

# Indicadores de Desempenho em Estação de Tratamento de Água Central visando Estudo de Melhorias na Etapa de Filtração

---

Allan de Ávilla Rodrigues

Ana Paula Nola Denski Bif

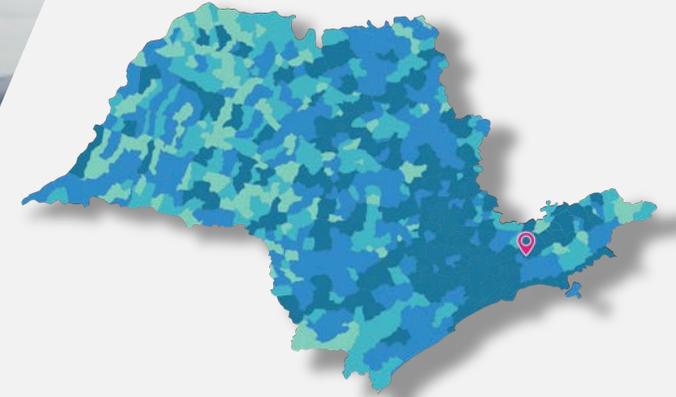
Guilherme Maurício Lacerda

Irene Cristina Sarruf Pinheiro Garani

Maria Aparecida Puls Garbin

# OBJETIVOS

- Calcular indicadores de desempenho na etapa de filtração e por meio deles avaliar, qualitativamente e quantitativamente, a eficiência desta etapa;
- Propor melhorias na Estação de Tratamento de Água Central (ETA Central) do SAAE em Jacareí, SP, visando o aumento da sua eficiência de tratamento.

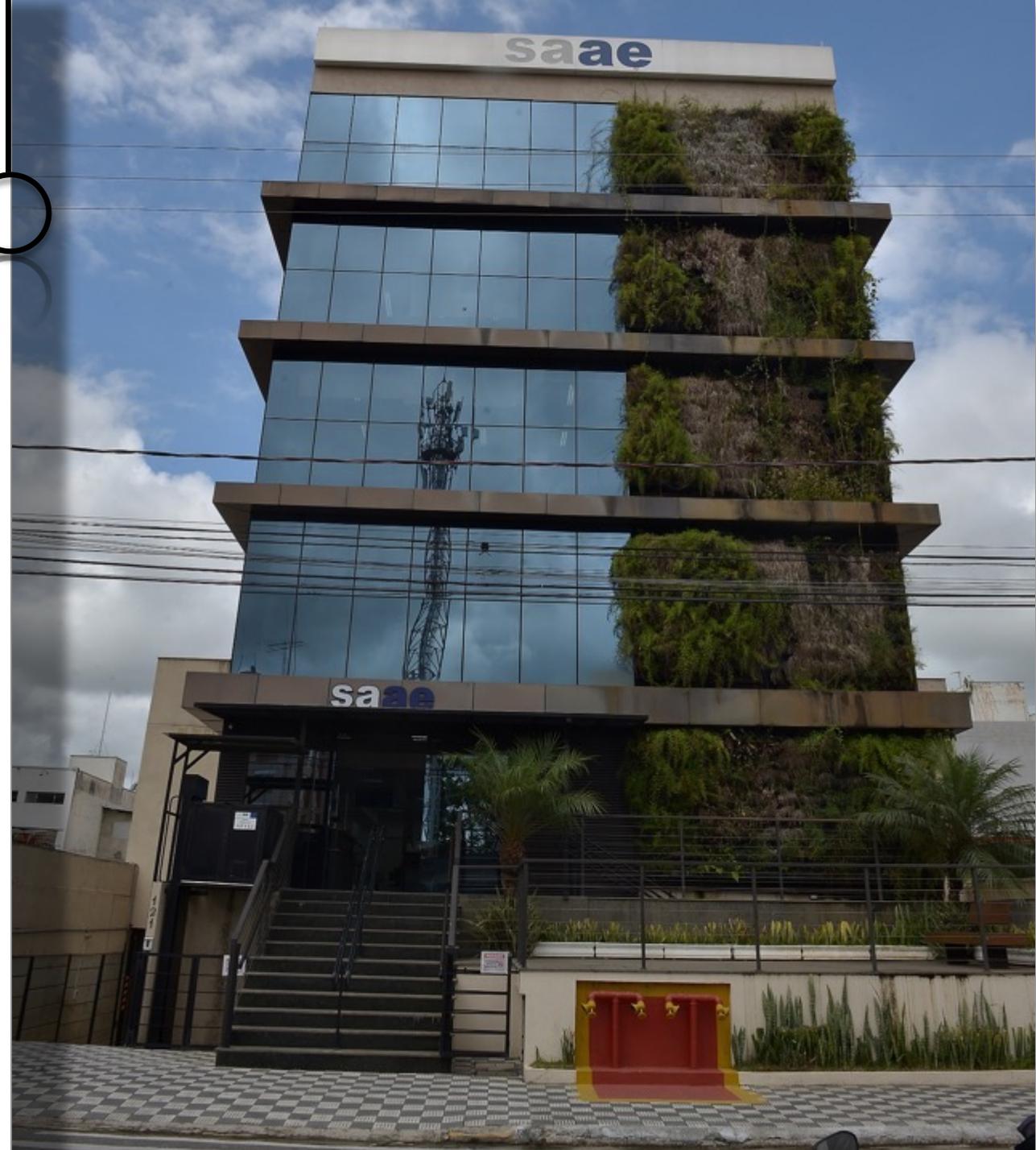


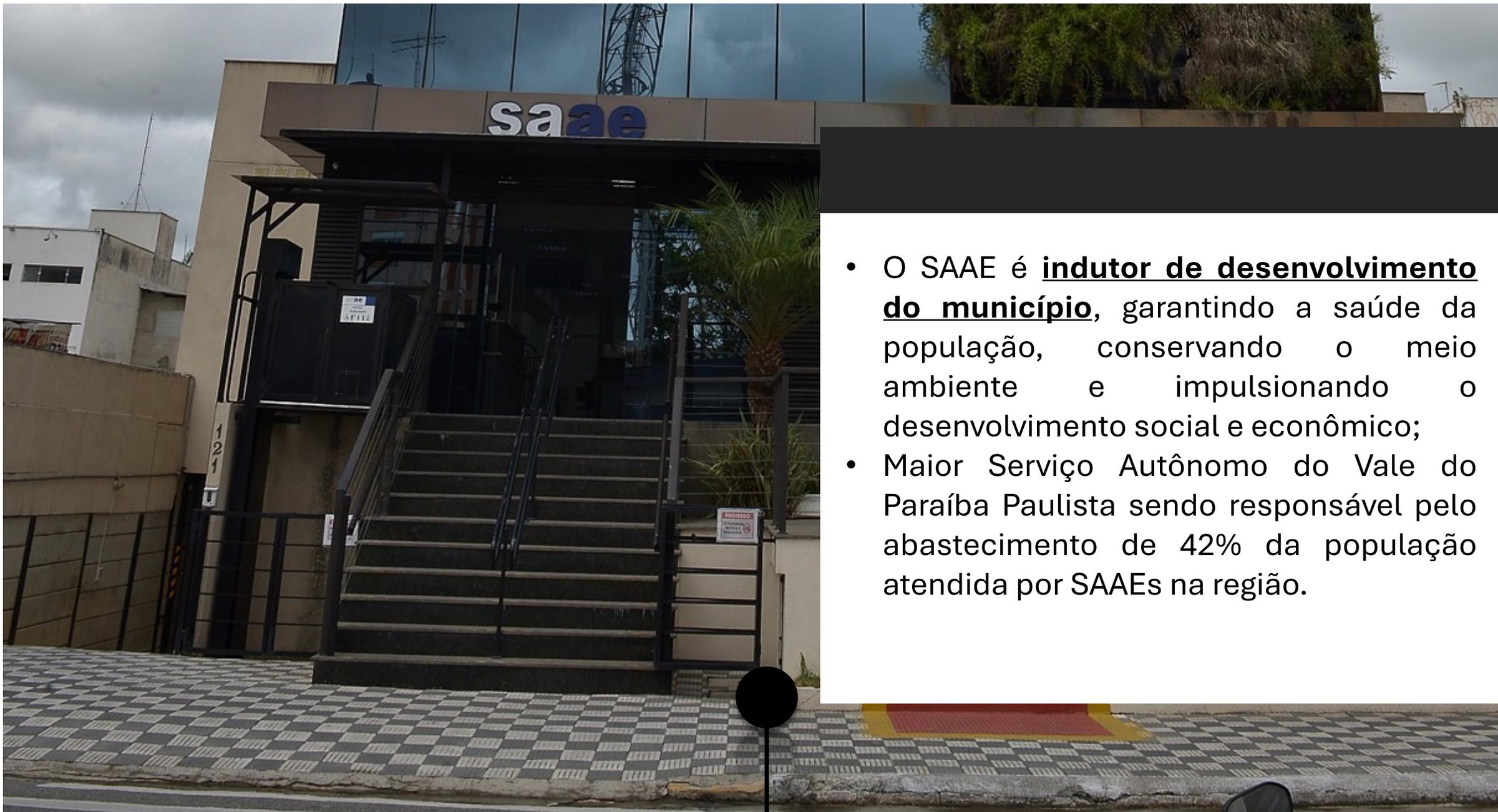
# Município de Jacareí

- Jacareí é um município da região do Vale do Paraíba paulista e dista 82 km da capital;
- Possui população de 240.275 habitantes (IBGE, 2022);
- É o 3º maior município da região do Vale em termos de população (IBGE, 2022);

# SAAE Jacareí

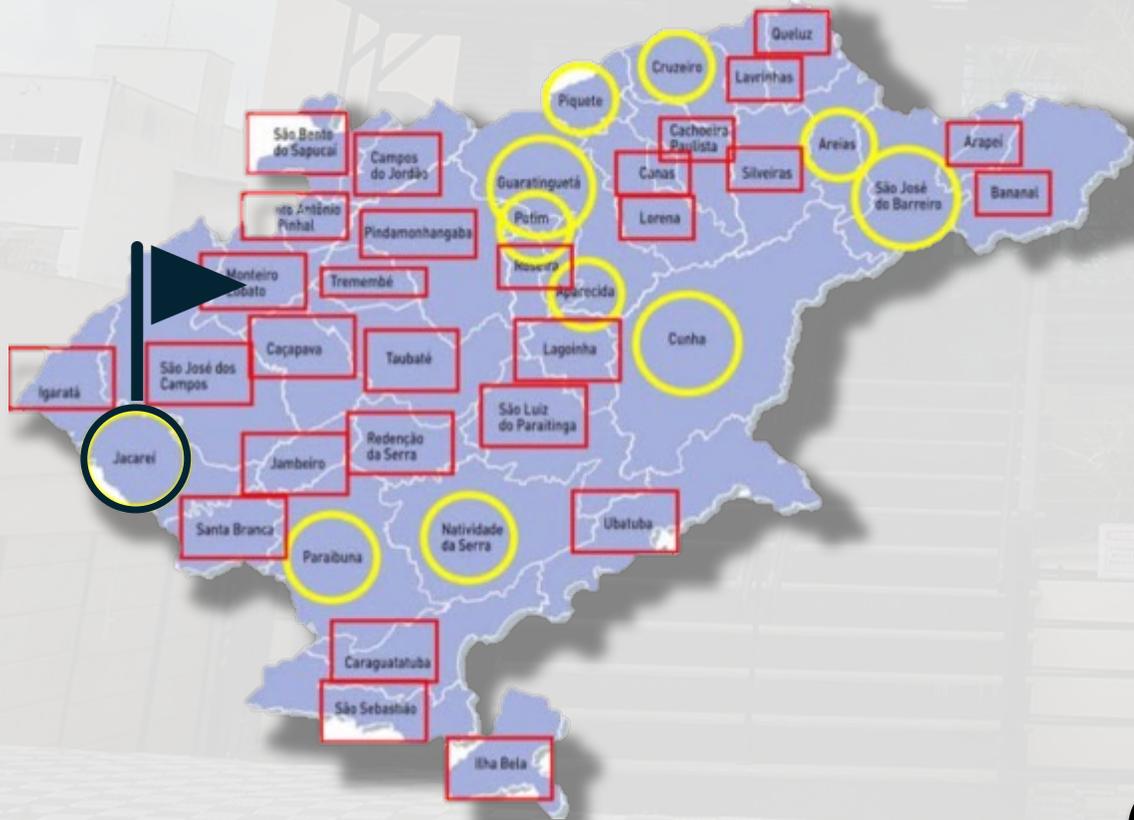
- O SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE JACAREÍ – SAAE, autarquia municipal criada pela Lei nº1.761 de 21 de setembro de 1976, e entrou em operação em 1978;
- Responsável pelos sistemas de abastecimento de água potável e coleta e tratamento de esgoto sanitário no município de Jacareí.





- O SAAE é **indutor de desenvolvimento do município**, garantindo a saúde da população, conservando o meio ambiente e impulsionando o desenvolvimento social e econômico;
- Maior Serviço Autônomo do Vale do Paraíba Paulista sendo responsável pelo abastecimento de 42% da população atendida por SAAEs na região.

saee



- O SAAE é **indutor de desenvolvimento do município**, garantindo a saúde da população, conservando o meio ambiente e impulsionando o desenvolvimento social e econômico;
- Maior Serviço Autônomo do Vale do Paraíba Paulista sendo responsável pelo abastecimento de 42% da população atendida por SAAEs na região.



# Estação de Tratamento de Água Central – ETA Central

- A ETA Central é responsável atender 94% da demanda de água potável para área urbana do município de Jacareí;
- Trata-se de uma estação de ciclo completo composta por: coagulação e floculação, decantação, filtração e desinfecção;
- Estima-se que a capacidade máxima nominal de produção de água é de 1000 L/s.





# ETA 1

- Foi construída em 1963;
- Capacidade Máxima nominal de 400 L/s;
- Essa unidade conta com:
  - 2 floculadores;
  - 2 decantadores;
  - 3 câmaras de filtração.

# ETA 2

- Foi construída em 1992;
- Capacidade Máxima nominal de 600 L/s;
- Essa unidade conta com:
  - 2 floculadores;
  - 2 decantadores;
  - 4 câmaras de filtração.

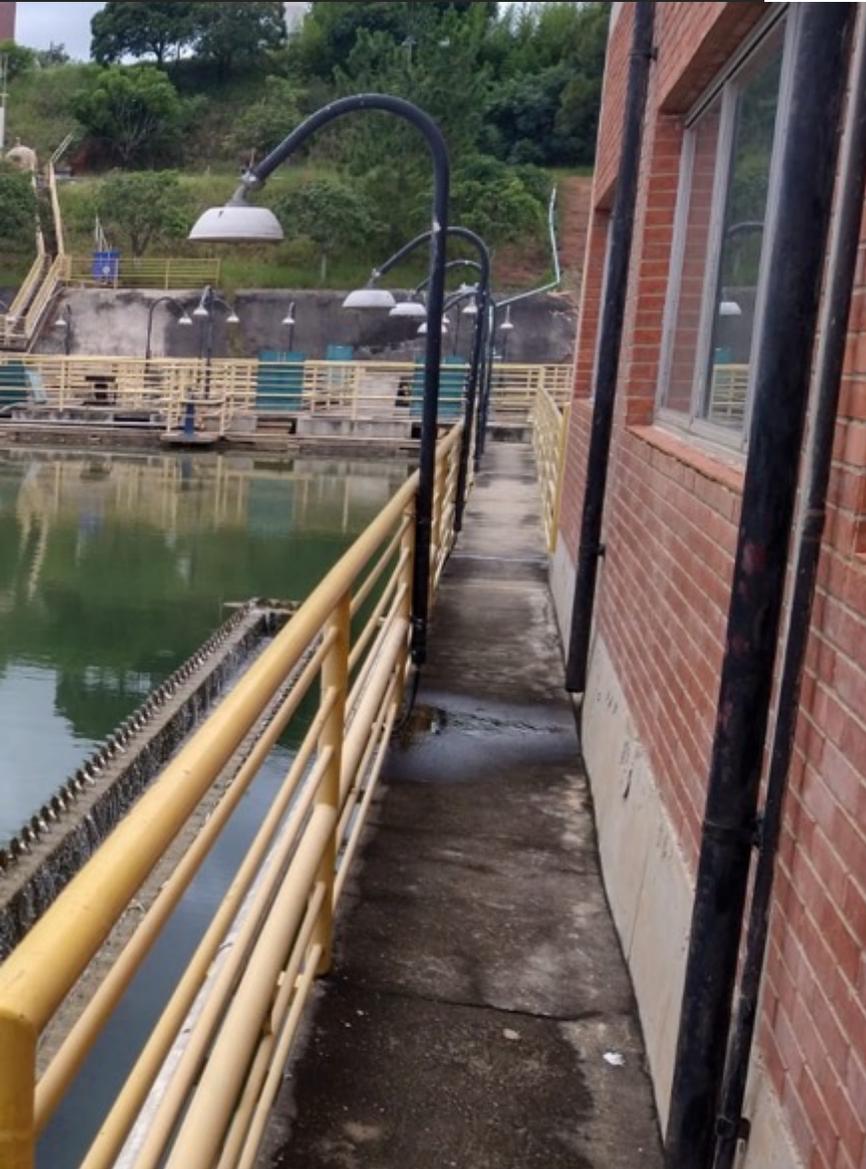


## Turbidez – Saída do Decantador

- A análise de turbidez na saída do decantador **indica a qualidade da etapa de coagulação**;
- Se a coagulação e a sedimentação não forem realizadas de forma eficiente, partículas sólidas ainda estarão presentes na água na etapa de filtração, **sobrecarregando os meios filtrantes e reduzindo sua vida útil**;



# Turbidez – Saída do Decantador



## Coagulantes: sais de alumínio (sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio)

Valores ótimos de turbidez	Menor que 2,0 UNT
Valores medianos de turbidez	Entre 2,0 UNT e 4,0 UNT
Valores insatisfatórios de turbidez	Acima de 4,0 UNT

Fonte: Ferreira Filho (2022)

## Média mensal da turbidez (uT) - UGQAE (Dezembro/23)

ETA 1, Decantadores 1 e 2:	2,28
ETA 2, Decantadores 3 e 4:	2,85



Análise dos resultados revela que os valores de turbidez na saída dos decantadores das ETAs 1 e 2 são **medianos**.

# Duração da Carreira de Filtração

- Ao longo do tempo, as partículas suspensas na água se acumulam nos meios filtrantes, reduzindo a eficiência dos filtros.
- A lavagem em contracorrente é projetada para reverter esse acúmulo, removendo as partículas retidas e restaurando a capacidade de filtração.

---

**Filtros rápidos por gravidade do tipo camada simples de areia e dupla camada areia-antracito operados com taxas de filtração situadas entre 240 e 360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia**

---

Valores ótimos

Maior que 24 h

Valores medianos

Entre 20 e 24 h

**Valores insatisfatórios**

**Menor que 24 h**

---

# Indicador de Desempenho - VUF

- **O VUF é um parâmetro utilizado em estações de tratamento de água para se avaliar a eficiência dos filtros, medindo a quantidade de água que pode ser tratada por unidade de área filtrante;**
- Monitorar o desempenho do filtro ao longo do tempo e identificar necessidade de manutenção;

$$VUF = \frac{q \cdot TF}{24 \frac{h}{dia}}$$

- VUF = volume unitário de água produzido em uma carreira de filtração ( $m^3/m^2$ );
- q = taxa de filtração ( $m^3/m^2/dia$ );
- TF = tempo de duração da carreira de filtração (14 horas)



# Indicador de Desempenho - VUF

- $VUF_{ETA1} = 157,97 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- $VUF_{ETA2} = 117,78 \text{ m}^3/\text{m}^2$

## Produção de Água na Carreira de Filtração

## Valores de VUF

Adequada

Superiores a  $600 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Bom

Entre  $400$  e  $600 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Algumas deficiências na produção de água

Inferiores a  $400 \text{ m}^3/\text{m}^2$

**Inaceitável**

**Abaixo de  $200 \text{ m}^3/\text{m}^2$**

Fonte: Ferreira Filho (2022)



# Indicador de Desempenho - VUL

- O VUL refere-se ao volume unitário de água consumido no processo de lavagem, ou seja, uma normalização do volume de água de lavagem gasto por unidade de área de meio filtrante;
- Valores de VUL geralmente se encontram entre 5 e 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- O controle do VUL na etapa de filtração é importante para garantir a eficiência do processo de retrolavagem, otimizando o uso de recursos hídricos e garantindo a qualidade da água tratada.

$$VUL = \frac{V \text{ água de lavagem}}{\text{Área do meio filtrante}}$$



Retrolavagens eficientes possuem VUL próximo a 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

# Indicador de Desempenho - VUL



Valores de VUL devem estar entre 5 e 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

- **Cálculo – VUL:**

- ETA 1<sub>real</sub> – 17,78 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- ETA 2<sub>real</sub> – 15,12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Os resultados foram maiores do que a faixa indicada, sugerindo que o processo de lavagem dos filtros não se mostra eficaz quanto ao consumo de água de lavagem.



# Indicador de Desempenho - PE

- Indicador PE refere-se a produção efetiva de água em uma carreira de filtração específica (%);
- Permite analisar os filtros com respeito a sua capacidade de produção de água e seu respectivo consumo de água de lavagem;

$$PE = \frac{(VUF - VUL)}{VUF}$$

PE (ETA 1)	PE (ETA 2)
87,44%	85,67 %

- O parâmetro PE é associado a uma carreira específica de filtração, recomenda-se que seja sempre **superior a 95%**.



Logo, a capacidade de produção efetiva de água na carreira de filtração das ETA's 1 e 2 encontra-se abaixo do valor esperado.



# VUL x Volume estimado da lavagem em contracorrente

- O **valor ideal de VUL** para o processo de lavagem em contracorrente é de **5 m<sup>3</sup> de água por m<sup>2</sup> de área do elemento filtrante**;
- Conhecendo a área útil dos filtros, estimou-se o volume ideal de água gasto no processo;

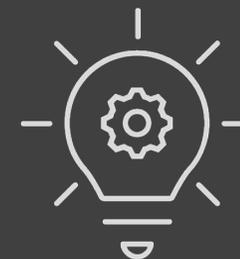
$$VUL_{ideal} = \frac{V \text{ água de lavagem}}{\text{Área do meio filtrante}}$$

- Fez-se a subtração do **volume real utilizado** pelo **volume ideal a ser gasto** no processo.

# VUL x Volume estimado da lavagem em contracorrente

Estimou-se o **volume de água excedente** utilizada na lavagem em contracorrente para viabilizar técnica e financeiramente a implantação de melhorias na ETA Central.

$$V_{\text{água excedente de lavagem}} = V_{\text{real}} - V_{\text{ideal}}$$



# Retrolavagem VUL



- Considerando  $VUL_{ideal} = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- Área útil de filtração ETA 1 = 106,14 m<sup>2</sup>;
- Área útil de filtração ETA 2 = 166,40 m<sup>2</sup>;

## ETA 1 (1963):

$$5 = \frac{V_{\text{água de retrolavagem}}}{106,14}$$

$$V_{\text{água de retrolavagem}} = 530,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

## ETA 2 (1992):

$$5 = \frac{V_{\text{água de retrolavagem}}}{166,4}$$

$$V_{\text{água de retrolavagem}} = 832,0 \text{ m}^3/\text{dia}$$

# Retrolavagem VUL



- Volume total gasto na lavagem em contracorrente por operação (ideal):

$$530,7 \text{ m}^3/\text{dia} + 832 \text{ m}^3/\text{dia} = 1.362,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Volume de água gasto por ano na lavagem em contracorrente (ideal):

$$1.362,7 \text{ m}^3/\text{dia} \times 365 = \mathbf{497.385,5 \text{ m}^3}$$

- Conforme dados do relatório operacional da ETAC, foram gastos **1.023.810 m<sup>3</sup>** em lavagem em contracorrente no ano de 2023;
- Volume de água “excedente” na lavagem em contracorrente (2023):

$$1.023.810 \text{ m}^3 - 497.385,5 \text{ m}^3 = \mathbf{526.424,5 \text{ m}^3}$$

# Conclusão

# Conclusão

## 1

Com os resultados obtidos para os indicadores de desempenho constatou-se que o sistema de filtração necessitava de intervenções, algumas já em curso na ETA Central.

# Conclusão

1

Com os resultados obtidos para os indicadores de desempenho constatou-se que o sistema de filtração necessitava de intervenções, algumas já em curso na ETA Central.

2

Ao demonstrar o volume de água excedente utilizado nas lavagens dos filtros, observa-se redução na oferta de água produzida e nos aspectos financeiros decorrentes.

# Conclusão

1

Com os resultados obtidos para os indicadores de desempenho constatou-se que o sistema de filtração necessitava de intervenções, algumas já em curso na ETA Central.

2

Ao demonstrar o volume de água excedente utilizado nas lavagens dos filtros, observa-se redução na oferta de água produzida e nos aspectos financeiros decorrentes.

3

Este estudo ressalta a oportunidade de aprimorar a etapa de filtração, permitindo que o SAAE otimize seus recursos de forma sustentável e fortaleça ainda mais sua posição como líder em cuidados com o meio ambiente e qualidade de serviço.

# Melhorias Propostas



# Melhorias Propostas

## 01. Projetos Realizados

1. Reforma do Filtro 5, câmara B em 2023;
2. Estudo para utilização de soprador para injeção de ar na retrolavagem em substituição à lavagem superficial;
3. Estudo de *Jar Test* para utilização de coagulante PAC em substituição ao sulfato de alumínio;
4. Estudo de viabilidade de regeneração do meio filtrante;
5. Teste de avaliação da duração da carreira de filtração pela análise de turbidez de cada filtro.



# Melhorias Propostas



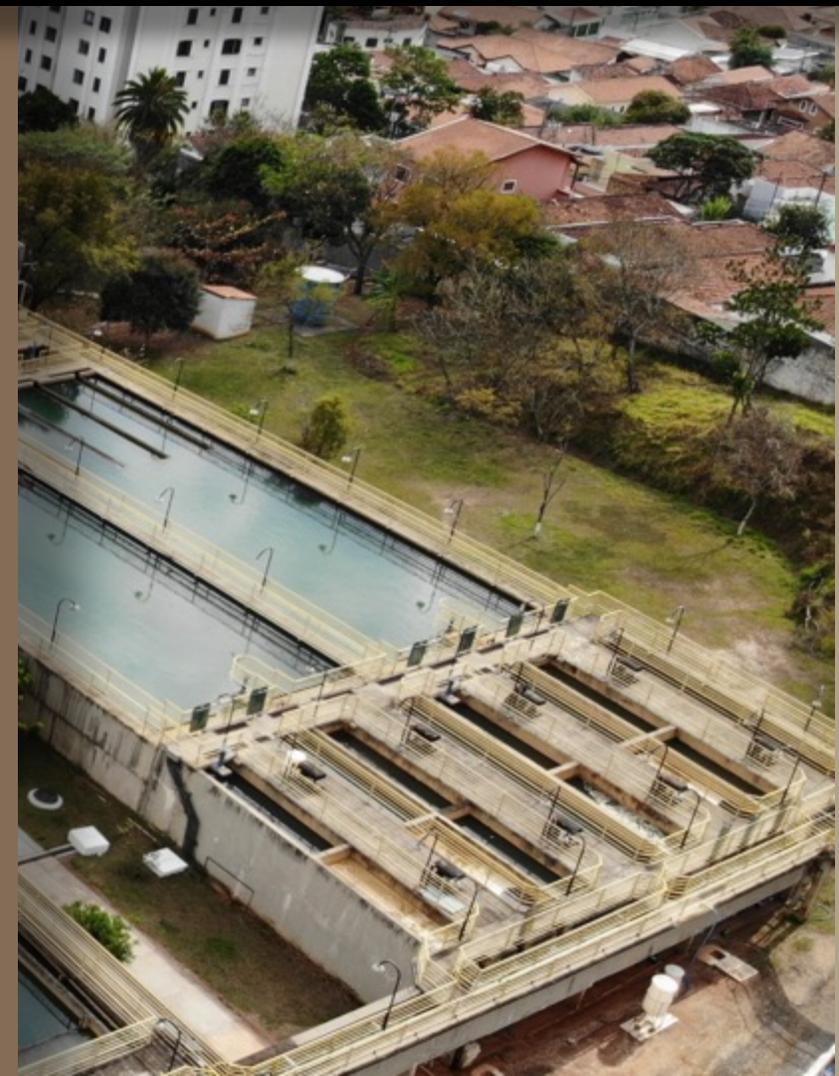
## 01. Projetos Realizados

1. Reforma do Filtro 5, câmara B em 2023;
2. Estudo para utilização de soprador para injeção de ar na retrolavagem em substituição à lavagem superficial;
3. Estudo de *Jar Test* para utilização de coagulante PAC em substituição ao sulfato de alumínio;
4. Estudo de viabilidade de regeneração do meio filtrante;
5. Teste de avaliação da duração da carreira de filtração pela análise de turbidez de cada filtro.



## 02. Curto Prazo

1. Reforma dos filtros (R\$ 5,6 milhões);
2. Substituição das bombas de retrolavagem (R\$ 950 mil);
3. Substituição de comportas e válvulas de descarga (R\$ 665 mil);
4. Estudo de novos coagulantes.



# Melhorias Propostas

## 01. Projetos Realizados

1. Reforma do Filtro 5, câmara B em 2023;
2. Estudo para utilização de soprador para injeção de ar na retrolavagem em substituição à lavagem superficial;
3. Estudo de *Jar Test* para utilização de coagulante PAC em substituição ao sulfato de alumínio;
4. Estudo de viabilidade de regeneração do meio filtrante;
5. Teste de avaliação da duração da carreira de filtração pela análise de turbidez de cada filtro.



## 02. Curto Prazo

1. Reforma dos filtros (R\$ 5,6 milhões);
2. Substituição das bombas de retrolavagem (R\$ 950 mil);
3. Substituição de comportas e válvulas de descarga (R\$ 665 mil);
4. Estudo de novos coagulantes.



## 03. Médio a Longo Prazo

1. Melhorias das etapas anteriores;
2. Introdução de sistemas de injeção de ar;
3. Construção de uma nova Unidade de Tratamento;
4. Sistema de Remoção do lodo.



# REFERÊNCIAS

- DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. Ed. São Paulo: Editora RIMA, 2005.
- FERREIRA FILHO S. S. **Tratamento de Água – Concepção, Projeto e Operação da Estações de Tratamento**. 1. Ed. São Paulo: GEN LTC, 2017.
- LIRA o. o. **Manual de Controle de Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Repositório FUNASA. 2021. Disponível em: [https://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset\\_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false](https://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false). Acesso em 11 de março de 2024.
- LIBÂNIO Et. Al. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano**. Ministério da Saude. 2006. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf). Acesso em 5 de março de 2024.
- RICHTER, A. A. **ÁGUA: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. 1. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2009.



**Irene Cristina S. P. Garani**

irene.garani@saejacarei.sp.gov.br

Engenheira Química

Unidade de Tratamento de Água



**Guilherme Maurício Lacerda**

guilherme.lacerda@saejacarei.sp.gov.br

Estagiário Química

Unidade de Tratamento de Água



**Ana Paula Nola Denski Bif**

ana.bif@saejacarei.sp.gov.br

Engenheira Ambiental e Sanitarista

Supervisora da Unidade de  
Tratamento de Água



**Allan de Ávila Rodrigues**

allan.rodrigues@saejacarei.sp.gov.br

Engenheiro Civil

Diretor dos Departamentos de Água e  
de Esgoto



**Maria Aparecida Puls Garbin**

maria.garbin@saejacarei.sp.gov.br

Tecnóloga em Saneamento

Analista de Saneamento

**Gratas pela atenção!**