16.º SILUSBA

XI CPGZC • 2025, Maputo

AdRM

OPTIMIZAÇÃO DE PERDAS RESULTANTES DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DE UMBELUZI ATRAVÉS DA REUTILIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Pre-dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais

Francisco, João Afonso

Maputo, Maio de 2025

Estrutura da Apresentação

- Introdução 03
- Contextualização 05
- Descrição do Sistema e amostragem 07
- Metodologia 09
- Resultados 11
- Conclusão 17

1. INTRODUÇÃO

- O tratamento convencional de água gera efluentes, não potáveis e não podem ser reutilizados diretamente, o que exige descarte ou tratamento adicional;

- Baixa cobertura do serviço de AA (<60%) e distribuição intermitente o que torna as ETAs prioritárias sobre as ETARs. A maior parte das ETAs, descarta efluentes diretamente em cursos de água, sem tratamento prévio, desrespeitando as leis ambientais;

- Há crescente consciência ambiental, mas o descarte irregular de efluentes de ETAs persiste devido ao alto custo das ETARs, falta de conhecimento técnico e fiscalização limitada. Isso causa danos ambientais e riscos à saúde pública;

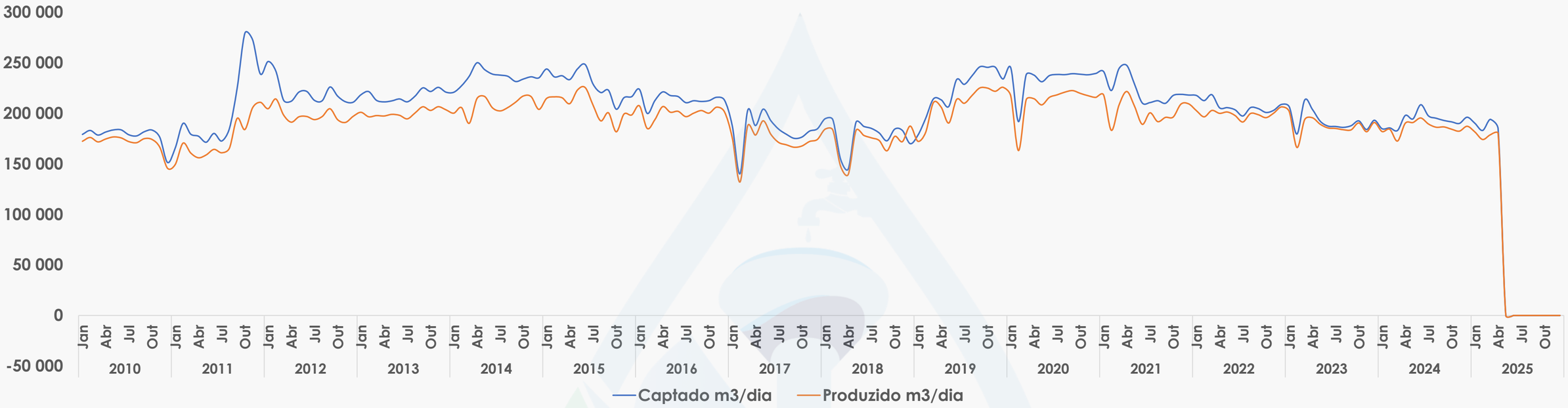
1. INTRODUÇÃO

- Há perdas significativas de água nas ETAs que varia de 1 á 5% do volume tratado; na ETA U isso equivale a 255–425 m³/h, o suficiente para abastecer até 50.000 pessoas/dia, reforça a importância da recuperação e reutilização dos efluentes.

- Moçambique é um país de jusante com bacias hidrográficas partilhadas, a insegurança hídrica e os desafios de AA são crescentes. A reutilização de água surge como alternativa estratégica para proteger o ambiente, atender à demanda crescente, mitigar os efeitos da seca e garantir a exploração sustentável das fontes face as mudanças climáticas.

webworld.unesco.org.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO



Seca severa na região sul de África e em Moçambique >3 anos (2015 – 2018):

1. **NÃO SERÁ O EFLUENTE DA LAVAGEM DE FILTROS UMA FONTE ADICIONAL DE ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO?**

2. **QUAIS SÃO AS CONDICIONANTES DE QUALIDADE PARA A SUA REUTILIZAÇÃO?**

3. OBJECTIVOS

Determinar a qualidade da água dos efluentes (água resultante da lavagem de filtros) da ETA em Umbeluzi, para fins de reutilização no processo

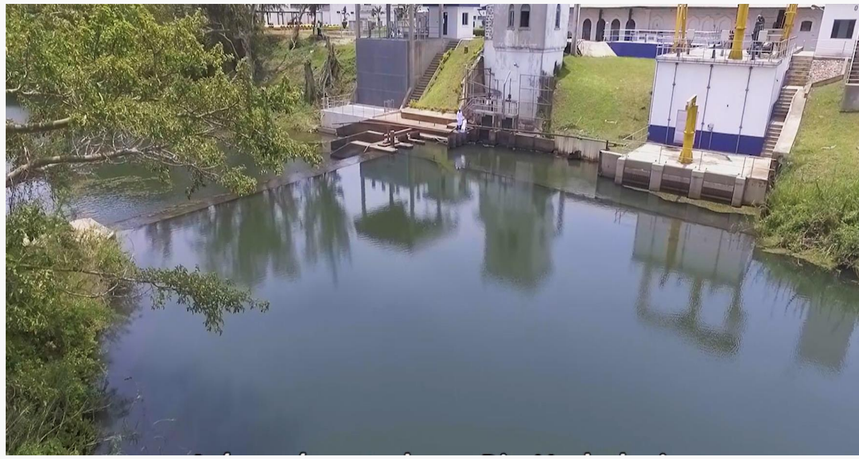
1. Caracterização físico-química dos efluentes da ETA Umbeluzi;
2. Caracterização microbiológica dos efluentes da ETAU;
3. Análise comparativa dos resultados com a qualidade de Água bruta nos períodos secos e chuvosos;
4. Determinação da tecnologia para reutilização (Pré - dimensionamento da linha de reutilização dos efluentes)

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

1. Umbeluzi é uma bacia partilhada 41% em Moçambique, 2 barragens, a BPLibombos em Moç.;

2. A ETA U capta água no rio Umbeluzi num açude a 10 km a jusante da BPL, tem uma capacidade instalada de 240.000 m3/dia (10.000 m3/h).

3. Tem 3 unidades de captação Captação 1 - 50 anos, Captação 2 - 30 anos e Captação 3 – 14 anos, o ponto de captação é único



4. Tratamento convencional, a qualidade de água bruta varia em função da época;

5. Os efluentes são colectados para pontos de descarga a jusante da captação;

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

TRATAMENTO DE ÁGUA

DESINFECÇÃO

Eliminação de patógenos presentes na água, processo de potabilização de água e água pronta para consumo

PRÉ - CLORAÇÃO

Adição de cloro apos a captação para oxidação de toda matéria orgânica e inorgânica existente na água

FILTRAÇÃO

Remoção de partículas finas não depositadas nos decantadores, feito por filtros de areia com granulometria diversa. Processo que gera maior perdas de água no processo

COAGULAÇÃO

Processo de adição de coagulante (sulfato de alumínio ou polímeros) para permitir agregação das partículas desintegradas

SEDIMENTAÇÃO/DECANTAÇÃO

Processo de sedimentação ou decantação das partículas com peso maior que a água nos decantadores/clarificadores.

FLOCULAÇÃO

Formação de partículas maiores com peso maior que o peso da água para permitir a sua deposição

4. METODOLOGIA

1. 27 filtros rápidos de areia, cada grupo de filtros, descarrega os seus efluentes num colector de esgotos e transportados para um ponto de descarga;

2. 60 dias (Janeiro e Fevereiro de 2018), semanalmente recolhia-se 4 amostras (3 dos efluentes da lavagem de filtro e 1 amostra de água bruta), total 32 amostras (24 de efluentes da lavagem de filtros e 8 de água bruta);

3. A recolha da amostra foi feita nos primeiros 5 minutos após o processo de lavagem, para permitir a recolha do efluente crítico;

4. METODOLOGIA

- Analisados 17 parâmetros fisico químicos (temperatura, turvação, pH, alcalinidade, condutividade, dureza, sólidos dissolvidos totais, nitratos, nitritos, matéria orgânica, cloretos, cálcio, magnésio, dióxido de carbono, amónio, bicarbonato e alumínio e 1 microbiológico, os coliformes totais através do método de tubos multiplos.

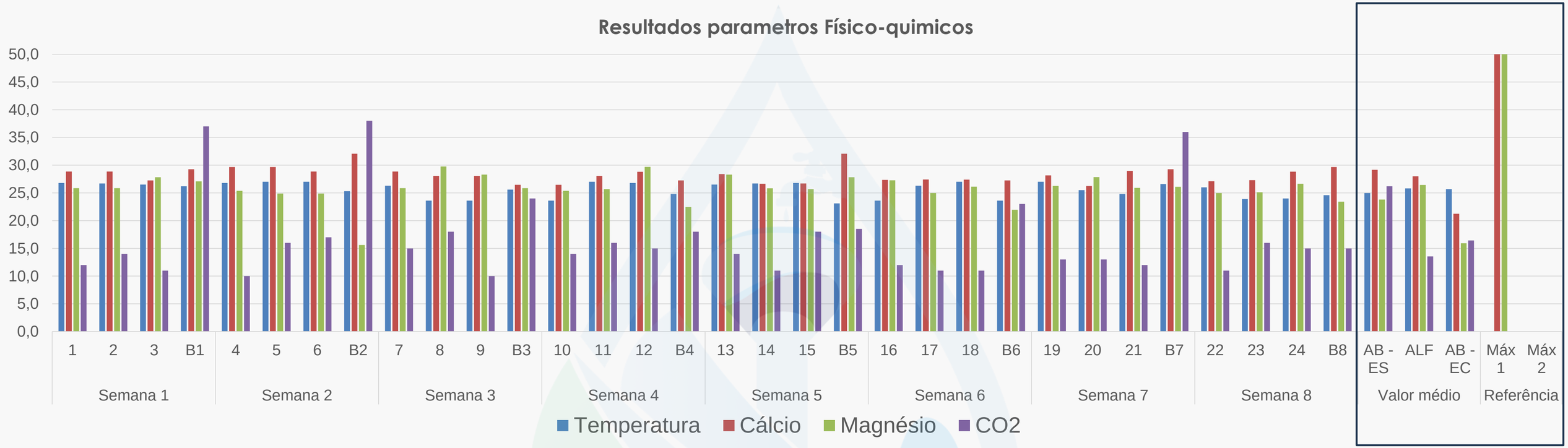
- 3 fases foram observadas:
  I. Recolha de amostras e análise laboratorial dos efluentes e da água bruta;
  II. Análise comparativa dos resultados dos efluentes com os de água bruta realizadas e dados históricos;
  III. Avaliação do tipo de tratamento necessário para a reutilização e pre-dimensionamento do sistema de tratamento.

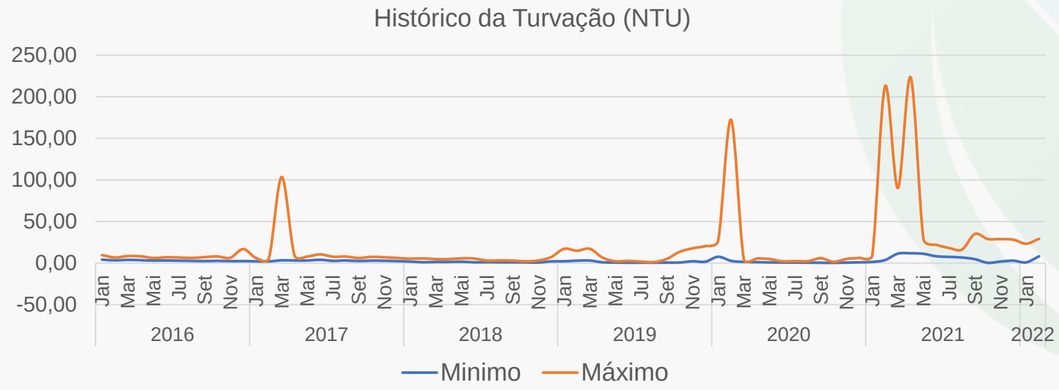
A recolha, preparação e análises laboratoriais das amostras, **Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995)**

5. RESULTADOS

Max 1: Regulamento sobre a Qualidade de Água para Consumo Humano

Max 2: Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental de Emissão de Efluentes



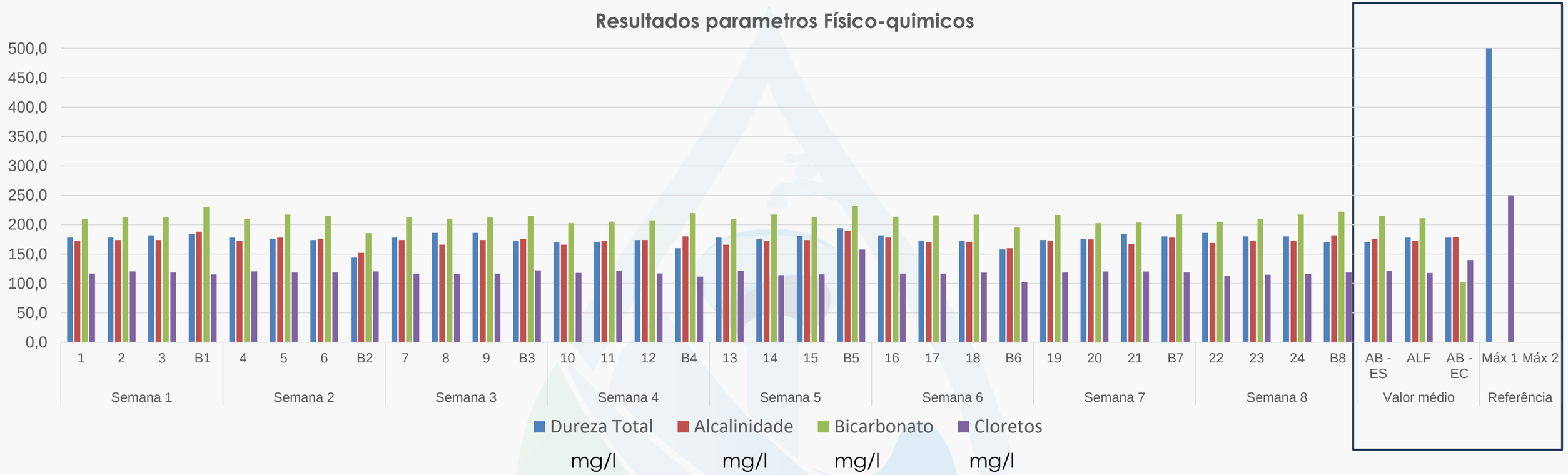


- Cálcio e Magnésio, determinam o comportamento da dureza e alcalinidade da água;
- De uma forma geral nota-se uma redução dos parametros quimicos na época chuvosa devido ao efeito de dissolução.

5. RESULTADOS

Max 1: Regulamento sobre a Qualidade de Água para Consumo Humano

Max 2: Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental de Emissão de Efluentes



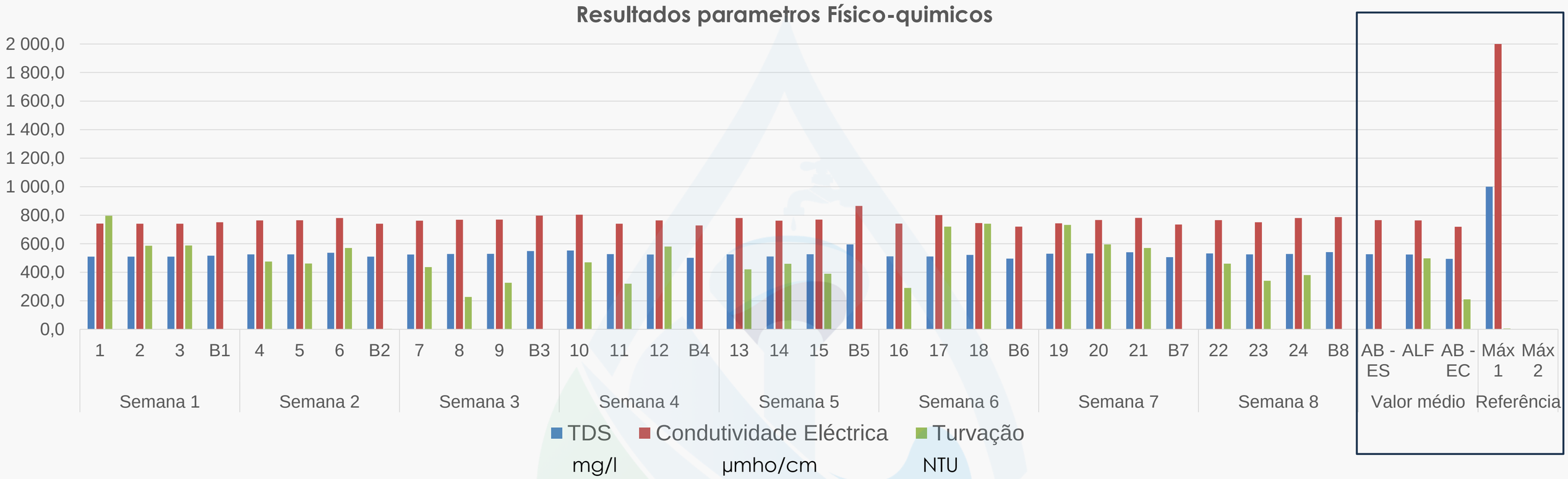
A Alcalinidade influenciado pelo sódio e cálcio, mede a capacidade de neutralizar os ácidos, em teores elevados, causar sabor desagradável á água e tem influência nos processos de tratamento de água, na facilidade de remoção da turvação. Águas com elevada turvação e baixa alcalinidade, é mais fácil remover a turvação (mecanismos de adsorção/neutralização).

A dureza pelo cálcio e magnésio, em teores elevados causa sabor desagradável e efeitos laxativos, reduz a formação de espuma do sabão aumentando o seu consumo e provoca incrustações na tubagem e caldeiras.

5. RESULTADOS

Max 1: Regulamento sobre a Qualidade de Água para Consumo Humano

Max 2: Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental de Emissão de Efluentes



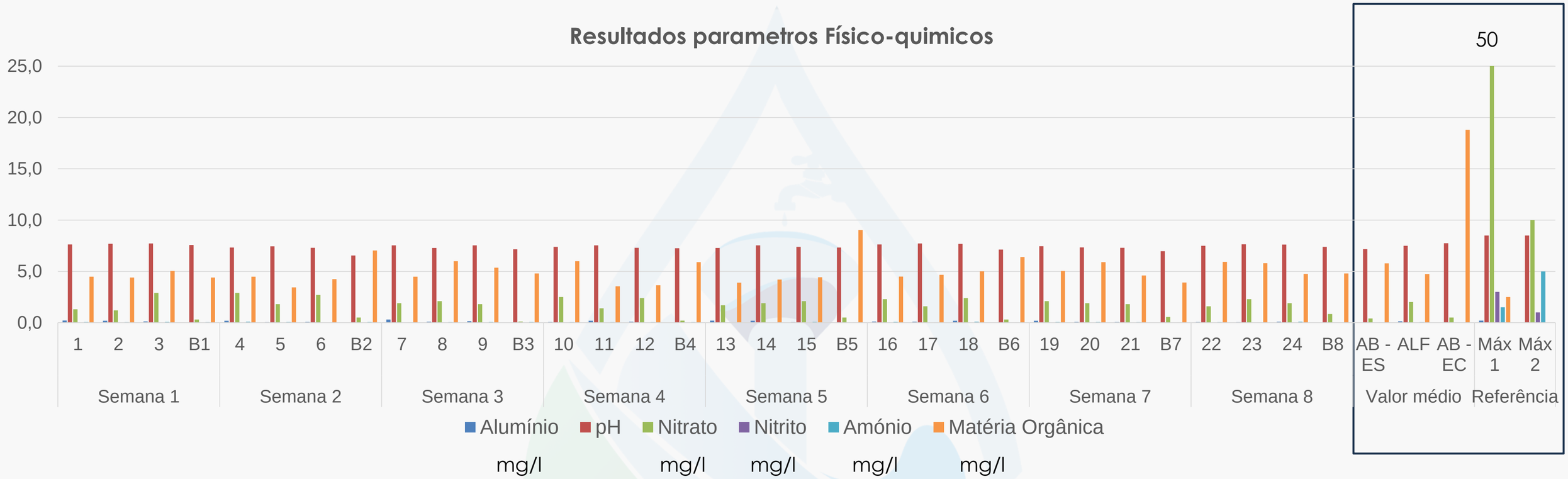
- A condutividade elétrica (CE) indica a concentração de sais dissolvidos e ajuda a avaliar o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) CE/SDT = 1,5/1,0. A condutividade e a salinidade não são controladas em ETA convencionais por causa dos Na+, K+, Cl-, muito solúveis e difíceis de precipitar, em niveis elevados deve-se recorrer a tecnologias avançadas de tratemnto de água (osmose, mebranas, etc).

- **A turvação** registou variações significativas, quase nula na época seca (1 á 3), nível médio na época chuvosa e muito alto na água de efluentes. Há registo de níveis mais altos em épocas chuvosas rigorosas.

5. RESULTADOS

Max 1: Regulamento sobre a Qualidade de Água para Consumo Humano

Max 2: Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental de Emissão de Efluentes

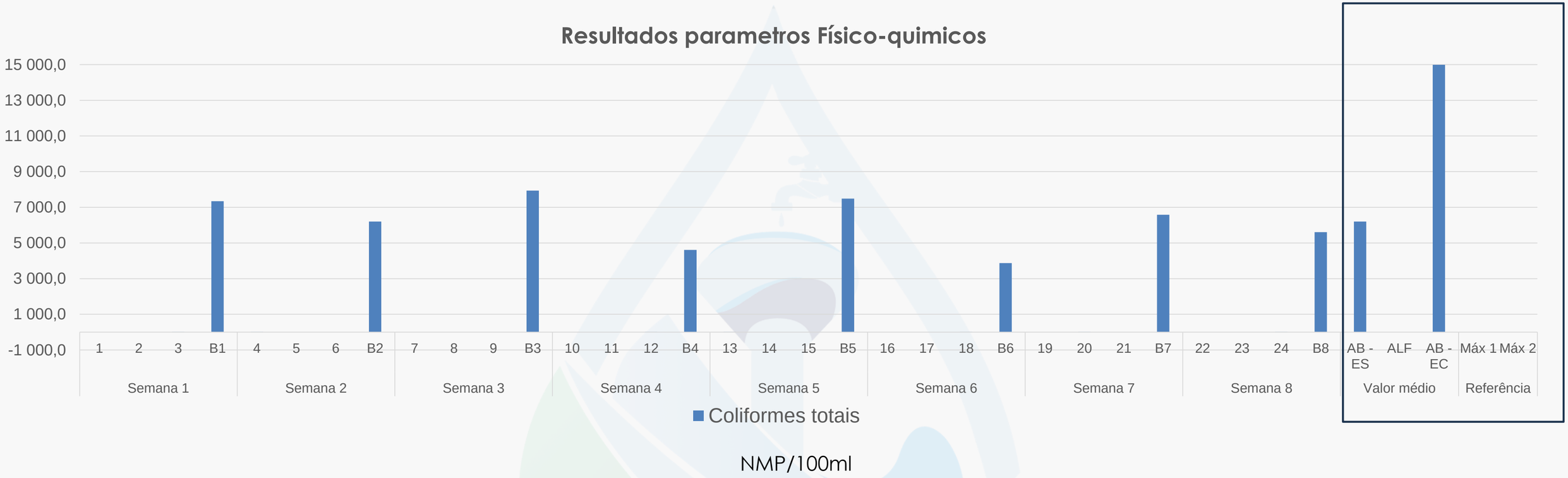


- **Matéria orgânica** com concrentrações acima de 2,5 mg/l em todas as amostras analisadas, o que sugere tratar-se de problema da fonte e não da reutilização. As ETAs convencionais removem parcialmente a matéria orgânica pelo processo de coagulação a pH 5-6, mas o carvão ativado controla eficientemente ou sistemas de membranas (nano filtração). Em altas concentraçoes provoca a proliferação microbiana na forma de biofilmes nas redes de distribuição.
- **O pH** embora na faixa ideal, deve-se manter o controlo, registou uma ligeira subida 7,5 e pode efectar o processo de tratamento (coagulação), mas só em águas muito ácidas ou básicas poderiam causar irritação na pele e nos olhos.

5. RESULTADOS

Max 1: Regulamento sobre a Qualidade de Água para Consumo Humano

Max 2: Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental de Emissão de Efluentes



- Niveis baixos de coliformes fecais identificados nos efluentes se comparado com as amostras da água bruta com um máximo 12 NMP/100ml

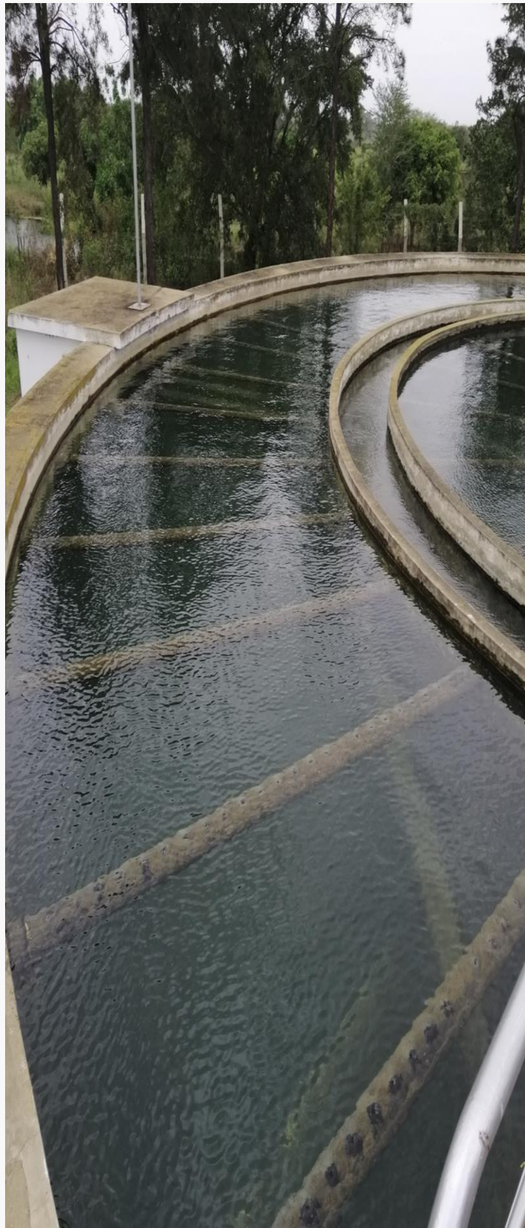
5. RESULTADOS

1. **MATÉRIA ORGÂNICA E PH** – parametros que não estão directamente associados a solução de reutilização, deverá ser tratado como melhoria da eficiência operacional com o uso de carvão activado ou sistemas avançados de tratamento;

2. TURVAÇÃO - Aumento significativo da turvação na água resultante da lavagem de filtros, níveis possíveis de tratar na ETA de Umbeluzi tendo em conta o histórico de turvação da água bruta;

***A decantação primária**, elimina os sólidos em suspensão presentes na água residual em aproximadamente 60% (ascende para 80% se estiver associado aos processos de coagulação e floculação) e a matéria orgânica em aproximadamente 30%, e por outro lado protege os processos posteriores contra os efeitos de oxidação biológica causada pela intrusão de lodos inertes de densidade elevada, evitando-se a possível abrasão dos diferentes equipamentos mecânicos.* **Aurélio (1999)**

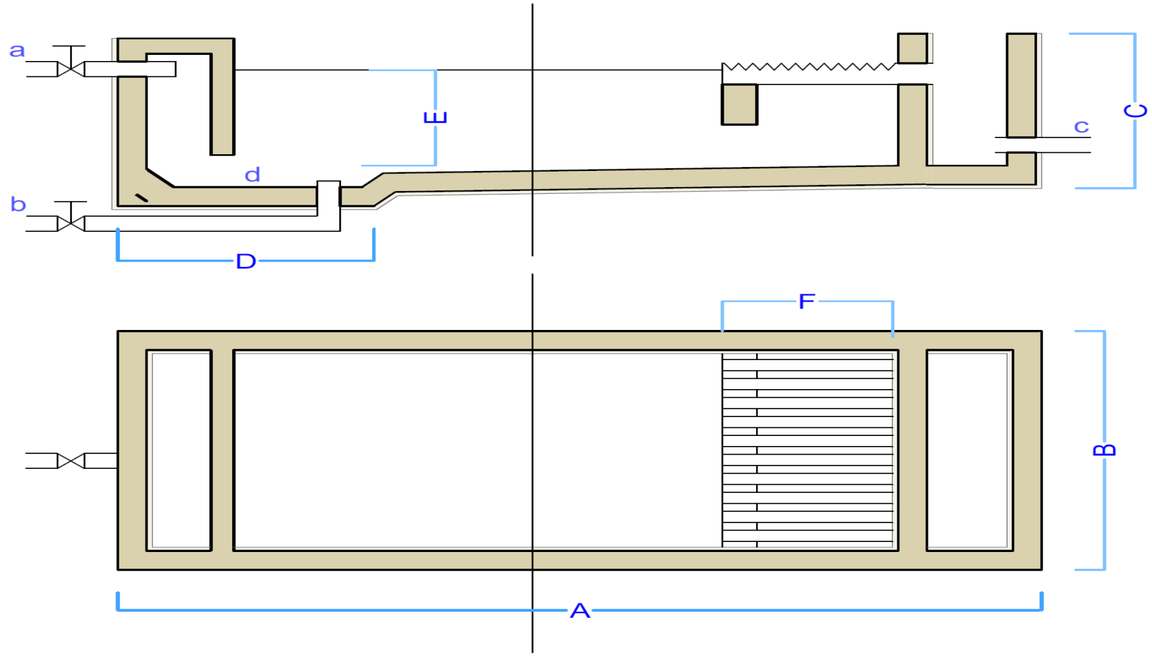
SERÁ CONSIDERADA A DECANTAÇÃO PRIMÁRIA COMO ÚNICO TRATAMENTO NECESSÁRIO ANTES DA RECIRCULAÇÃO



6. PRE - DIMENSIONAMENTO

#	Descrição	Unidade	Quantidade	Observações
1	Número médio de filtros lavados por dia	un	10	Época seca
2	Número médio de filtros lavados por dia	un	28	Época chuvosa
3	Capacidade da bomba de lavagem	m3/h	1800	
4	Tempo médio de lavagem (água)	min	17	Ajustável em função da época
5	Volume gasto por cada filtro na lavagem (Q)	m3	510	
6	Volume total diário gasto na lavagem de filtro	m3/dia	5100	Época seca
7	Volume total diário gasto na lavagem de filtro	m3/dia	14280	Época chuvosa
8	Volume médio horário de lavagem de filtro	m3/h	212.5	
9	Volume médio horário de lavagem de filtro	m3/h	595	
10	Número total de filtros existentes	un	28	
11	Velocidade ascencional (v) - Valor típico sob vazão máxima, reduzida em 30% tendo em conta que a decantacao primária é unico tratamento	m/h	1.54	A vazão a tratar, considerou-se a vazão simultânea de 2 filtros em lavagem - **1020 m³/h**
12	Tempo de retenção (tr) - Vlor típico sob vazao máxima, reduzida em 30% tendo em conta que a decantacao primária é unico tratamento	h	1.05	Fonte: Depuracion de Aguas Residuales, Aurelio Hdez. Muñoz (1999)
13	Carga de saída em vertedouro (V)	m3/m/h	10	
14	Coeficiente de redução de sólidos em suspensão na decantação (k)		0.6	
15	Concentração de sólidos em suspensão na água bruta (C)	mg/l	524,79	S=Q/Vascenção ; relações dimensionais típicas (L/B)
16	Concentração de lodos a saída de remoção do decantador (C1)	%	5	

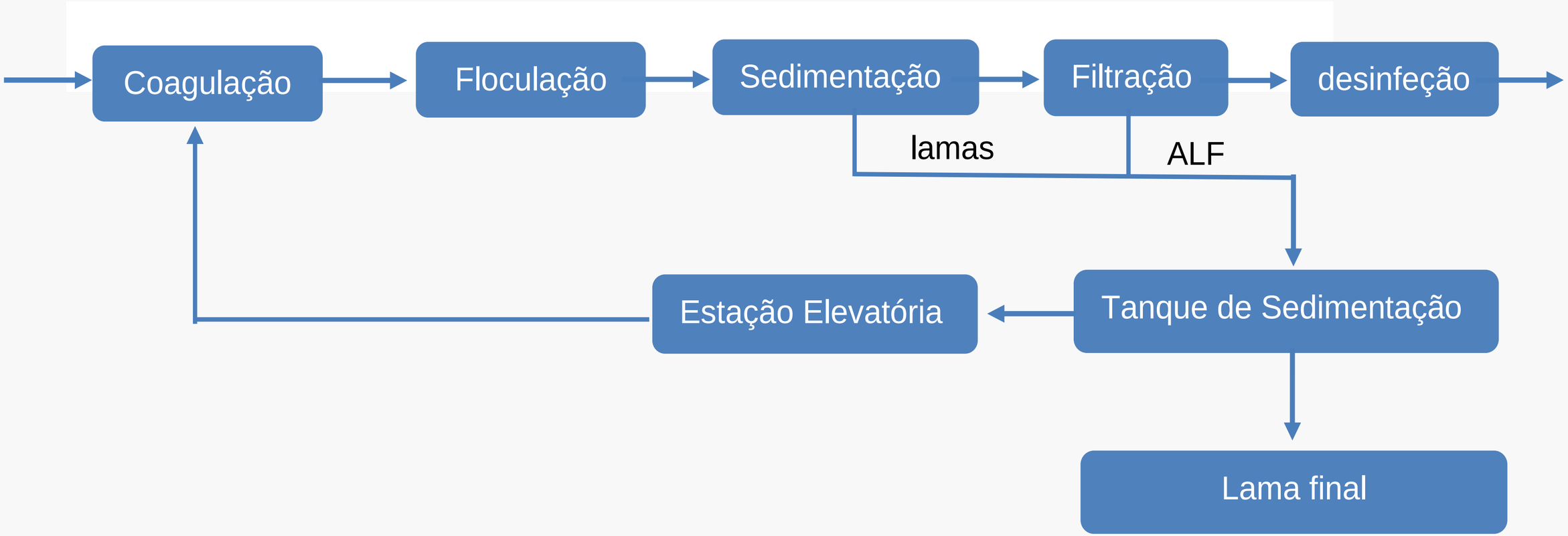
6. PRE - DIMENSIONAMENTO



	ESPECIFICAÇÕES	REFERÊNCIA	UNIDADE	RESULTADO
Dimensões do Decantador	Comprimento	A	m	30
	Largura	B	m	10
	Altura	C	m	3
	Lâmina de Água	E	m	2.5
	Comprimento do deposito de lodo	D	m	6
	Volume de lodo produzido		m3	6
	Entrada de água	a	mm	500
	Saída de Água	c	mm	400
	Descarga de fundo	b	mm	200
	Inclinação do fundo		%	2
	Comprimento do vertedouro de saída		m	102

6. PRE - DIMENSIONAMENTO

ESQUEMA DE RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS



2. CONCLUSÕES

1. Os efluentes da ETA U representam 4% do volume produzido 360 m3/h, o suficiente para abastecer cerca de 30.000 pessoas (potencial);

2. Houve aumento significativo da turvação dos efluentes, níveis possíveis de tratar na ETA U mas deve-se considerar a estabilização dos efluentes por sedimentação antes da sua recirculação para o sistema;

3. A matéria orgânica em todas as amostras analisadas (água bruta no período seco e chuvoso e nos efluentes de lavagem de filtros), está acima do permitido para consumo humano (<2.5 mg/l). É um problema da fonte/origem e não do processo de reutilização. Na época seca que registou níveis altos deve-se melhorar o processo através da instrodução do carvão activado;

4. É possivel a recirculação dos efluentes para o início do processo após a estabilização do efluente por decantação primária;

2. CONCLUSÕES

5. O pH está na faixa aceitável, mas deve-se estabelecer um mecanismo de controlo na fonte para mitigar o seu aumento e salvaguardar a eficiência do processo operacional (controlador online de pH);

6. Para além da turvação, pH e matéria orgânica, os restantes parâmetros mostraram-se estáveis ou variações não significativas se comparado com a característica da água bruta na época seca e chuvosa; Os que mostraram tendência crescente, estão abaixo dos limites permitidos pelos Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano e pelo Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes.

7. O Efluente descarregado pela ETA U tem características dentro do que é permitido pelo Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes.

MUITO OBRIGADO!
POUPAR ÁGUA É VALORIZAR A VIDA
adrmm@adrmm.co.mz
www.adrmm.co.mz