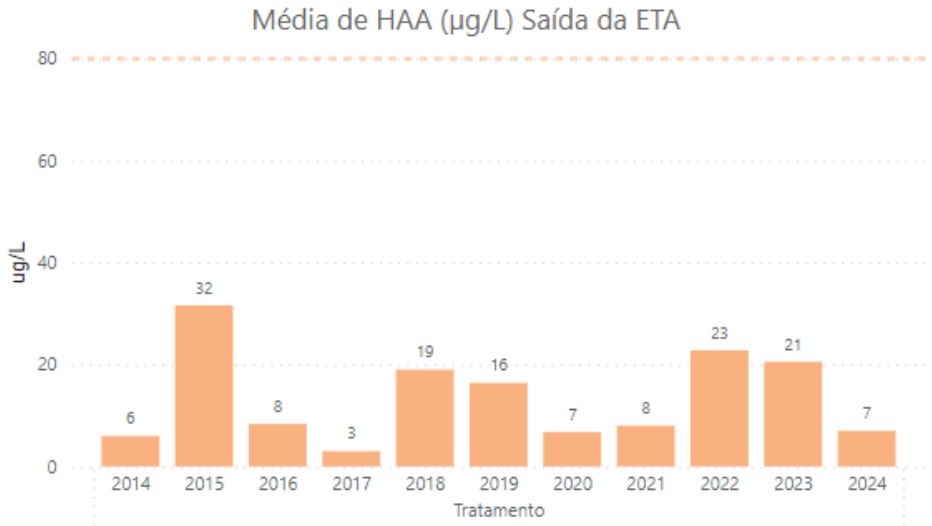
Cloro Residual Livre saída da ETA = 1,8 a 2,2 mg/L



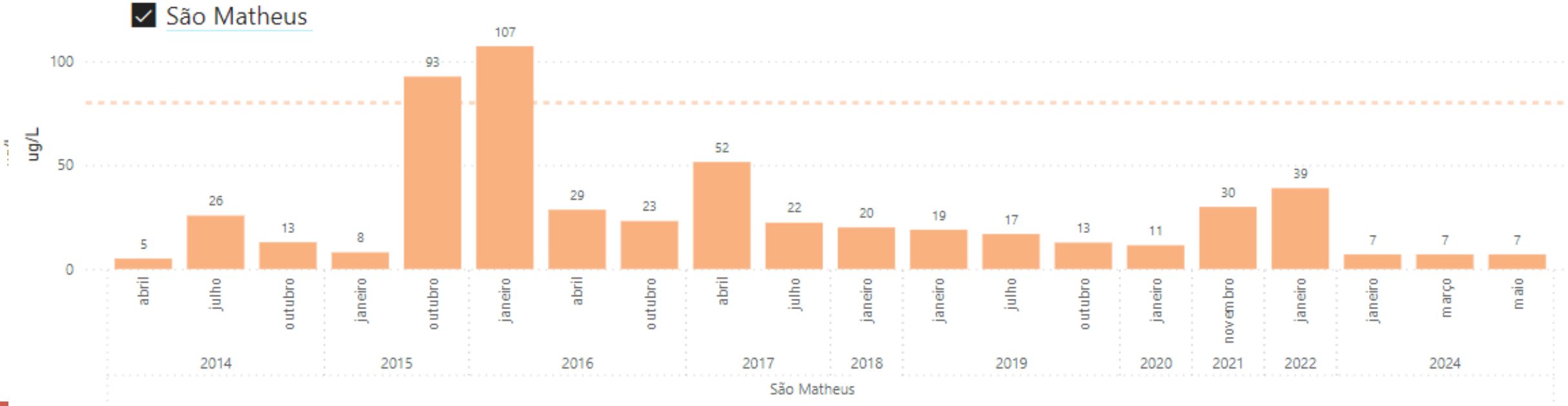
Sistema Produtor ETA 1 – Resultados de Ácidos Haloacéticos

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Exigido monitoramento a partir de dez/2011- Portaria 2914



No período analisado: Resultados pontuais acima do VMP por legislação
Não se apresentou um cenário crítico

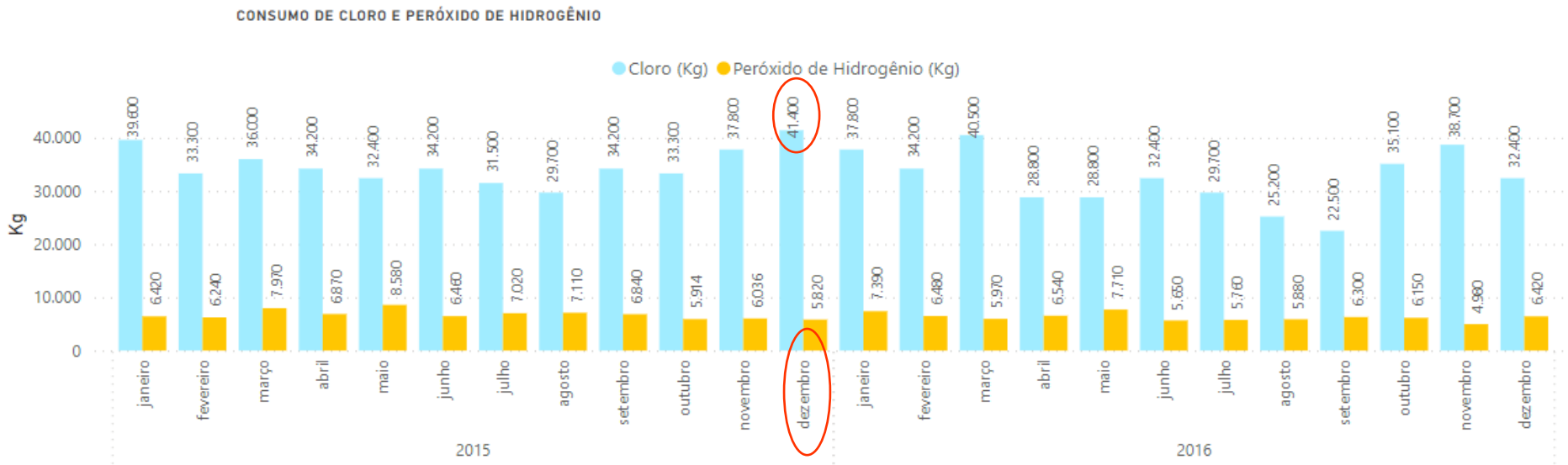


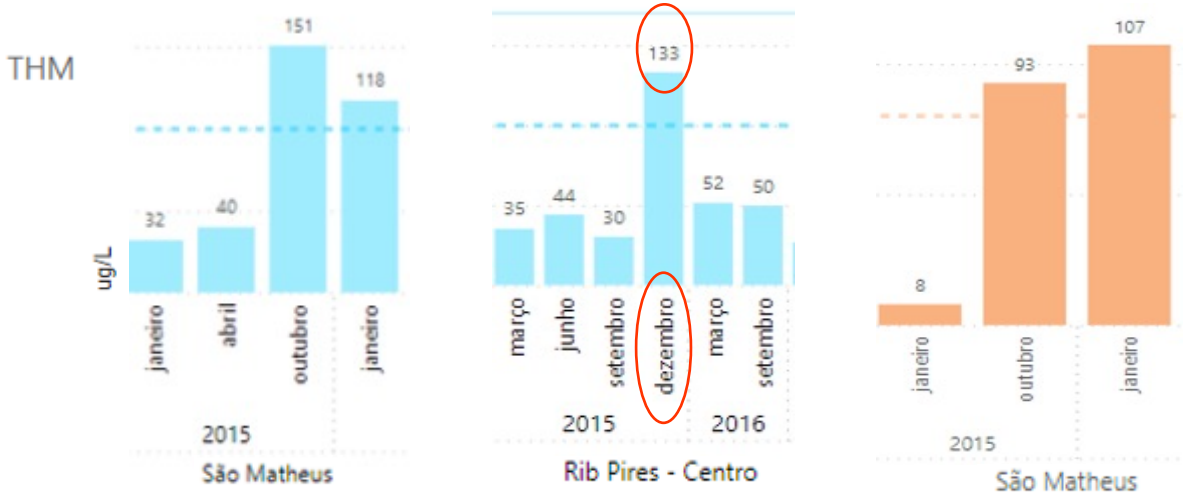
ETA 1 – Consumo de Oxidantes

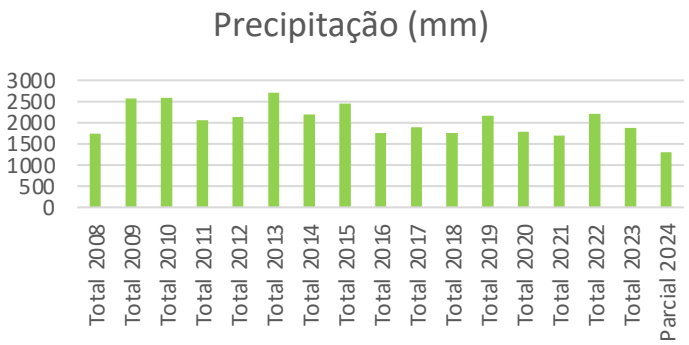
Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Peróxido de Hidrogênio

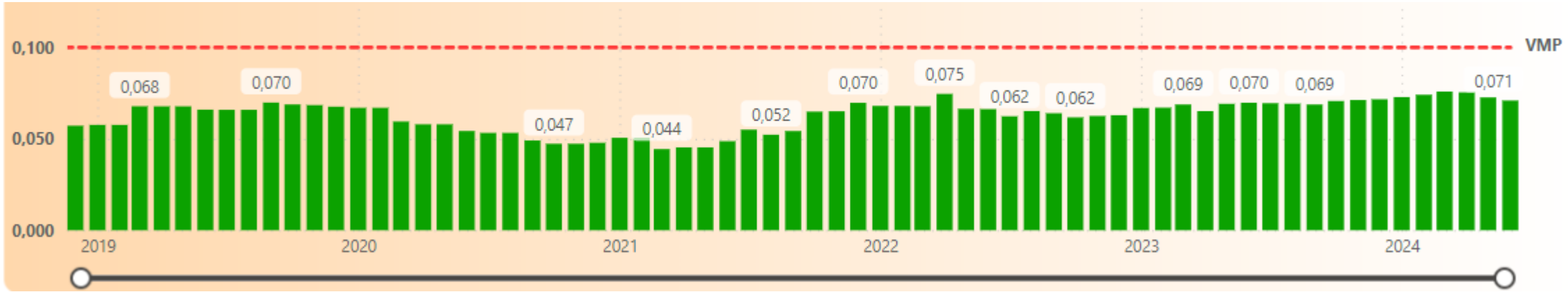
Ano	Dosagem média (ppm)
2013	0,32
2014	0,37
2015	0,29
2016	0,24
2017	0,23
2018	0,25
2019	0,30
2020	0,19
2021	0,19
2022	0,17
2023	0,19
2024	0,16







Sistema Produtor ETA 1 – Resultados de THM nos sistemas de abastecimento com uso do Peróxido de Hidrogênio



UN	Município	Sistema de Abast.	Média Móvel
OC	MAUA	RIO CLARO	0,095
OC	SANTO ANDRE	RIO CLARO	0,069
OC	SAO PAULO	RIO CLARO	0,068
OS	RIBEIRAO PIRES	RIO CLARO	0,065

Atendimento da Portaria GM/MS 888/21

- Média 12 meses em mg/L

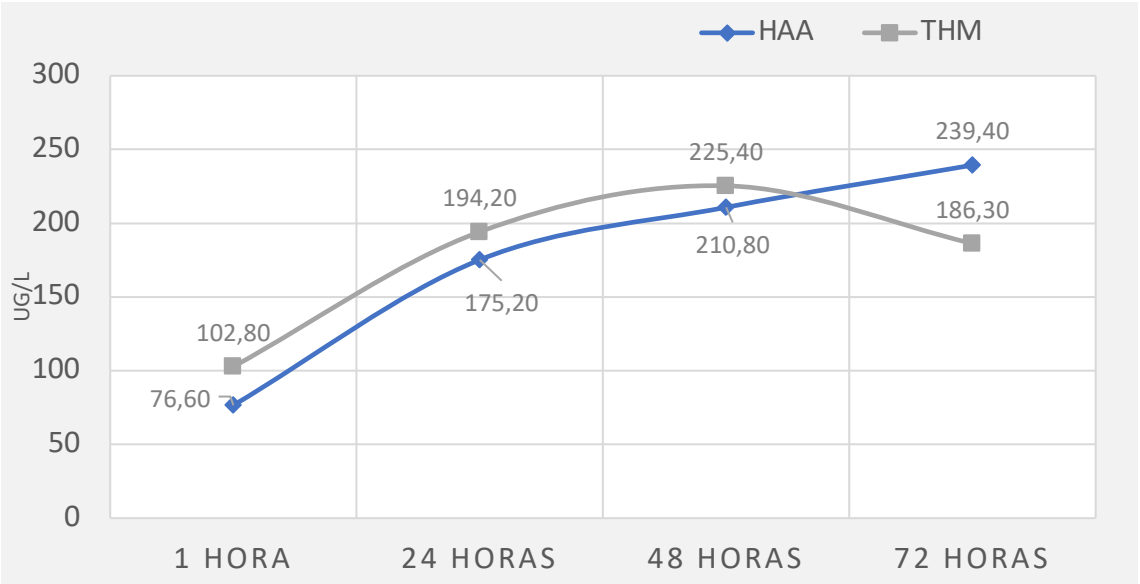
Fonte BI - EOQ

ETA 1 – Resultados subprodutos em bancada e saída da ETA

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Verificações preliminares em bancada = Dezembro 2023

Água bruta com dosagem de cloro = 10 ppm



CARACTERIZAÇÃO ÁGUA BRUTA	
Cor aparente (uC)	43,4
Ferro dissolvido (mg/L)	0,01
Manganês dissolvido (mg/L)	0,01
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,050
pH	7,1
Turbidez (NTU)	4,62

Tempos de contato	CRL mg/L
1 hora	4,92
24 horas	1,20
48 horas	0,39
72 horas	0,10

Resultado da água final no processo real da ETA
(ciclo completo de tratamento)



Tempos de contato	CRL mg/L
Instantâneo	2,16
24 horas	0,72
48 horas	0,22
72 horas	0,10

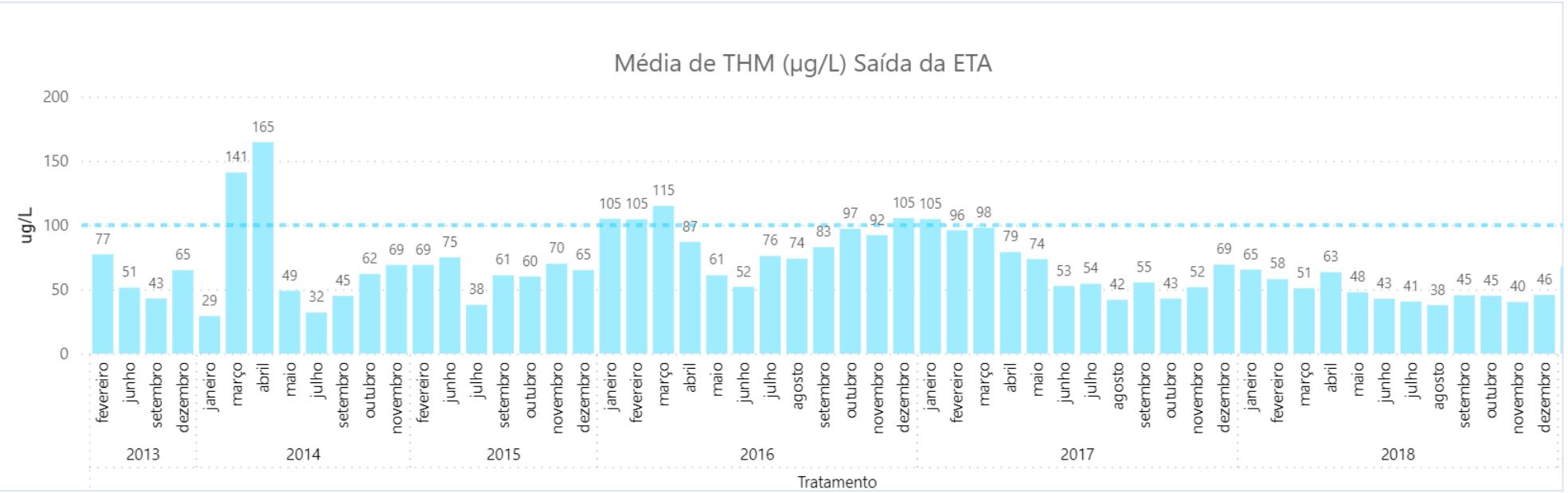
DOSAGENS DE PRODUTOS QUÍMICOS NA ETA NO DIA DO TESTE (15/12/2023)	
Sulfato de Alumínio	20,50 ppm
Peróxido de Hidrogênio	0,45 ppm
Cloro - Inter	2,70 ppm
Cloro - Pós	2,70 ppm

Faixa de Cloro Água Final 2,0 a 2,4 mg/L

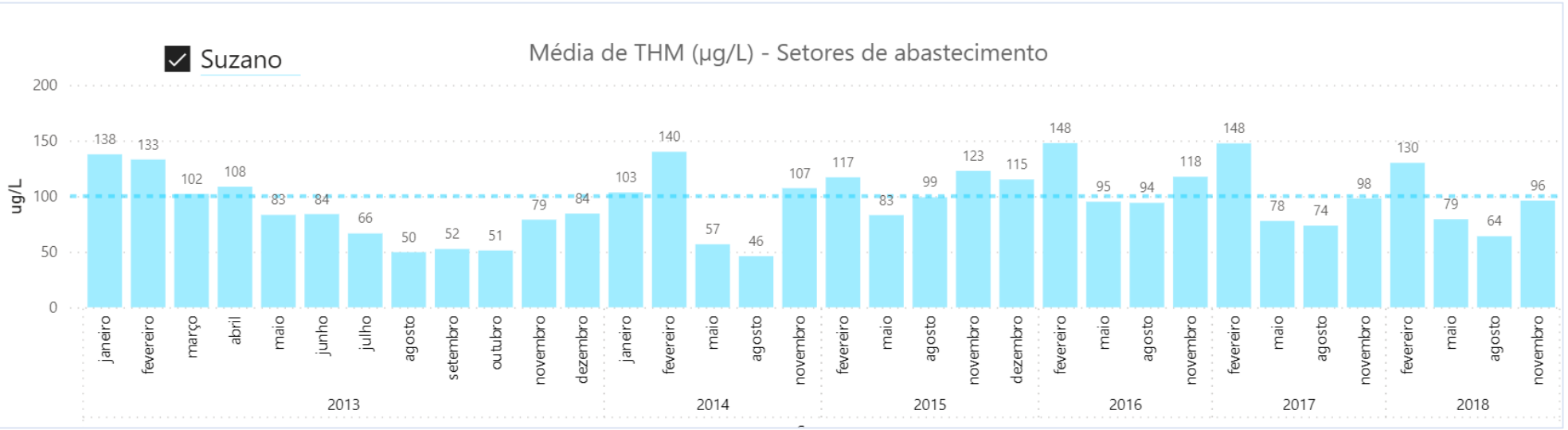
Sistema Produtor ETA 2 – Resultados THM 2013 - 2018

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Cloro Residual Livre saída da ETA = 2,0 a 2,4 mg/L



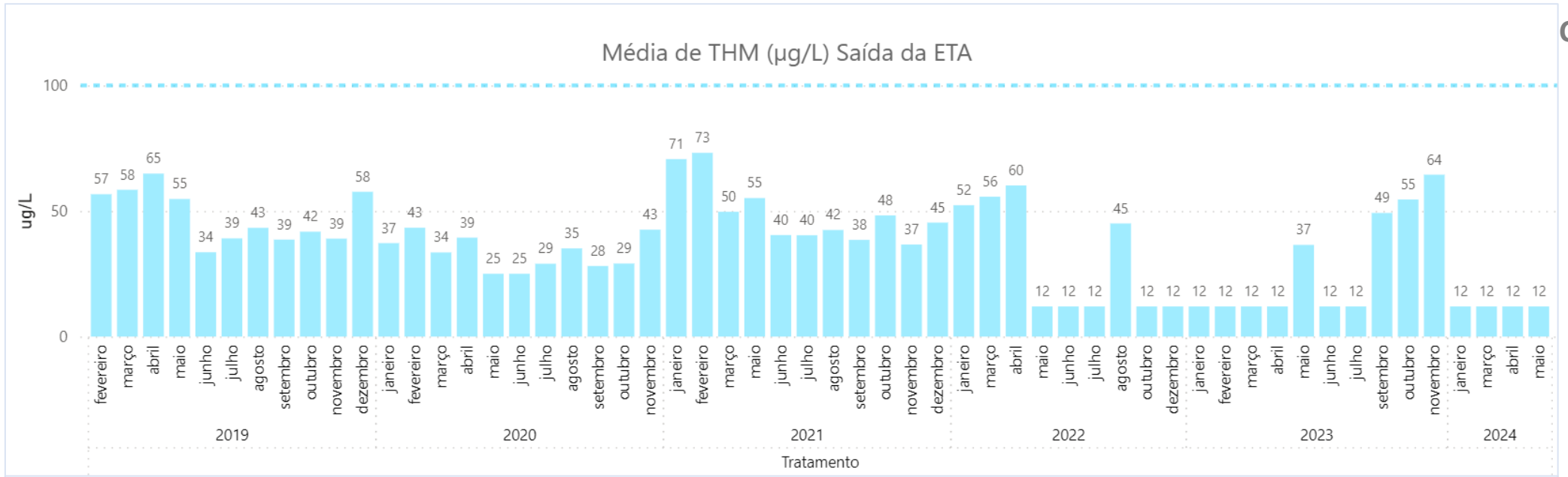
Saída da ETA



Rede de distribuição SUZANO

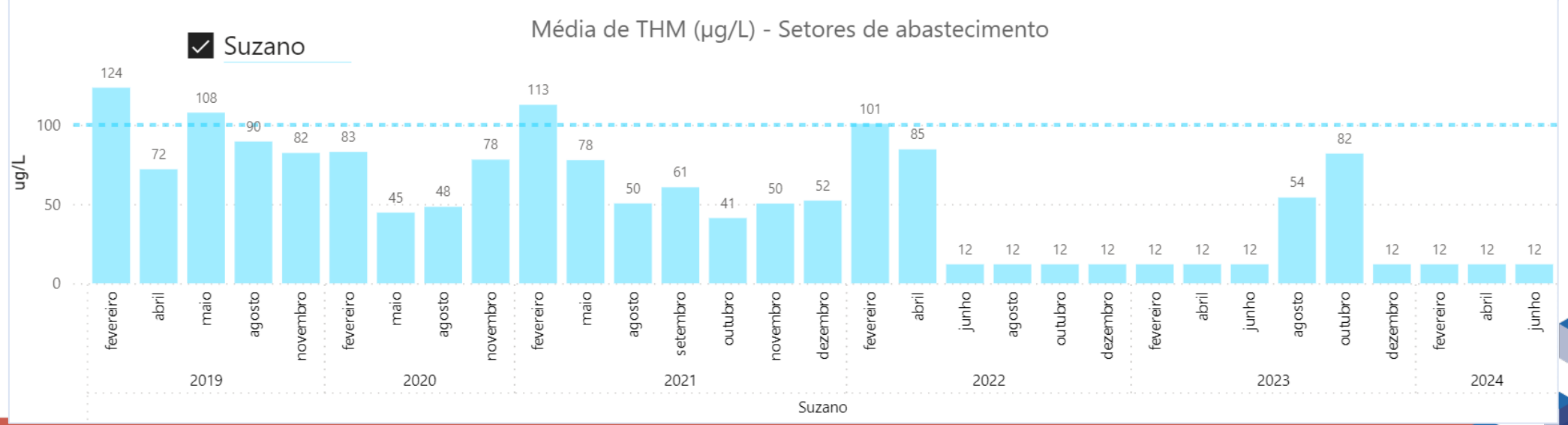
Sistema Produtor ETA 2 – Resultados THM 2019 - 2024

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



Cloro Residual Livre saída da ETA = 2,0 a 2,4 mg/L

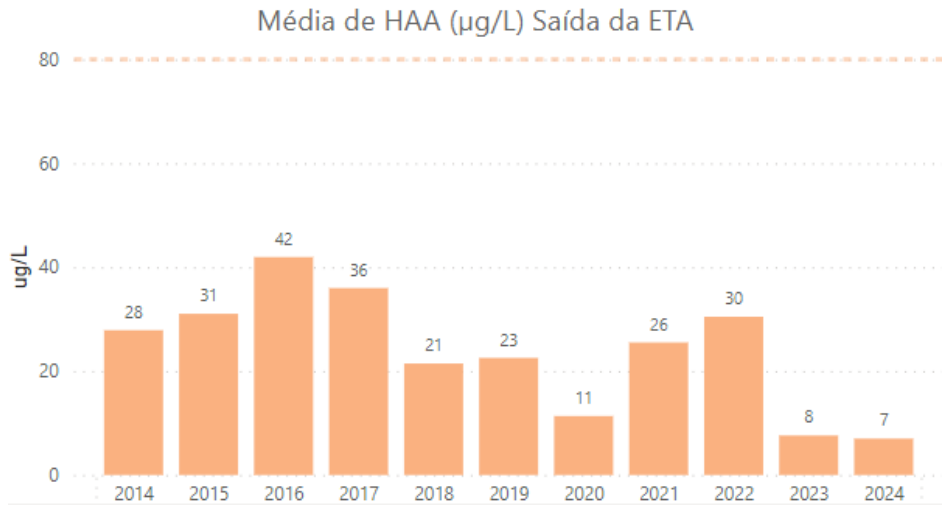
Saída da ETA



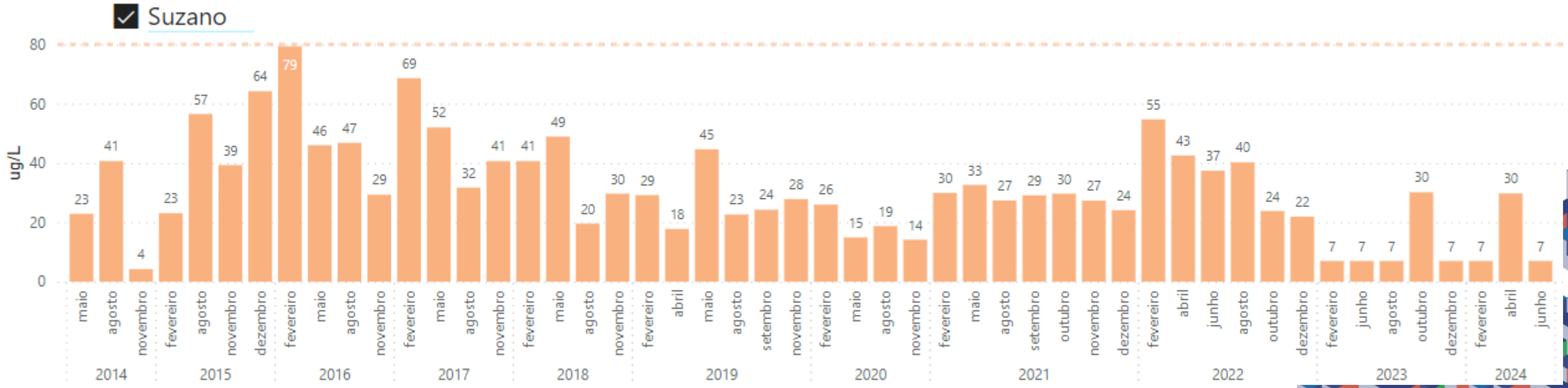
Rede de distribuição SUZANO

Sistema Produtor ETA 2 – Resultados de Ácidos Haloacéticos

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



No período analisado: Resultados pontuais acima do VMP por legislação
Não se apresentou um cenário crítico

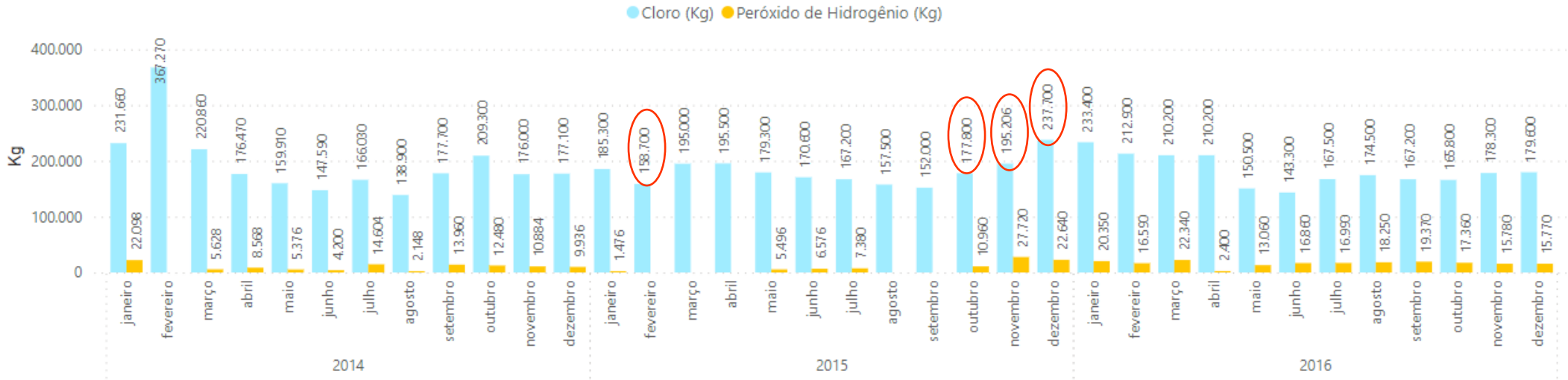


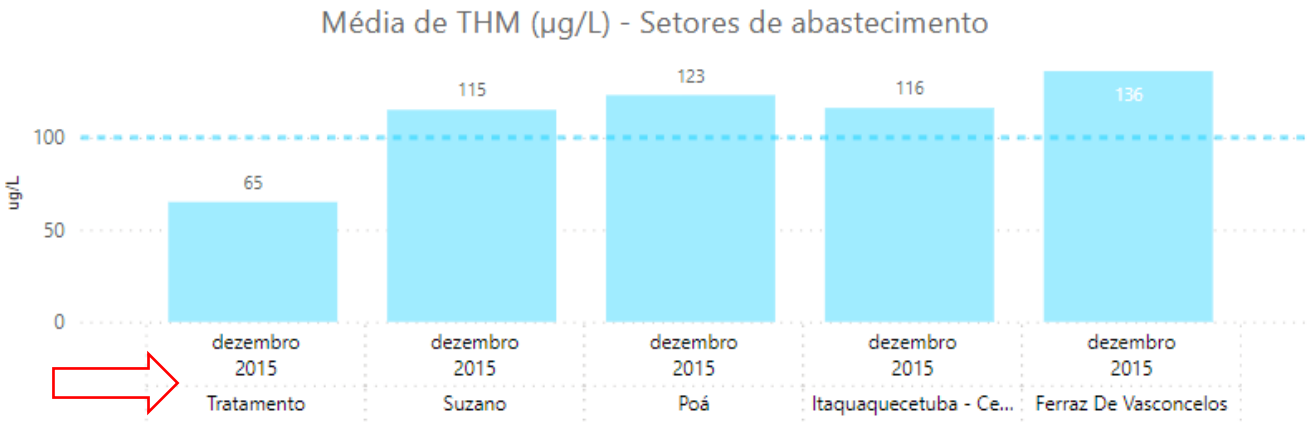
ETA 2 – Consumo de Oxidantes

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Peróxido de Hidrogênio

Ano	Dosagem média (ppm)
2011	0,22
2012	0,19
2013	0,20
2014	0,22
2015	0,26
2016	0,27
2017	0,27
2018	0,30
2019	0,27
2020	0,30
2021	0,29
2022	0,34
2023	0,40
2024	0,45





Fevereiro 2015: Aplicação apenas de cloro como oxidante;

Outubro a Dez 2015: Aumento de consumo de cloro e peróxido de hidrogênio, impactando na formação de THM na rede de distribuição;

THM Saída da ETA:
Out/2015=65ug/L; Nov/2015=70ug/L e Dez/2015=65ug/L

ETA Taiaçupeba tem 1 ponto a mais de oxidação em relação à ETA Casa Grande (Inter-oxidação) !

Sistema Produtor ETA 2 – Qualidade da Água Bruta

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Ano	Média de Ferro dissolvido (mg/L)	Média de Mn dissolvido (mg/L)
2013	0,05	0,03
2014	0,07	0,03
2015	0,08	0,02
2016	0,05	0,02
2017	0,05	0,02
2018	0,06	0,01
2019	0,10	0,02
2020	0,05	0,01
2021	0,11	0,01

Valores máximos atingidos

Ano	Ferro dissolvido (mg/L)	Mn dissolvido (mg/L)
2013	0,27	0,41
2014	0,38	0,48
2015	0,38	0,60
2016	0,19	0,85
2017	0,19	0,80
2018	0,27	0,13
2019	0,50	0,94
2020	0,41	0,20
2021	0,52	0,10

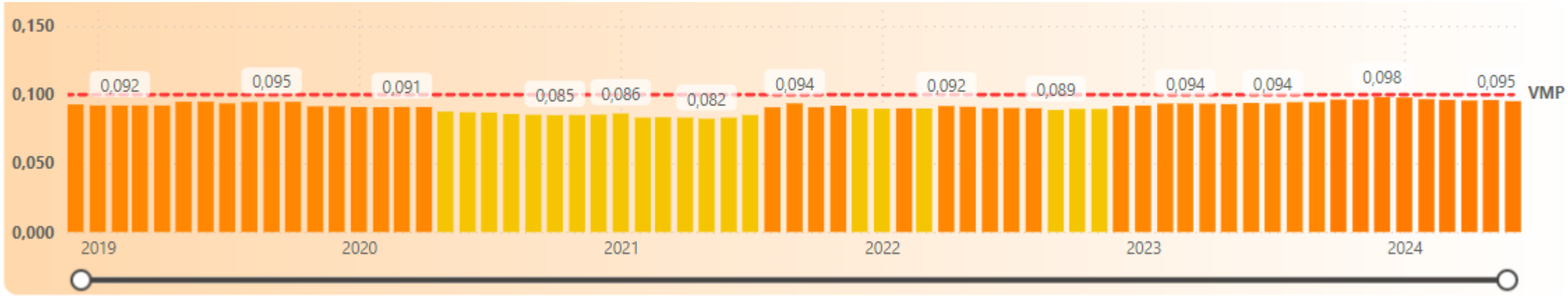
Melhora da qualidade nos 2 últimos anos

Ano	Média de Ferro dissolvido (mg/L)	Média de Mn dissolvido (mg/L)
2023	0,03	0,03
2024	0,02	0,02

Até Jun/24

Ano	Ferro dissolvido (mg/L)	Mn dissolvido (mg/L)
2023	0,14	0,29
2024	0,10	0,59

Sistema Produtor ETA 2 - Resultados de THM nos sistemas de abastecimento com uso do Peróxido de Hidrogênio



UN, Município, Sistema de Abast.	Média Móvel
OC, MAUA, ALTO TIETÊ	0,103
OL, POA, ALTO TIETÊ	0,100
ON, GUARULHOS, ALTO TIETÊ	0,100
OL, SAO PAULO, ALTO TIETÊ	0,100
OL, MOGI DAS CRUZES, ALTO TIETÊ	0,100
OL, FERRAZ DE VASCONCELOS, ALTO TIETÊ	0,098
OL, ARUJA, ALTO TIETÊ	0,098
OL, ITAQUAQUECETUBA, ALTO TIETÊ	0,095
OL, SUZANO, ALTO TIETÊ	0,087
OC, SAO PAULO, ALTO TIETÊ	0,063

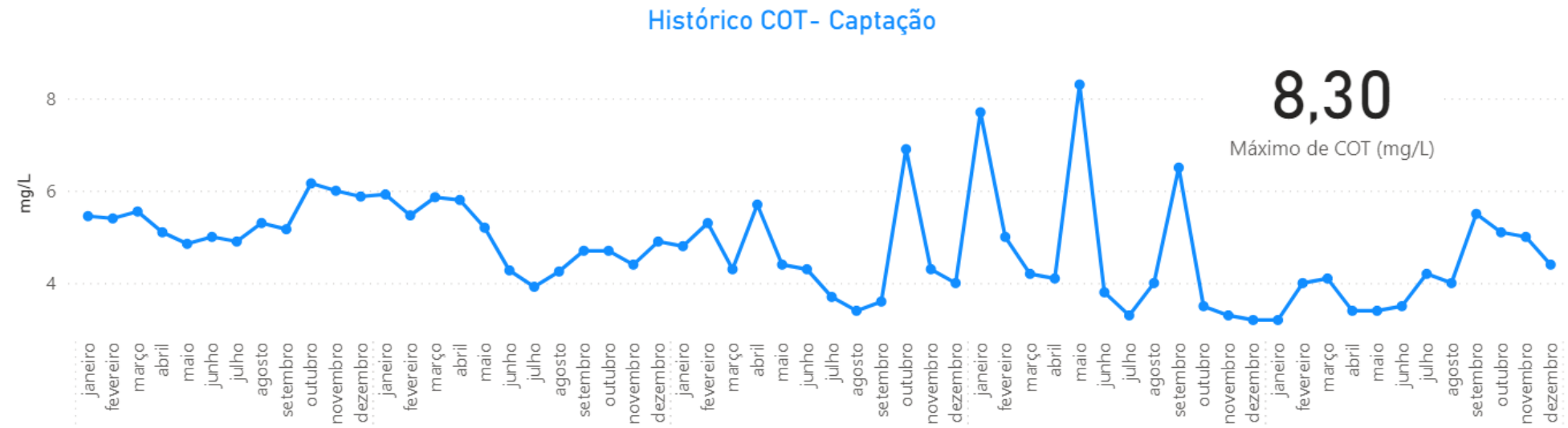
Atendimento da Portaria GM/MS 888/21

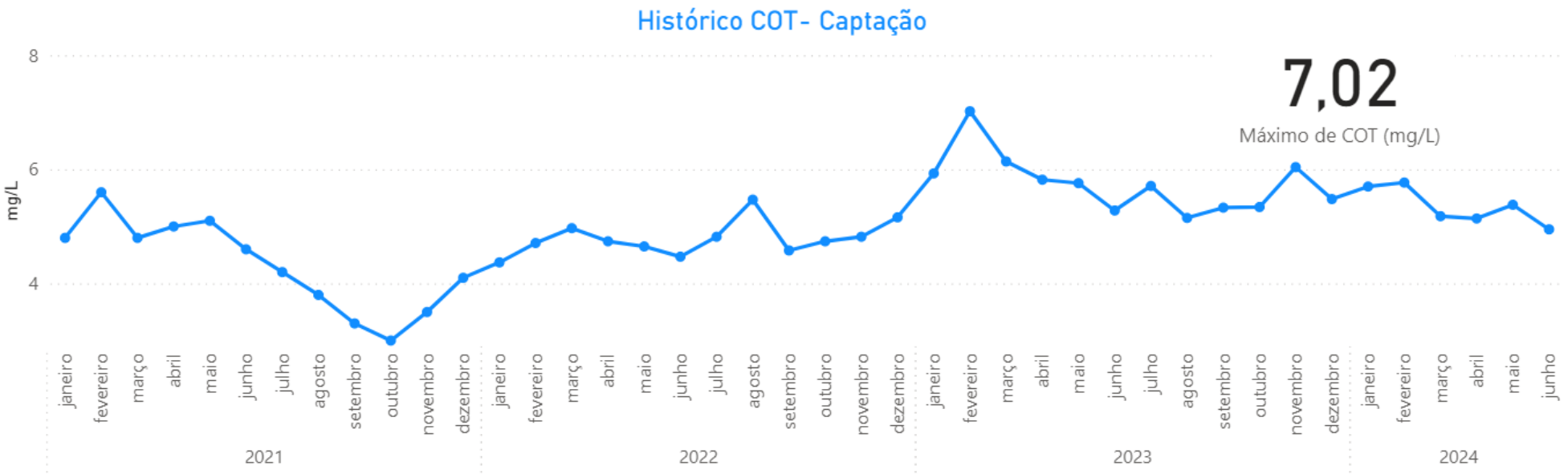
- Média 12 meses em mg/L

Fonte BI - EOQ

Sistema Produtor ETA 2 – Resultados Carbono Orgânico Total

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente





Infraestrutura: **Sistema de dosagem de H_2O_2**



Tanque de armazenamento - 15 m³



Bombas de dosagem

Tempo de contato entre a aplicação e entrada na ETA:

- ❑ 1= 6 min (ETA 1)
- ❑ 2 = Estrutura de Chegada (ETA 2)

Infraestrutura: **Sistema de dosagem de Cloro ETA 1**

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Pré e Pós-Cloração



Cilindros de 900 kg com pressão que varia de 50 a 120 psi, e conexões tipo Yoke com flexível de cobre.



Evaporadores



Ejetores - arraste do cloro e vácuo para sucção do cloro gás



Abatimento de Cloro
Tanque com Hidróxido de Sódio.



30 Cilindros de 900 kg cada com capacidade operacional de **27 toneladas.**



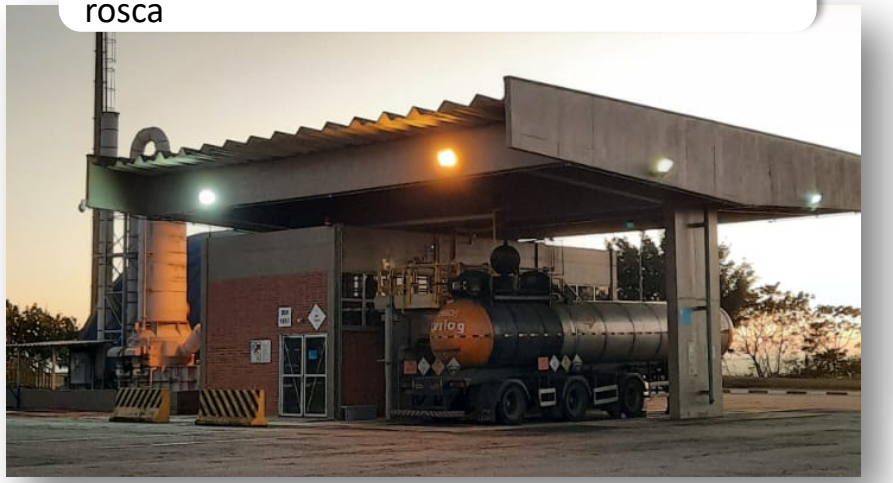
Cloradores

Infraestrutura: **Sistema de dosagem de Cloro ETA 2**

Pré, Inter e Pós-Cloração

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Carretas 19 ou 26 toneladas com pressão que varia de 50 a 120 psi e conexões por flange e rosca



Tanque de Nitrogênio





Evaporadores



Ejetores - arraste do cloro e vácuo para sucção do cloro gás



Abatimento de Cloro
Tanque com Hidróxido de Sódio

2 Tanques armazenamento 50t em cada tanque





Cloradores

Considerações Finais

- ✓ No sistema ETA 1 a substituição do pré-oxidante reduziu a aplicação de cloro ao longo dos anos e consequentemente reflexo nos valores de THM na saída da ETA e rede de distribuição. Deve-se ressaltar que o CRL de saída da ETA 1 e a sua rede de abastecimento são menores em comparação ao Sistema ETA 2;

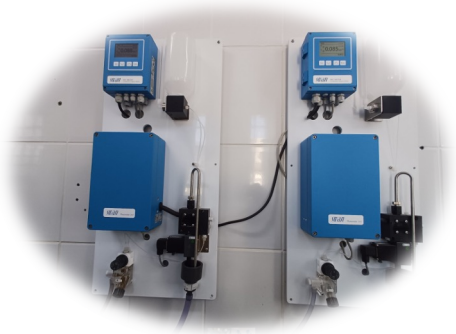
- ✓ No sistema ETA 2:
  - ✓ Os altos níveis de metais na água bruta em períodos específicos exigiriam o aumento no consumo de oxidantes (cloro e peróxido), tendo como consequência a formação de THM na rede de distribuição, mesmo com saída da ETA em torno de 40-50 ug/L;
  - ✓ Nos meses onde o pré-oxidante foi o cloro a quantidade de valores de THM acima do Valor Máximo Permitido - VMP por legislação foi maior nos setores de abastecimento, inclusive setores próximos à localização da ETA, por exemplo, Suzano;
  - ✓ Nos últimos 2 anos percebe-se valores de metais e COT menores, comparados ao histórico dos últimos 10 anos, contribuindo com a manutenção de baixos valores de THM e HAA na rede de distribuição.

- ✓ Com o uso do Peróxido de Hidrogênio se faz necessário a desinfecção semanal com cloro;

Considerações Finais

- ✓ As ETAs seguirão testando outras alternativas de pré-oxidantes, e avaliando a viabilidade técnica e econômica;

- ✓ Em complementação às pesquisas de novos produtos, pretende-se implantar monitoramento de processo para acompanhamento da absorção UV254nm nas águas bruta e decantada:
  - ✓ Água bruta para monitoramento de mudanças na composição da carga orgânica para análises de tendência, permitindo a detecção contínua e o ajuste precoce do processo de tratamento,
  - ✓ Água decantada para avaliar a remoção de matéria orgânica nas etapas de Coagulação/Floculação e Decantação, e ajuste nas dosagens de coagulante e oxidantes.



Agradecimentos

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

MUITO OBRIGADO!

Contato:
mesoliveira@sabesb.com.br

