



SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 039/2017



**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA
ETA DO SAEMA DE ARARAS**

RELATÓRIO PARCIAL 01

Outubro 2017



DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA ETA DO SAEMA DE ARARAS

SAEMA – ARARAS/SP

CONTRATO Nº 039/2017

Responsabilidade técnica:

Eng. Civil Luiz Di Bernardo – CREA-SP 0600314035

Eng^a. Civil Angela Di Bernardo Dantas – CREA-SP 5060728293

Eng. Civil Paulo Eduardo Nogueira Voltan – CREA-SP 5062066120



RELATÓRIO PARCIAL 01 LEVANTAMENTO DOS DADOS, PESQUISA EM CAMPO E ENSAIOS

[Análise dos dados operacionais da ETA]

[Descrição da ETA]

[Descrição dos ensaios]

Outubro 2017

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	1
2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	2
2.1	CAPTAÇÃO, ELEVATÓRIA E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA	2
2.1.1	Rio Mogi Guaçu	2
2.1.2	Reservatórios das barragens Hermínio Ometto e João Ometto	3
2.1.3	Reservatórios das barragens Tambury e Usina Santa Lúcia	4
2.2	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	6
2.2.1	Unidades de tratamento	7
2.2.1.1	Chegada de água bruta, calha Parshall e canal de água coagulada	7
2.2.1.2	Unidades de floculação	11
2.2.1.3	Unidades de decantação	14
2.2.1.4	Unidades de filtração	16
2.2.2	Produtos químicos	20
2.2.2.1	Hipoclorito de sódio	20
2.2.2.2	Sulfato de Alumínio	22
2.2.2.3	Hidróxido de cálcio	24
2.2.2.4	Ácido fluossilícico	26
2.2.2.5	Ortopolifosfato de sódio	27
2.3	ANÁLISE DOS DADOS OPERACIONAIS	29
2.3.1	Vazão afluyente à ETA	29
2.3.2	Represas Hermínio Ometto e Tambury e rio Mogi Guaçu	31
2.3.2.1	Turbidez da água bruta da represa Hermínio Ometto	31
2.3.2.2	Turbidez da água bruta da represa Tambury	31
2.3.2.3	Turbidez da água bruta do rio Mogi Guaçu	32
2.3.2.4	Ferro	33
2.3.3	Água bruta afluyente à ETA (mistura in natura)	35
2.3.3.1	pH	36
2.3.3.2	Turbidez	36
2.3.4	Água coagulada	40

2.3.4.1	pH	40
2.3.5	Água decantada.....	40
2.3.5.1	Turbidez.....	40
2.3.6	Água tratada.....	41
2.3.6.1	pH	42
2.3.6.2	Turbidez.....	42
2.3.6.3	Cor aparente.....	43
2.3.6.4	Ferro	44
3	ENSAIOS NA ETA.....	46
3.1	ENSAIOS HIDRODINÂMICOS	46
3.1.1	Ensaio de traçadores na forma contínua.....	46
3.1.2	Ensaio de traçadores na forma de pulso	47
3.2	AValiaÇÃO DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO.....	48
3.2.1	Lavagem dos filtros	49
3.2.2	Avaliação da turbidez da água filtrada após a lavagem	50
3.2.3	Granulometria do meio filtrante e existência de bolas de lodo	51
3.2.4	Batimetria do topo do meio filtrante	52
3.2.5	Perda de carga no meio filtrante limpo	53
3.3	ENSAIOS DE BANCADA.....	54
3.3.1	Materiais e equipamentos	54
3.3.2	Caracterização da água ao longo do tratamento	56
3.3.3	Ensaio de reprodução das condições de funcionamento da ETA.....	56
3.3.3.1	Sedimentação da água coagulada e floculada na ETA	57
3.3.3.2	Floculação e sedimentação em jarreste.....	58
3.3.4	Definição do período de estiagem e de chuva.....	58
3.3.5	Ensaio com a água representativa de período de chuva.....	59
3.3.5.1	Série I - Ensaio de determinação das condições de coagulação com sulfato de alumínio 60	
3.3.5.2	Série II – Ensaio de ciclo completo para avaliação do uso de polímero sintético como auxiliar de floculação	61
3.3.6	Ensaio de clarificação de água de lavagem dos filtros	61



4	ATIVIDADES FUTURAS	63
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho, resultado da contratação da HIDROSAN pelo Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente do município de Araras – SAEMA, consiste na elaboração do Diagnóstico e Proposição de Melhorias na ETA de Araras, conforme contrato nº 039/2017.

Para o desenvolvimento do trabalho, além de livros especializados tanto de autoria dos profissionais da HIDROSAN quanto de outros autores, foi considerada a experiência da equipe da HIDROSAN na realização de trabalhos similares ao estudo elaborado.

O trabalho foi dividido em 2 etapas:

- Etapa 1: Levantamento dos dados, realização dos ensaios e pesquisa de campo;
- Etapa 2: Estudo, avaliação e apresentação do diagnóstico;
- Etapa 3: Apresentação das propostas de melhorias para a ETA

Neste relatório, Relatório Parcial 01, são apresentados os resultados da ETAPA 1, com a análise dos dados operacionais da ETA, a descrição do sistema de abastecimento e a descrição dos ensaios realizados pela equipe da HIDROSAN na ETA de Araras entre os dias 18 e 22 de setembro de 2017.

Ressalta-se que as avaliações e os ensaios estruturais para a elaboração do relatório de avaliação estrutural já foram iniciadas, com a visita da equipe de estruturas nos dias 4 e 5 de outubro de 2017 à ETA. O relatório de inspeção das instalações elétricas também já está sendo elaborado, sendo que nos dias 19 e 20 de setembro foi feita a inspeção das instalações elétricas da ETA.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1 CAPTAÇÃO, ELEVATÓRIA E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

A água bruta afluyente à ETA é recalçada de 3 mananciais:

- Rio Mogi Guaçu;
- Reservatórios das barragens Hermínio Ometto e João Ometto;
- Reservatórios das barragens Tambury e Usina Santa Lúcia.

2.1.1 Rio Mogi Guaçu

O sistema de captação de água do rio Mogi Guaçu conta as etapas de gradeamento e remoção de areia (por caixas de areia, conforme apresentado na Figura 2.1) que é abastecida por 3 bombas submersíveis. O manancial se enquadra na Classe 2 pela resolução CONAMA 357/2005 no trecho em que se localiza a captação.

A vazão outorgada é de 600 L/s, sendo que atualmente a vazão máxima captada é da ordem de 350 L/s, conforme dados operacionais disponibilizados pelo SAEMA. A casa de bombas conta com 2 conjuntos moto-bomba, conforme Figura 2.1. A água é recalçada por adutora de DN 500, com 24 km de extensão até a ETA, e três tanques de alimentação unidirecional (TAU) (ARESPCJ, 2014). Na Figura 2.2 são apresentadas fotos do rio Mogi Guaçu e do local de sucção da água.



Figura 2.1 – Caixas de areia localizadas e casa de bombas do sistema de captação de água do rio Mogi Guaçu



Figura 2.2 – Fotos do rio Mogi Guaçu no local da captação

No dia 19 de setembro de 2017, a equipe da HIDROSAN realizou uma visita ao sistema de captação de água do rio Mogi Guaçu. Durante a visita, foram coletadas amostras (com a ajuda da equipe do SAEMA) da água da represa para as análises físico-químicas e microbiológicas. Além disso, foram coletadas amostras de sedimento das margens do rio Mogi Guaçu para o preparo da água representativa do período de chuvas para a execução de ensaios em jarreste (item 3.3.5).

Observou-se que próximo à captação há plantações de cana-de-açúcar, que podem prejudicar a qualidade da água bruta (contaminação por agrotóxicos).

2.1.2 Reservatórios das barragens Hermínio Ometto e João Ometto

A captação de água bruta destes reservatórios é realizada na barragem Hermínio Ometto, que é abastecida pela barragem João Hometo (que por sua vez é abastecida por gravidade pela barragem Água Boa). Estes reservatórios possuem volume máximo de armazenamento de 2.410.375,16 e 7.931.520,26 m³, respectivamente (Prefeitura Municipal de Araras, 2015). A casa de bombas conta com 4 conjuntos moto-bomba, conforme Figura 2.3, e a vazão máxima captada é da ordem de 620 L/s, conforme dados operacionais disponibilizados pelo SAEMA. Este sistema possui uma adutora nova de DN 500 e três antigas de DN 250, 300 e 350, sendo que atualmente somente esta última e a adutora nova recalcam água à ETA (Prefeitura Municipal de Araras, 2015). Na Figura 2.4 são apresentadas fotos da represa Hermínio Ometto.



Figura 2.3 – Foto da casa de bombas da captação localizada na represa Hermínio Ometto



Figura 2.4 – Fotos da represa Hermínio Ometto no local de captação

No dia 19 de setembro de 2017, a equipe da HIDROSAN realizou uma visita à represa Hermínio Ometto. Durante a visita, foram coletadas amostras (com a ajuda da equipe do SAEMA, Figura 2.4) da água da represa para as análises físico-químicas e microbiológicas. Observou-se que a represa se encontra cercada de plantações de cana-de-açúcar, que podem prejudicar a qualidade da água pelo aporte de agrotóxicos

2.1.3 Reservatórios das barragens Tambury e Usina Santa Lúcia

A captação de água bruta destes reservatórios é realizada na represa Tambury, que abastece a represa Usina Santa Lúcia. Estes reservatórios possuem volume máximo de armazenamento de 2.231.651,47 e 800.231,74 m³, respectivamente (Prefeitura Municipal de Araras, 2015). A casa de bombas conta com 2 conjuntos moto-bomba, conforme Figura 2.5. A vazão máxima captada, segundo

os dados operacionais disponibilizados pelo SAEMA, é de 160 L/s. Este sistema possui duas adutoras DN 300. Na Figura 2.6 são apresentadas fotos da represa Tambury.



Figura 2.5 – Foto da casa de bombas da captação localizada na represa Tambury



Figura 2.6 – Fotos da represa Tambury no local de captação

No dia 19 de setembro de 2017, a equipe da HIDROSAN visitou represa Tambury, onde foi constatada a presença de plantas aquáticas flutuantes (aguapés) e de película de óleo na superfície da água, próxima ao poço de sucção. Além disso, observou-se que esta represa também se encontra cercada de plantações de cana-de-açúcar. Durante a visita, foram coletadas amostras (com a ajuda da equipe do SAEMA, Figura 2.6) da água para as análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

A ETA de Araras é do tipo ciclo completo (ou convencional) e, segundo informações do SAEMA, foi projetada para tratar a vazão de 560 L/s. Porém, atualmente opera com a vazão média de 650 L/s e vazões mínima e máxima de 380 L/s e de 730 L/s, respectivamente. A ETA é composta pelas seguintes unidades:

- Chegada de água bruta;
- Calha Parshall;
- 4 conjuntos de floculação/decantação;
- 9 filtros de dupla camada de areia e antracito.

Na Figura 2.7 é apresentado o esquema da ETA de Araras.

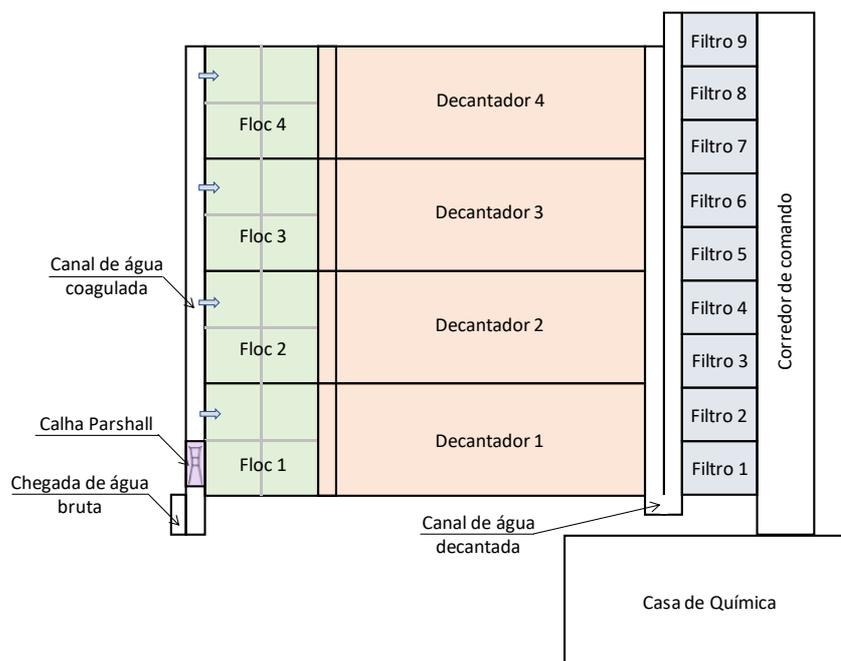


Figura 2.7 – Esquema geral das unidades da ETA de Araras

2.2.1 Unidades de tratamento

2.2.1.1 Chegada de água bruta, calha Parshall e canal de água coagulada

A água bruta que chega à ETA é composta pela mistura da água dos três mananciais (Rio Mogi Guaçu, Reservatórios das barragens Hermínio Ometto e João Ometto e Reservatórios das barragens Tambury e Usina Santa Lúcia). Na Figura 2.8 é apresentada a foto da chegada da água bruta dos três mananciais (segundo informações da equipe do SAEMA), além da tubulação que retorna a água de lavagem dos filtros ao início da ETA.



Figura 2.8 – Foto da chegada de água bruta na ETA

Na Figura 2.9 é apresentada foto das bombas de recalque de água de lavagem dos filtros ao início da ETA. As especificações das bombas são:

- Modelo ITAP 125-200 do fabricante Imbil;
- Vazão: 100 m³/h;
- Pressão: 6 m.c.a.



Figura 2.9 – Foto das bombas de recalque de água de lavagem dos filtros ao início da ETA

Na chegada de água bruta é feita a aplicação de hipoclorito de sódio (cloro) – oxidante/desinfetante e sulfato de alumínio (coagulante), sendo que atualmente não é utilizado alcalinizante. Após a adição dos produtos químicos, é realizada a mistura rápida, a partir de calha Parshall com garganta de 0,61 m, segundo o projeto disponibilizado pela equipe do SAEMA. Na Figura 2.10 é apresentada foto da calha Parshall.

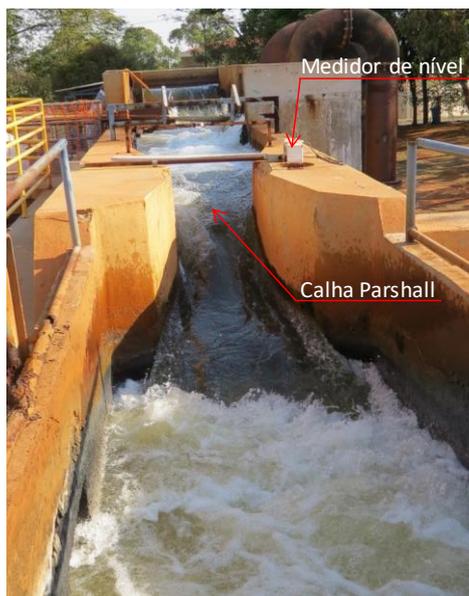


Figura 2.10 – Foto da calha Parshall da ETA

Conforme observado na Figura 2.10, existe um medidor de nível ultrassônico para a medição de vazão.

Durante a realização de ensaios na ETA pela equipe da HIDORSAN, observou-se que as paredes do vertedor estão desgastadas e suas dimensões não estão em conformidade com as dimensões padrões para vertedores Parshall de garganta de 0,61 m, apresentadas na Tabela 2.1 e na Figura 2.11.

Tabela 2.1 – Dimensões padrões da calha Parshall com garganta de 61 cm (24")

Calha Parshall (W = 61 cm)											
W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y
0,61	1,525	1,496	0,915	1,207	0,915	0,61	0,915	0,076	0,229	0,051	0,076

Fonte: DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2017

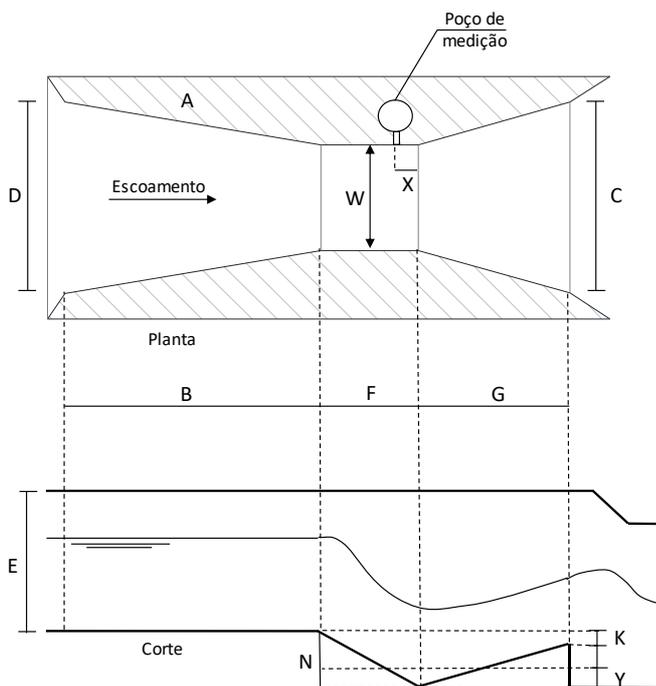


Figura 2.11 – Esquema da calha Parshall com dimensões padrões ($w = 0,61 \text{ m}$)
 Fonte: adaptado de DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2017

A água coagulada é veiculada ao canal de água coagulada, onde é feita a divisão de vazão entre os conjuntos de floculação/decantação. As entradas de água coagulada nos 4 conjuntos de floculação são feitas por 4 comportas (1 por conjunto) com 0,57 m de abertura cada, de acordo com os desenhos disponibilizados pelo SAEMA). O canal de água coagulada não possui seção variável (as dimensões iniciais de largura e altura são iguais às finais) e existe uma parede entre as unidades de floculação 2 e 3, que causa elevada perda de carga neste ponto (Figura 2.12).



Figura 2.12 – Fotos do canal de água coagulada e da localização da parede entre as entradas dos floculadores 2 e 3

2.2.1.2 Unidades de floculação

A ETA de Araras possui 4 floculadores, sendo que cada floculador possui 4 câmaras em série. Todas as câmaras possuem misturadores mecânicos do tipo turbina com quebra-vórtice que atualmente não estão em funcionamento. As dimensões das câmaras são:

- Comprimento: 4,60 m;
- Largura: 4,60 m;
- Altura total: 3,30 m;
- Altura útil: aproximadamente 2,85 m;
- Volume útil por câmara: aproximadamente 60,5 m³;
- Volume útil por floculador (4 câmaras): 242 m³.

Para as vazões de operação de 730 L/s (máxima), 650 L/s (média), 560 L/s (de projeto) e 380 L/s (mínima), os tempos teóricos de floculação são apresentados na Tabela 2.2. Ressalta-se que todos os valores apresentados foram estimados considerando-se a divisão equitativa da vazão entre os conjuntos de floculação/decantação.

Tabela 2.2 – Tempos teóricos de floculação em função da vazão de operação da ETA

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em funcionamento	Vazão por conjunto (L/s)	Tempo de detenção teórico (min)
730	4	182,5	22,1
650	4	162,5	24,8
560	4	140,0	28,7
380	4	95,0	42,1

Na Figura 2.13 é apresentado o esquema em planta das unidades de floculação e as passagens entre as câmaras. As passagens superiores são compostas por 3 aberturas de 1,00 m de largura cada e altura variável em função da vazão de operação das unidades e as passagens inferiores são compostas por 3 aberturas de 1,00 m de largura e 0,15 m de altura. Nas Tabelas 2.3 e 2.4 são apresentados as velocidades médias e os gradientes de velocidade médios nas passagens da unidade de floculação em função de sua vazão de operação, respectivamente.

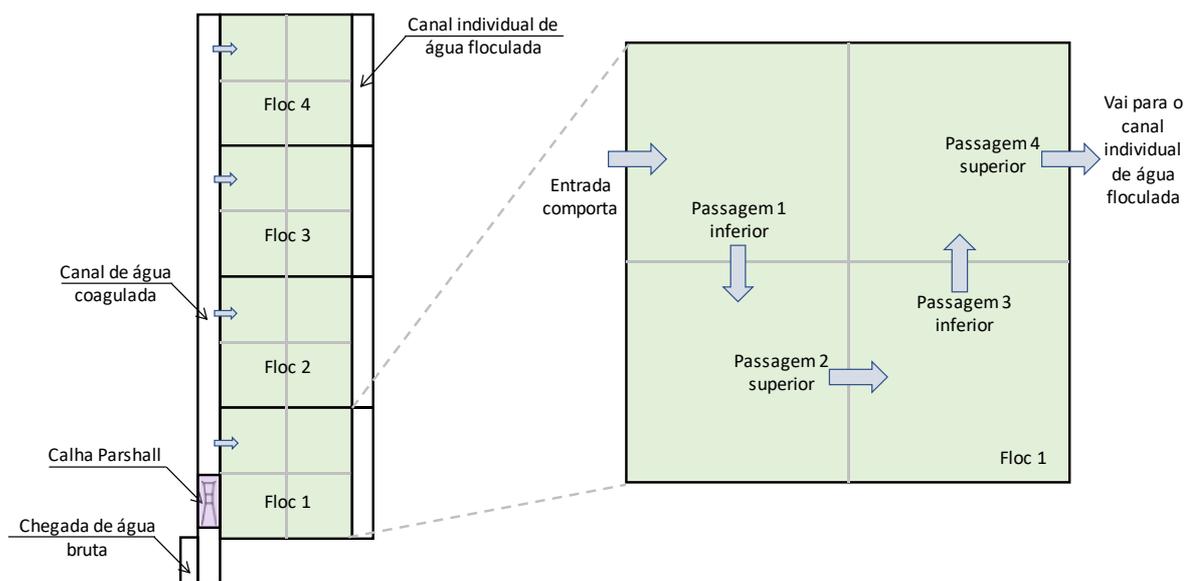


Figura 2.13 – Esquema em planta das unidades de floculação

Tabela 2.3 – Velocidades médias nas passagens das unidades de floculação em função de sua condição de funcionamento

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em func.	Vazão por conj. (L/s)	Velocidade média (m/s)				
			Comporta de entrada	Passagem 1 - superior	Passagem 2 - superior	Passagem 3 - superior	Passagem 4 - superior
730	4	182,5	0,68	0,41	0,34	0,41	0,43
650	4	162,5	0,62	0,36	0,32	0,36	0,40
560	4	140,0	0,55	0,31	0,30	0,31	0,35
380	4	95,0	0,40	0,21	0,23	0,21	0,25

Tabela 2.4 – Gradientes de velocidade médios nas passagens das unidades de floculação em função de sua condição de funcionamento

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em func.	Vazão por conj. (L/s)	Gradiente de velocidade médio (s ⁻¹)				
			Comporta de entrada	Passagem 1 - superior	Passagem 2 - superior	Passagem 3 - superior	Passagem 4 - superior
730	4	182,5	49,0	65,5	29,6	65,5	49,3
650	4	162,5	43,6	55,1	28,3	55,1	43,7
560	4	140,0	37,0	44,1	26,2	44,1	37,2
380	4	95,0	23,3	24,8	19,7	24,8	23,7

Conforme apresentado nas Tabelas 2.3 e 2.4, as velocidades médias e os gradientes de velocidade médios nas passagens são relativamente elevados, principalmente para as vazões maiores de operação da ETA, 730 e 650 L/s, o que pode provocar a quebra dos flocos, prejudicando a sedimentação, etapa seguinte à floculação.

Após a passagem 4, a água floculada é veiculada aos canais individuais de água floculada, sendo que cada canal é composto por 23 orifícios de 0,20 m de diâmetro cada. Na Tabela 2.5 são apresentadas as velocidades médias e os gradientes de velocidade médios nesses orifícios em função da vazão de funcionamento das unidades de floculação. Assim como o observado na Tabela 2.4, os gradientes de velocidade nos orifícios são relativamente elevados, principalmente para as vazões maiores de operação da ETA, 730 e 650 L/s, o que pode provocar a quebra dos flocos, prejudicando a sedimentação, etapa seguinte à floculação.

Tabela 2.5 – Velocidades médias e gradientes de velocidade médios nos orifícios dos canais individuais de água flocculada em função da vazão de operação da ETA

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em funcionamento	Vazão por conjunto (L/s)	Velocidade média nos orifícios (m/s)	Gradiente de velocidade médio (s^{-1})
730	4	182,5	0,25	41,1
650	4	162,5	0,22	34,6
560	4	140,0	0,19	27,8
380	4	95,0	0,13	15,7

2.2.1.3 Unidades de decantação

A ETA de Araras possui 4 decantadores convencionais, com as seguintes características:

- Cortina de distribuição:
 - 140 orifícios de 0,10 m por decantador;
 - Distância entre orifícios: 0,425 m.
- Comprimento: 26,57 m;
- Largura: 9,40 m;
- Altura total: 4,60 m;
- Altura útil: 4,38 m;
- Seção de escoamento por decantador: 249,76 m²
- Remoção de lodo: manual, por meio de descarga de fundo;
- 6 calhas de coleta de água decantada por decantador, com as seguintes características:
 - Comprimento: 12,60 m;
 - Largura: 0,30 m;
 - 60 vertedores triangulares por calha.

Na Figura 2.14 são apresentados fotos e esquema dos decantadores.

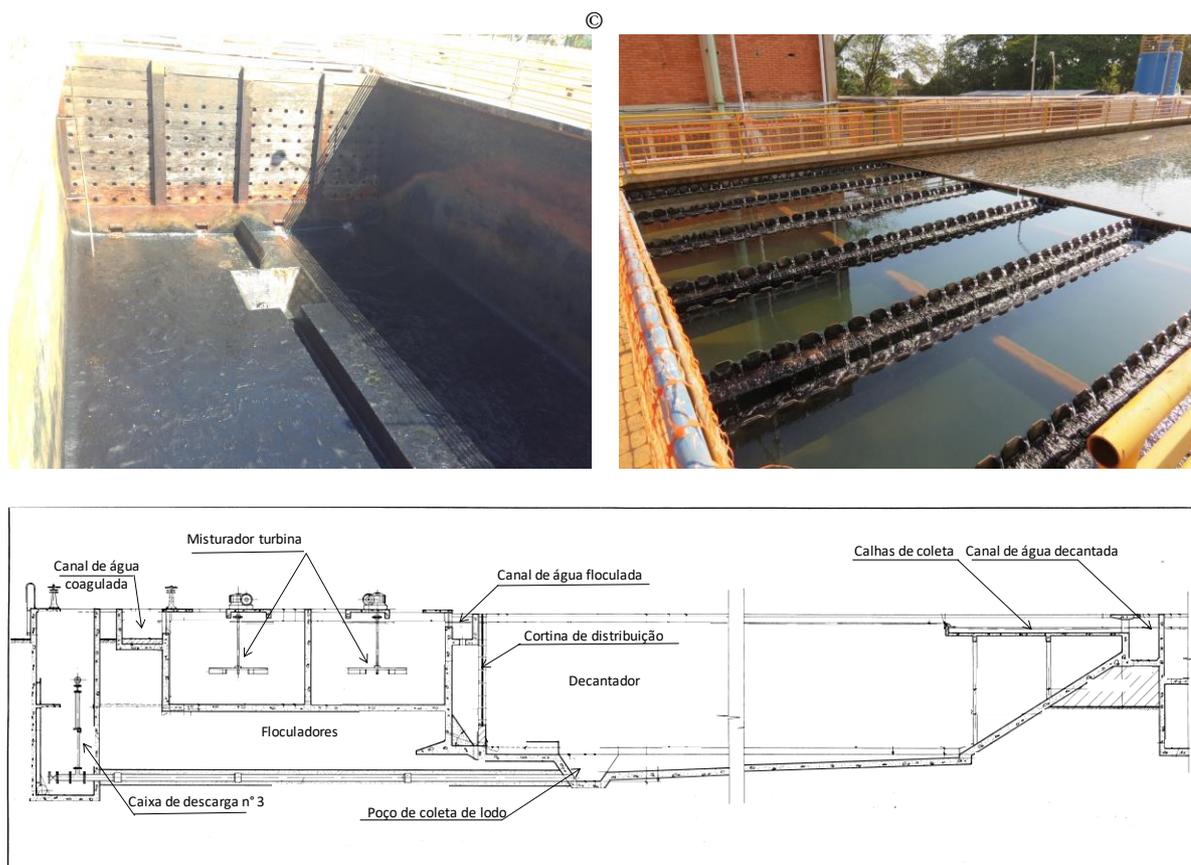


Figura 2.14 – Fotos e esquema dos decantadores

A partir das características dos decantadores supracitadas, foram verificados as velocidades médias e os gradientes de velocidade médios nos orifícios da cortina de distribuição para as mesmas vazões de operação da ETA consideradas no item anterior, apresentados na Tabela 2.6. Ressalta-se que todos os valores apresentados foram estimados considerando-se a divisão equitativa da vazão entre os conjuntos de floculação/decantação.

Tabela 2.6 – Velocidades médias e gradientes de velocidade médios nos orifícios das cortinas de distribuição de água floculada dos decantadores em função da vazão de operação da ETA

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em funcionamento	Vazão por conjunto (L/s)	Velocidade média nos orifícios da cortina (m/s)	Gradiente de velocidade médio (s^{-1})
730	4	182,5	0,17	12,8
650	4	162,5	0,15	10,6
560	4	140,0	0,13	8,4
380	4	95,0	0,09	4,7

As taxas médias de escoamento superficial e as velocidades médias de escoamento dos decantadores em função das vazões da ETA são apresentadas na Tabela 2.7. Observa-se que os valores apresentados são relativamente altos para decantadores convencionais, especialmente para as vazões superiores a 560 L/s.

Tabela 2.7 – Taxas médias de escoamento superficial e velocidades médias de escoamento nos decantadores em função da vazão de operação da ETA

Vazão da ETA (L/s)	Número de conjuntos de floc/dec em funcionamento	Vazão por conjunto (L/s)	Taxa de escoamento superficial ($m^3/m^2/d$)	Velocidade média de escoamento (cm/min)
730	4	182,5	63,1	4,38
650	4	162,5	56,2	3,90
560	4	140,0	48,4	3,36
380	4	95,0	32,9	2,23

Conforme citado anteriormente, a remoção do lodo é manual, sendo realizada a cada 30 dias, segundo informações do SAEMA.

2.2.1.4 Unidades de filtração

A ETA de Araras possui 9 filtros rápidos descendentes de dupla camada de areia e antracito. Originalmente, todos os filtros eram compostos por fundo falso com bocais para a distribuição de ar e água para lavagem, porém, alguns foram reformados. Segundo a equipe do SAEMA, atualmente tem-se:

- Filtros com fundo falso e bocais (projeto inicial, filtros não reformados): filtros 2 a 4;
- Filtros com crepinas, fabricante Hidrosolo: filtros 5, 7, 8 e 9;

- Filtros com blocos tipo S, fabricante Leopold: filtros 1 e 6.

As características dos filtros são:

- Área filtrante de um filtro: 18,9 m² (6,3 m x 3,0 m);
- Número de calhas de coleta por filtro: 4;
- Meio filtrante: dupla camada (areia e antracito);
- Vertedores individuais;
- Lavagem: com ar seguido de água (tempos variáveis de acordo com observações visuais dos operadores).

Considerando a área de filtração média por filtro igual a 18,9 m², as taxas médias de filtração em função da vazão de operação da ETA são apresentadas na Tabela 2.8. Na Figura 2.15 são apresentadas fotos dos filtros.

Tabela 2.8 – Taxas médias de filtração em função da vazão de operação da ETA

Vazão da ETA (L/s)	Número de filtros em funcionamento	Taxa média de filtração (m ³ /m ² /d)
730	9	370,8
650	9	330,2
560	9	284,4
380	9	193,0

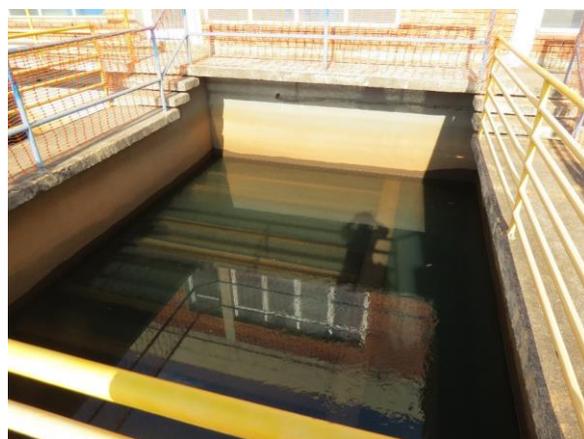


Figura 2.15 – Fotos dos filtros da ETA

A lavagem dos filtros é realizada com ar seguido de água, sendo que os tempos de lavagem, tanto com ar quanto de água, variam de acordo com observações visuais dos operadores.

Na Figura 2.16 é apresentada a foto dos sopradores de ar, cujas especificações são:

- Modelo: VS – 6 / CS, do fabricante Omel S.A.;
- Vazão: 23 m³/min;
- Pressão: 4 m.c.a.;
- Potência: 40 cv;
- Rotação: 2610 rpm;
- Taxa de aplicação aproximada: 20,3 L/s/m².



Figura 2.16 – Foto dos sopradores de ar para a lavagem dos filtros

A água para lavagem dos filtros é proveniente do reservatório elevado localizado no 3º pavimento do prédio administrativo. Este reservatório possui volume útil de aproximadamente 200 m³ e foi inicialmente projetado para uso exclusivo da lavagem dos filtros, sendo que ao lado deste reservatório existe o reservatório para abastecimento dos usos comuns da ETA (esta informação será confirmada nos próximos relatórios). A tubulação de água para lavagem possui DN 400.

O reservatório elevado para lavagem dos filtros é abastecido por 2 conjuntos moto-bomba modelo ETA 80-20, do fabricante KSB, conforme fotos da Figura 2.17 e, segundo informações da equipe do SAEMA, o tempo de enchimento total do reservatório é de 1,5 a 2,0 h.



Figura 2.17 – Foto dos conjuntos moto-bomba que abastecem o reservatório elevado

Durante as inspeções feitas pela HIDROSAN, foi constatado que os filtros 8 e 9 possuem um único vertedor de água filtrada, diferentemente dos demais filtros, que possuem vertedores individuais, o que pode prejudicar a operação dos filtros com taxa declinante, conforme mostrado na Figura 2.18.



Figura 2.18 – Foto do canal geral de água filtrada dos filtros 8 e 9

2.2.2 Produtos químicos

Os produtos químicos atualmente em uso na ETA são:

- Hipoclorito de sódio – pré-cloração;
- Sulfato de alumínio – coagulante;
- Hidróxido de cálcio – alcalinizante – ajuste final de pH;
- Ácido fluossilícico – fluoração;
- Ortopolifosfato de sódio – estabilização final.

2.2.2.1 Hipoclorito de sódio

A última aquisição de hipoclorito de sódio utilizado na ETA foi produzido pela Sabará Químicos e Ingredientes S.A., cujo laudo é apresentado no Anexo 1. Este produto químico é utilizado na pré-cloração da água bruta, sendo aplicado na chegada de água bruta na ETA, conforme apresentado na Figura 2.19.



Figura 2.19 – Foto com os pontos de aplicação das soluções de hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio é adquirido na forma líquida e armazenado em tanque de 10 m³, localizado ao lado da chegada de água bruta na ETA, conforme foto na Figura 2.20. O produto comercial líquido é bombeado do tanque de armazenamento para o tanque de dosagem localizado no

2º pavimento do prédio administrativo da ETA (ver Figura 2.21). O controle do nível de solução no tanque de dosagem é feito visualmente.



Figura 2.20 – Foto dos tanques de armazenamento de hipoclorito de sódio



Figura 2.21 – Foto dos tanques de preparo e dosagem de hipoclorito de sódio

Do tanque de dosagem, a solução de hipoclorito de sódio é encaminhada por gravidade até o ponto de aplicação, na chegada de água bruta da ETA. O ajuste da dosagem é realizado volumetricamente com proveta graduada e cronômetro, como pode ser visto na foto apresentada na Figura 2.22. Atualmente não é realizada a pós-cloração.



Figura 2.22 – Foto dos dispositivos usados para a aferição volumétrica das dosagens de hipoclorito de sódio

2.2.2.2 Sulfato de Alumínio

O sulfato de alumínio em uso na ETA foi produzido pela TQA Ind. e Comércio Ltda. (última aquisição), cujo laudo é apresentado no Anexo 1. Este produto químico é utilizado na coagulação da água bruta, sendo aplicado na chegada de água bruta na ETA, conforme foto na Figura 2.23.



Figura 2.23 – Foto com os pontos de aplicação das soluções de sulfato de alumínio

A solução de sulfato de alumínio é adquirida na forma líquida e armazenada em tanque de 20 m³, localizado ao lado da chegada de água bruta na ETA, conforme apresentado na Figura 2.24. O produto comercial líquido é bombeado do tanque de armazenamento para três tanques, de aproximadamente 10 m³ cada, localizados no 2º pavimento do prédio administrativo da ETA (ver

Figura 2.25), onde é diluído com água, atingindo a concentração final de aproximadamente 200 g/L do produto comercial (segundo informações da equipe do SAEMA, a diluição é feita com 1.500 L do produto comercial líquido, sendo o volume do tanque de preparo completado com água até atingir 10.000 L; para os cálculos, considerou-se a massa específica do produto comercial líquido igual a 1,338 g/cm³). O controle do nível de solução nos tanques de preparo e dosagem é feito visualmente.



Figura 2.24 – Foto do tanque de armazenamento de sulfato de alumínio



Figura 2.25 – Foto dos tanques de preparo e dosagem de sulfato de alumínio

Dos tanques de preparo e dosagem, a solução de sulfato de alumínio é encaminhada por gravidade até o ponto de aplicação, na chegada de água bruta da ETA. O ajuste da dosagem é realizado volumetricamente, por meio de proveta graduada e cronômetro, ver Figura 2.26.



Figura 2.26 – Foto dos dispositivos usados para a aferição volumétrica das dosagens de sulfato de alumínio

2.2.2.3 Hidróxido de cálcio

O hidróxido de cálcio em uso na ETA foi produzido pela Cal Arco Íris Ltda. (última aquisição), cujo laudo é apresentado no Anexo 1. Este produto químico é utilizado na correção do pH final da água tratada, sendo aplicado no canal de água decantada, conforme apresentado na Figura 2.27. Segundo a equipe do SAEMA, raramente este produto químico é utilizado como alcalinizante para o ajuste do pH de coagulação.



Figura 2.27 – Foto do ponto de aplicação do hidróxido de cálcio (canal de água decantada)

A suspensão de hidróxido de cálcio é adquirida na forma líquida e armazenada em tanque de 20 m³, localizado ao lado da chegada de água bruta na ETA, conforme apresentado na Figura 2.28. O produto comercial líquido é bombeado diretamente ao ponto de aplicação, por bombas dosadoras (uma reserva) apresentadas na Figura 2.29.



Figura 2.28 - Foto do tanque de armazenamento de hidróxido de cálcio

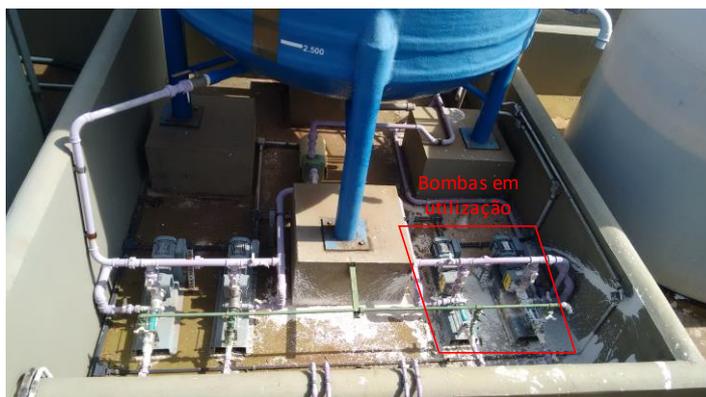


Figura 2.29 – Foto das bombas dosadoras de hidróxido de cálcio localizadas ao lado do tanque de armazenamento da suspensão

2.2.2.4 Ácido fluossilícico

O ácido fluossilícico em uso na ETA foi produzido pela Vale Fertilizantes S.A. (última aquisição), cujo laudo é apresentado no Anexo 1. Este produto químico é utilizado na fluoração da água tratada, sendo aplicado no canal geral de água filtrada, conforme apresentado na Figura 2.30.



Figura 2.30 – Foto com os pontos de aplicação e as bombas dosadoras de ácido fluossilícico

A solução de ácido fluossilícico é adquirida na forma líquida em containers de 1000 L e armazenada em tanque de 3 m³, localizado ao lado da galeria dos filtros, conforme apresentado na Figura 2.31. O produto comercial líquido é transferido para uma caixa d'água de 500 L de onde é

bombeado diretamente ao ponto de aplicação (sem diluição), por bombas dosadoras apresentadas (uma reserva) na Figura 2.30.



Figura 2.31 – Foto do tanque de armazenamento da solução de ácido fluossilícico

2.2.2.5 Ortopolifosfato de sódio

O ortopolifosfato de sódio em uso na ETA foi produzido pela indústria química Mascia Ltda. (última aquisição), cujo laudo é apresentado no Anexo 1. Este produto químico é utilizado para a proteção da rede, sendo aplicado no canal geral de água filtrada, conforme apresentado na Figura 2.32.



Figura 2.32 – Foto com os pontos de aplicação e as bombas dosadoras de ácido fluossilícico

A solução de ortopolifosfato é adquirida na forma líquida e armazenada em galões de 30 L, localizado ao lado da galeria dos filtros, conforme apresentado na Figura 2.33. O produto comercial líquido é diluído com água, atingindo a concentração final de aproximadamente 275 g/L do produto comercial líquido (segundo informações da equipe do SAEMA, a diluição é feita com 90 L do produto comercial líquido, sendo o volume do tanque de preparo completado com água até atingir 500 L; nos cálculos considerou-se a massa específica do produto comercial líquido igual a 1,53 g/cm³).



Figura 2.33 – Foto do local de armazenamento da solução comercial de ortopolifostato de sódio e tanque de armazenamento da solução diluída para dosagem

2.3 ANÁLISE DOS DADOS OPERACIONAIS

O SAEMA disponibilizou as planilhas contendo os dados operacionais da ETA de Araras no período de 01 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017. A análise desses dados é apresentada nos itens a seguir.

2.3.1 Vazão afluente à ETA

A água bruta afluente à ETA é composta pela mistura das águas brutas provenientes de três mananciais, Rio Mogi Guaçu, reservatório Hermínio Ometto e reservatório Tambury (mistura *in natura*), sendo que as vazões parciais desses mananciais estão apresentadas na Figura 2.34 (valores horários do período analisado). Na Figura 2.35 são apresentados os dados horários da vazão total afluente à ETA durante o período analisado.

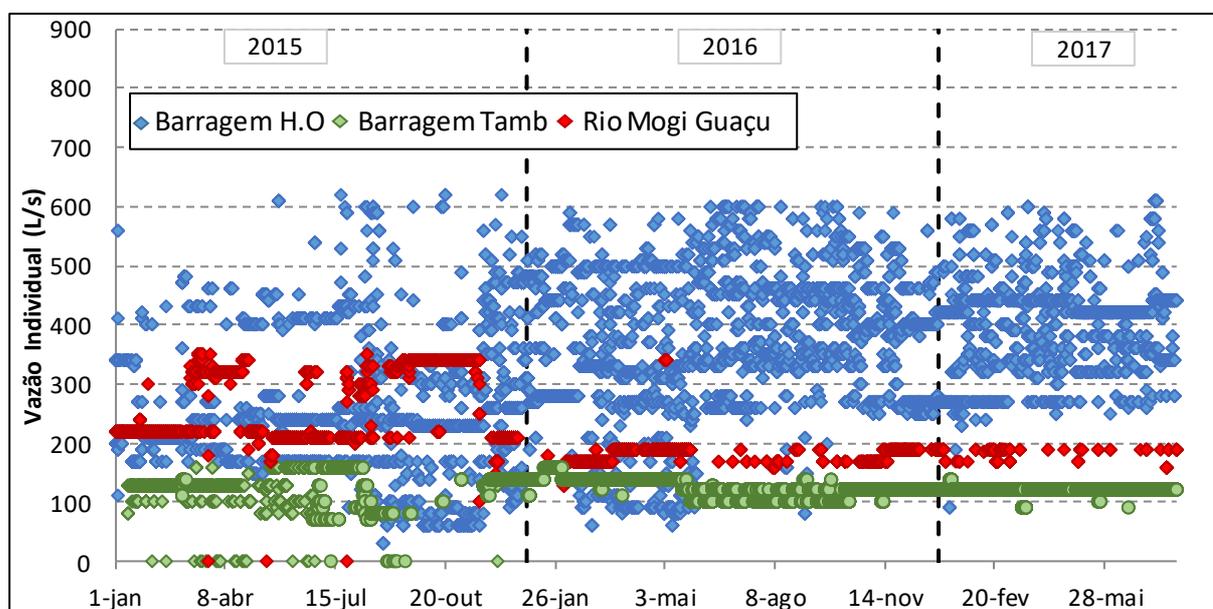


Figura 2.34 – Vazões horárias captadas dos mananciais que abastecem a ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

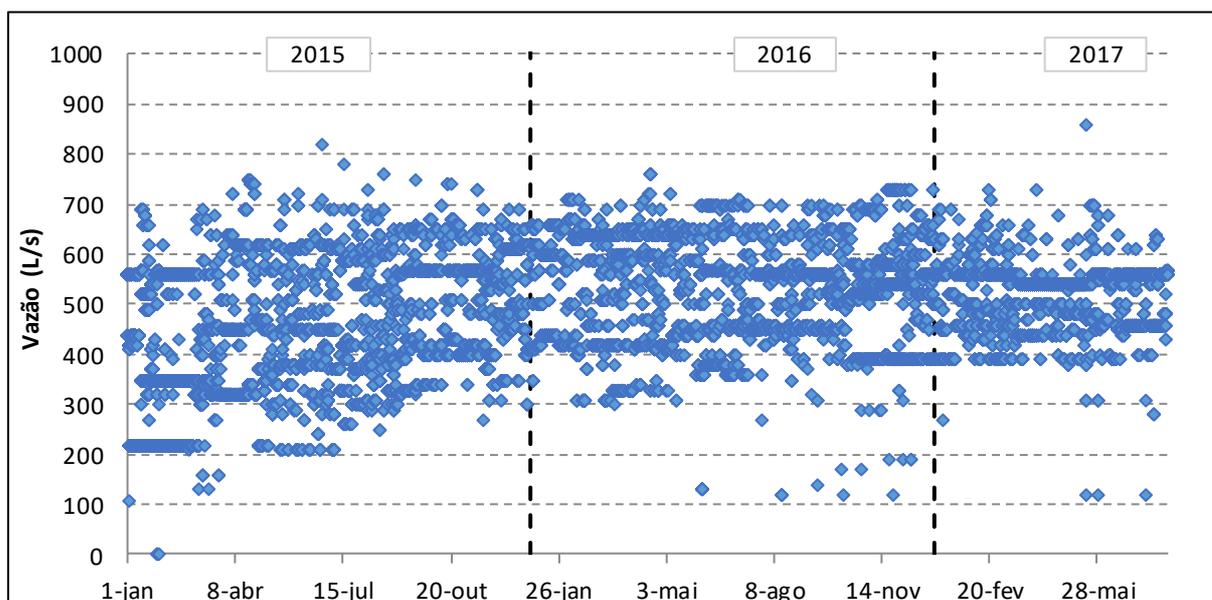


Figura 2.35 – Vazões horárias tratadas na ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

As Figuras 2.34 e 2.35 compreendem os dados de vazão de água bruta afluyente à ETA no período de 1 de janeiro de 2015 à 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que:

- As vazões mínima e máxima na ETA no período em estudo foram de 110,0 e 860,0 L/s, respectivamente;
- As vazões mínima e máxima captadas da represa Hermínio Hometto durante o período em estudo foram de 0,0 e 620,0 L/s, respectivamente;
- As vazões mínima e máxima captadas da represa Tambury durante o período em estudo foram de 0,0 e 160,0 L/s, respectivamente;
- As vazões mínima e máxima captadas do rio Mogi Guaçu durante o período em estudo foram de 0,0 e 350,0 L/s, respectivamente.

Ressalta-se que o único dispositivo para medir vazão é o vertedor Parshall que, conforme apresentado no item 2.2.1.1, encontra-se fora dos padrões. As vazões provenientes de cada manancial são estimadas em função das bombas em funcionamento.

2.3.2 Represas Hermínio Ometto e Tambuty e rio Mogi Guaçu

2.3.2.1 Turbidez da água bruta da represa Hermínio Ometto

Os valores horários de turbidez da água bruta da represa Hermínio Ometto fornecidos pela equipe do SAEMA no período analisado são apresentados na Figura 2.36.

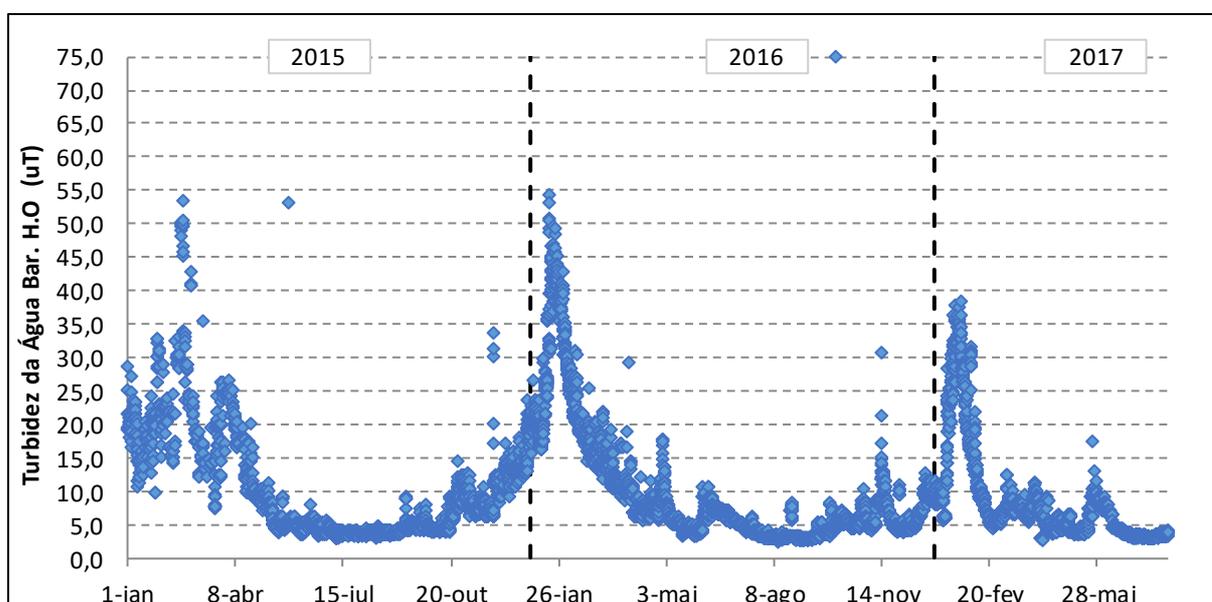


Figura 2.36 – Valores horários de turbidez da água bruta da represa Hermínio Ometto de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.36 compreende os valores de turbidez durante o período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo de turbidez da água bruta da represa Hermínio Ometto no período em estudo foram de 2,2 e 75,0 uT, respectivamente. Além disso, observa-se que os valores mais elevados de turbidez se concentraram nos períodos chuvosos (entre novembro e fevereiro), e os valores entre 5,0 e 10,0 uT no período de estiagem.

2.3.2.2 Turbidez da água bruta da represa Tambury

Os valores horários de turbidez da água bruta da represa Tambuty fornecidos pela equipe do SAEMA para o período analisado são apresentados na Figura 2.37.

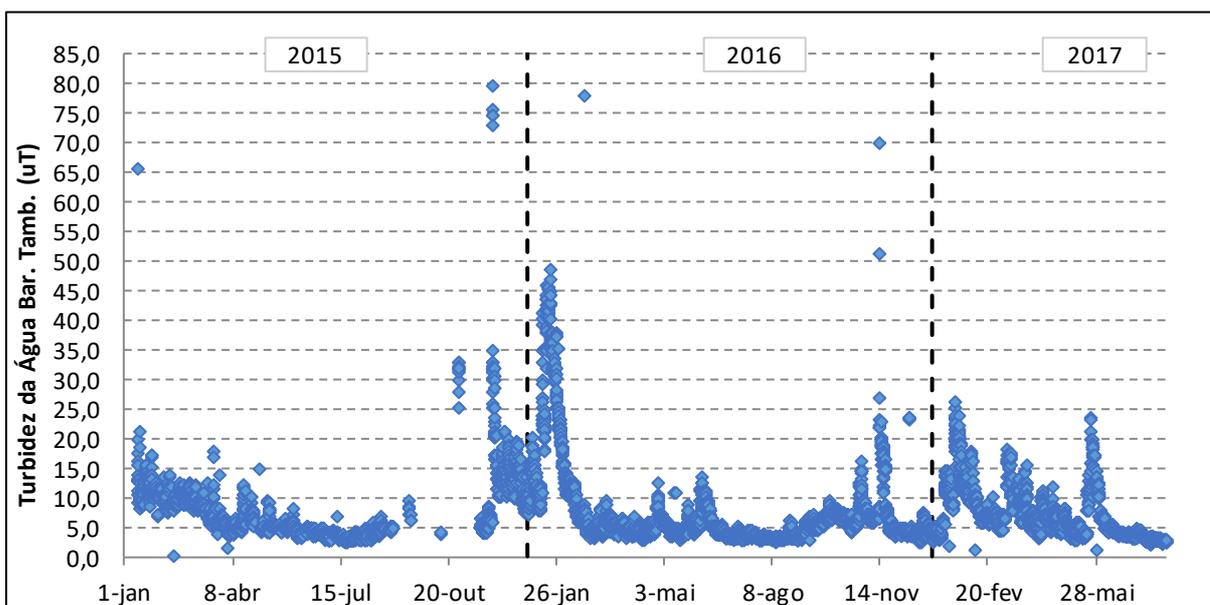


Figura 2.37 – Valores horários de turbidez da água bruta da represa Tambury de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.37 compreende os valores de turbidez durante o período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo de turbidez da água bruta da represa Tambury no período em estudo foram de 1,1 e 79,0 uT, respectivamente. Além disso, assim como observado no item anterior, os valores mais elevados de turbidez se concentraram nos períodos chuvosos (entre novembro e fevereiro) e os valores entre 5,0 e 10,0 uT no período de estiagem.

2.3.2.3 Turbidez da água bruta do rio Mogi Guaçu

Os valores horários de turbidez da água bruta do rio Mogi Guaçu fornecidos pela equipe do SAEMA no período analisado são apresentados na Figura 2.38.

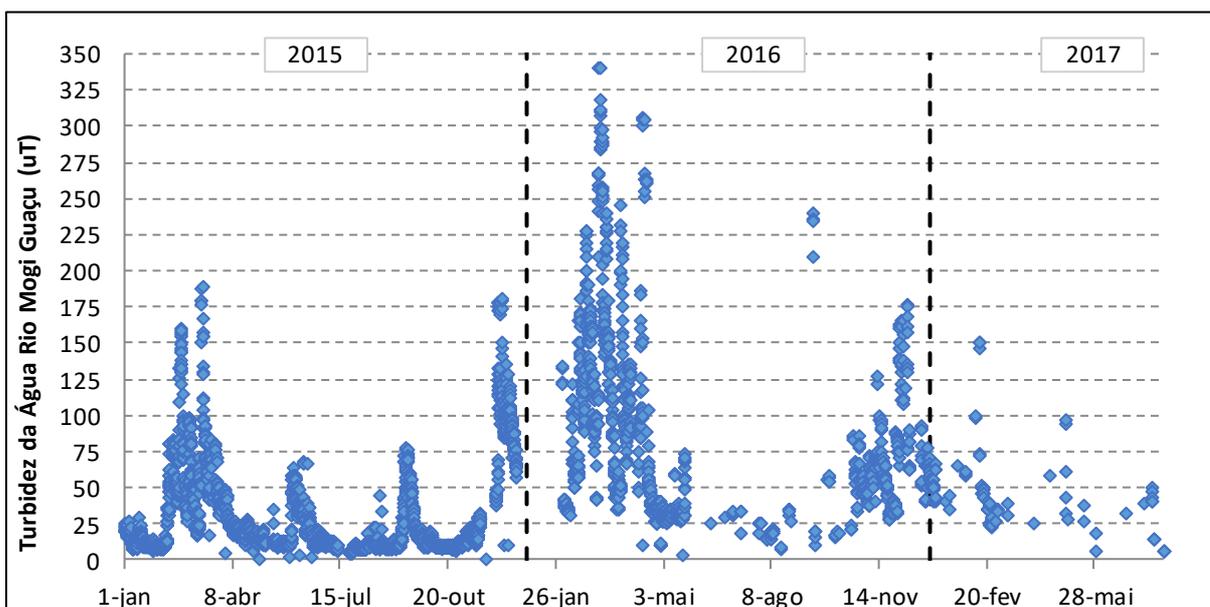


Figura 2.38 – Valores horários de turbidez da água bruta captada no rio Mogi Guaçu de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.38 compreende os valores de turbidez durante o período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo de turbidez da água bruta captada do rio Mogi Guaçu no período em estudo foram de 1,0 e 328 uT, respectivamente. Além disso, assim como observado no item anterior, os valores mais elevados de turbidez se concentram nos períodos chuvosos (entre novembro e fevereiro), e os valores entre 5,0 e 10,0 uT no período de estiagem.

2.3.2.4 Ferro

Na Figura 2.39 são apresentadas as concentrações de ferro das águas brutas dos mananciais que abastecem a ETA de Araras (valores medidos a cada 6 h) no período de janeiro de 2015 a julho de 2017.

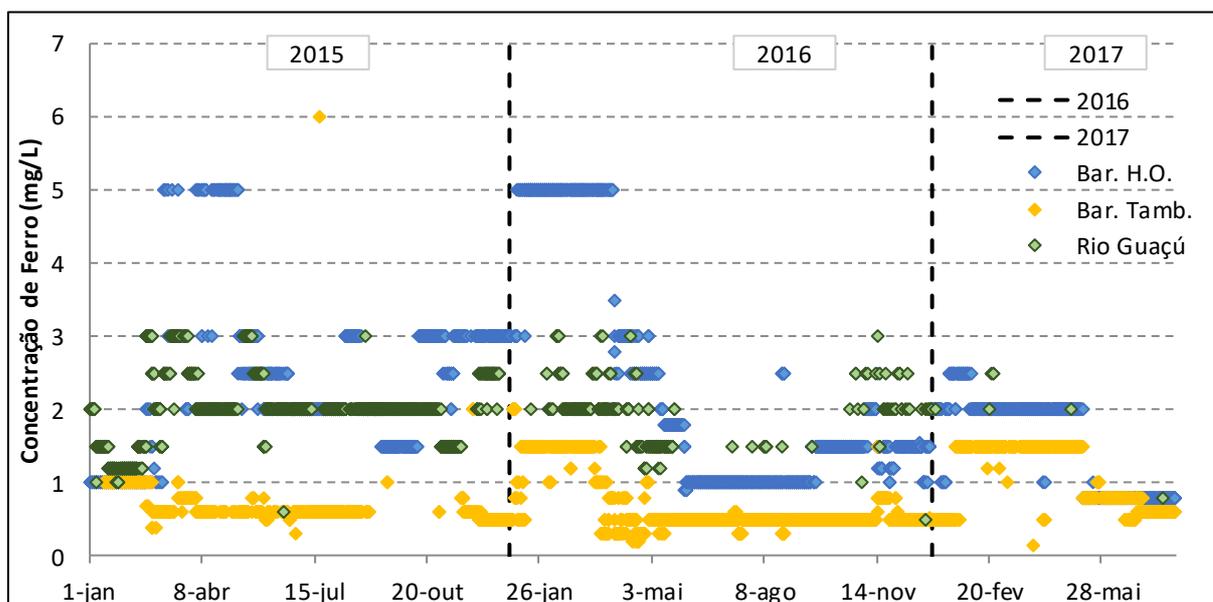


Figura 2.39 – Concentrações de ferro da água bruta dos mananciais que abastecem a ETA de Araras (valores medidos a cada 6 h) de janeiro de 2015 a julho de 2017

Com base nos dados apresentados na Figura 2.39 pode-se observar que:

- Em relação à represa Hermínio Ometto, a concentração máxima de ferro foi de 5,00 mg/L;
- Em relação à represa Tambury, a concentração máxima de ferro foi de 6,00 mg/L;
- Em relação à rio Mogi Guaçu, a concentração máxima de ferro foi de 3,00 mg/L, sendo que o limite fixado pela CONAMA 357/2005 para rios de classe 2 é de 0,3 mg/L.

O ferro é abundante na crosta terrestre, sendo encontrado em solos e em minerais, principalmente como óxido férrico insolúvel. Em geral, concentrações relativamente altas de ferro são encontradas frequentemente nos seguintes casos: i) águas superficiais contendo matéria orgânica; ii) águas subterrâneas agressivas (pH ácido, ricas em gás carbônico, sem ou com baixo teor de oxigênio dissolvido); iii) águas poluídas por resíduos líquidos e sólidos.

A presença de ferro, assim como de manganês, na água distribuída à população causa sérios inconvenientes, tais como: i) mancham roupa, roupas, utensílios sanitários, etc; ii) causam sabor desagradável; iii) interferem em processos industriais (fabricação de papel tecidos, tinturarias, cervejarias, etc), iv) podem causar depósitos e incrustações; v) favorecem o aparecimento de bactérias ferruginosas.

A matéria orgânica natural, representada principalmente pelas substâncias húmicas, associa-se facilmente com metais e óxidos formando complexos, os quais modificam as espécies metálicas em solução, geralmente reduzindo os íons metálicos livres. O ferro pode estar presente nas águas superficial e subterrânea nas formas solúvel e insolúvel, não complexado e complexado a minerais ou a compostos orgânicos. Quando se encontra na forma solúvel, complexado ou não à matéria orgânica natural, pode, no primeiro caso, ser catiônico ou aniônico, conforme ilustrado na Figura 2.40. Assim, deve-se conhecer as concentrações de ferro na água a ser tratada, tanto de amostra natural quanto digerida para poder prever a necessidade ou não do uso da pré-oxidação.

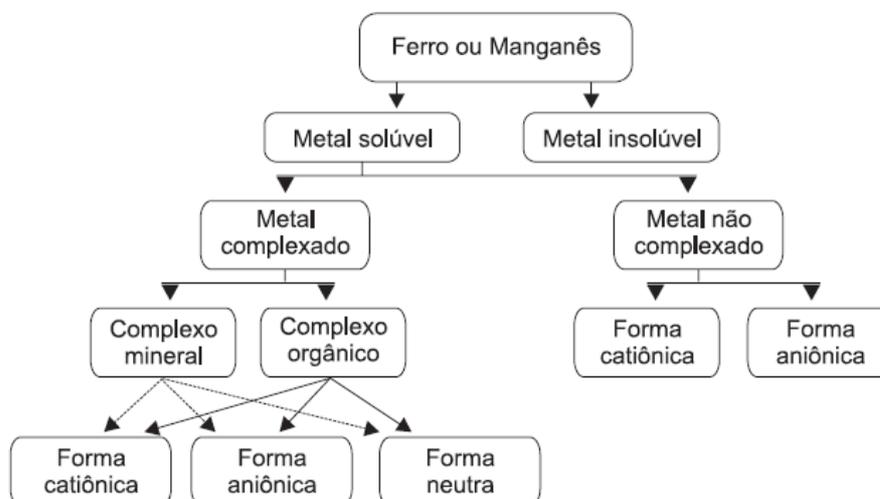


Figura 2.40 – Ocorrência de ferro e manganês nas águas superficial e subterrânea (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2005)

Antes da escolha de um processo qualquer de remoção, é fundamental que sejam feitas medições de ferro de amostras de água digeridas e não digeridas para se ter uma ideia da complexação desses metais com matéria orgânica.

2.3.3 Água bruta afluyente à ETA (mistura *in natura*)

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos dados operacionais referentes à água bruta afluyente à ETA (mistura *in natura*), obtidas a partir das planilhas disponibilizadas pelo SAEMA referentes ao período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017.

2.3.3.1 pH

Os valores horários de pH da água bruta afluyente à ETA fornecidos pela equipe do SAEMA para o período analisado são apresentados na Figura 2.41.

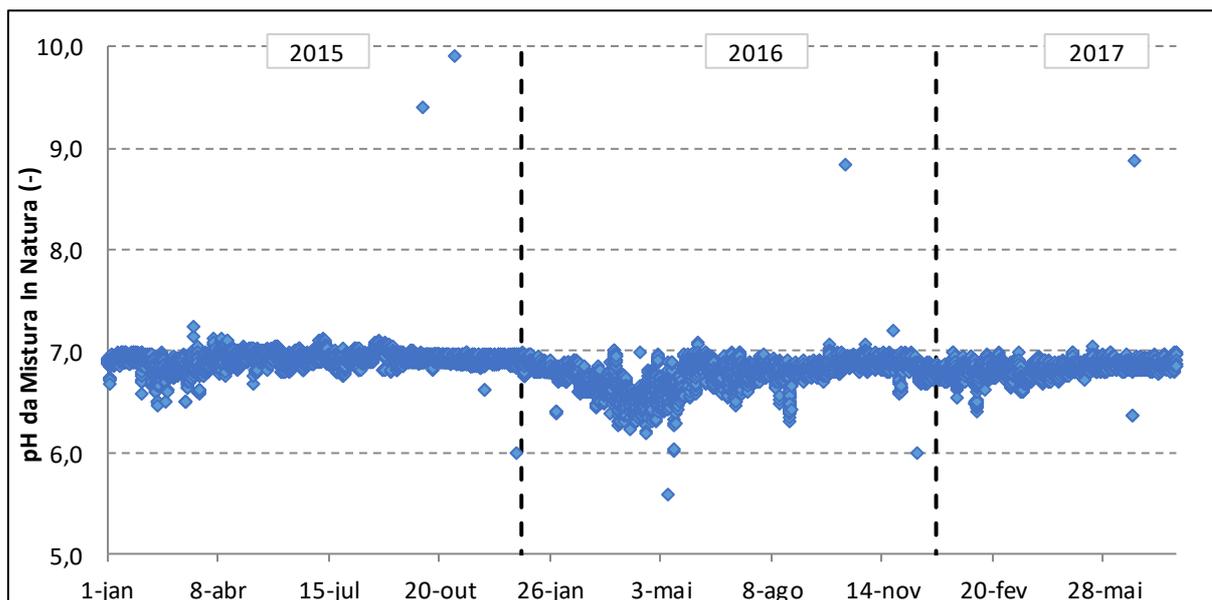


Figura 2.41 – Valores horários de pH da água bruta afluyente à ETA de Araras (mistura *in natura*) de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.41 compreende os valores de pH da água bruta afluyente à ETA medidos durante o período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo de pH medidos no período em estudo foram de 5,87 e 9,91, respectivamente. Em mais de 95 % do tempo analisado, os valores de pH ficaram em torno de 7,0.

Os altos valores de pH observados para a água bruta, acima de 8 (apenas 4 pontos), podem ser explicados pela presença de alguns gêneros de algas que podem causar a elevação do pH da água. Porém, pelo fato da água bruta ser resultado da mistura da água de 3 mananciais, é mais provável que esses valores sejam devido à erros de medição.

2.3.3.2 Turbidez

Os valores horários de turbidez da água bruta afluyente à ETA fornecidos pela equipe do SAEMA no período de janeiro de 2015 a julho de 2017 são apresentados na Figura 2.42.

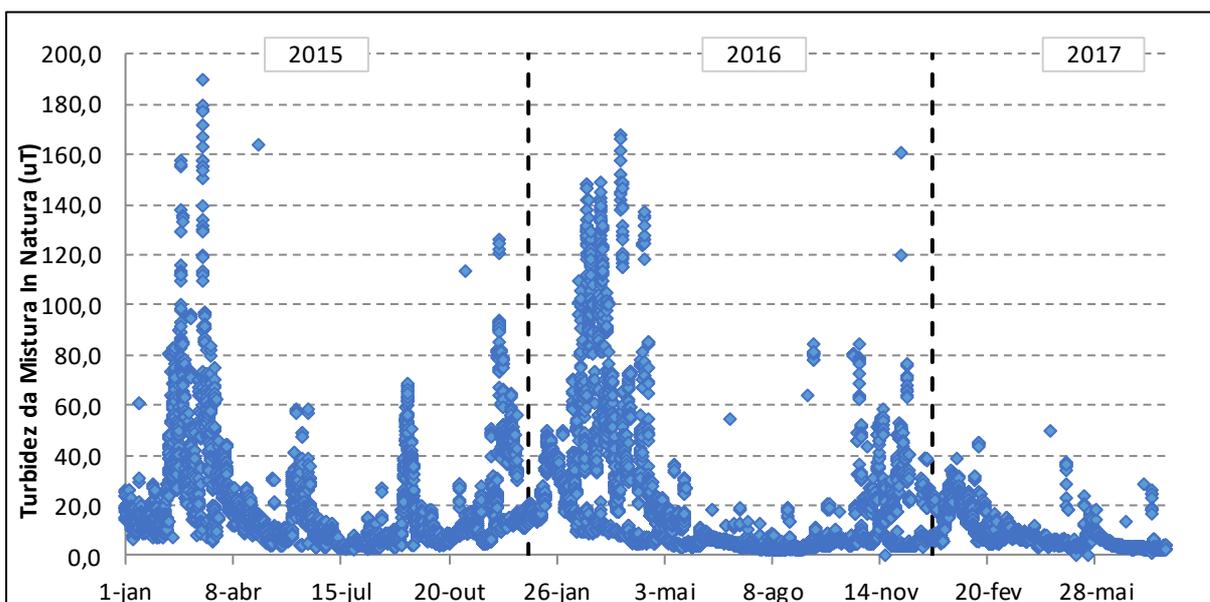


Figura 2.42 – Valores horários de turbidez da água bruta afluyente à ETA de Araras (mistura *in natura*) de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.42 compreende os valores de turbidez da água bruta aferidos no período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo medidos foram de 1,0 e 212 uT, respectivamente. Além disso, assim como observado nos itens 2.3.2.1 a 2.3.2.3, os valores mais elevados de turbidez se concentraram nos períodos chuvosos (entre novembro e fevereiro), e os valores entre 5,0 e 10,0 uT no período de estiagem.

Ressalta-se que a principal contribuição para os picos de turbidez é do rio Mogi Guaçu, uma vez que os maiores valores de turbidez observados nas represas foram de 75 e 79 uT (Hermínio Ometto e Tambury, respectivamente).

Nas Figuras 2.43 a 2.46 são apresentados os quatro maiores picos observados no período analisado. Observa-se que a duração dos picos é variável, chegando a mais de 24 h, porém para estas condições (Figura 2.43 e 2.46), os valores médios de turbidez foram de 85,9 e 125,7 uT, respectivamente.

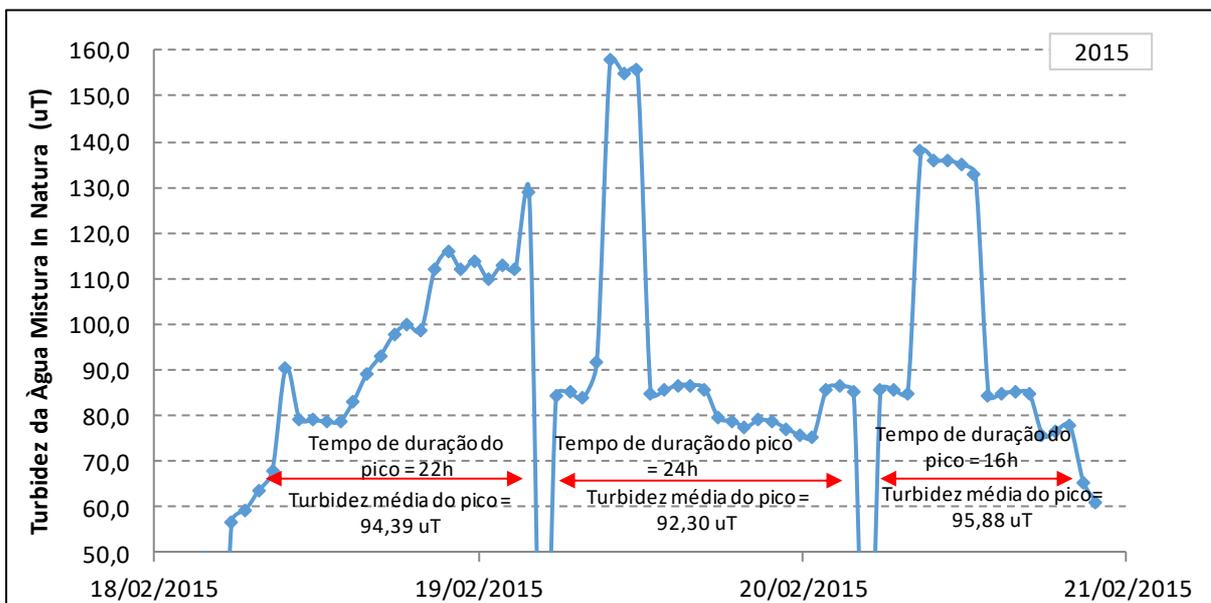


Figura 2.43 – Pico de turbidez da água bruta afluyente à ETA em fevereiro de 2015

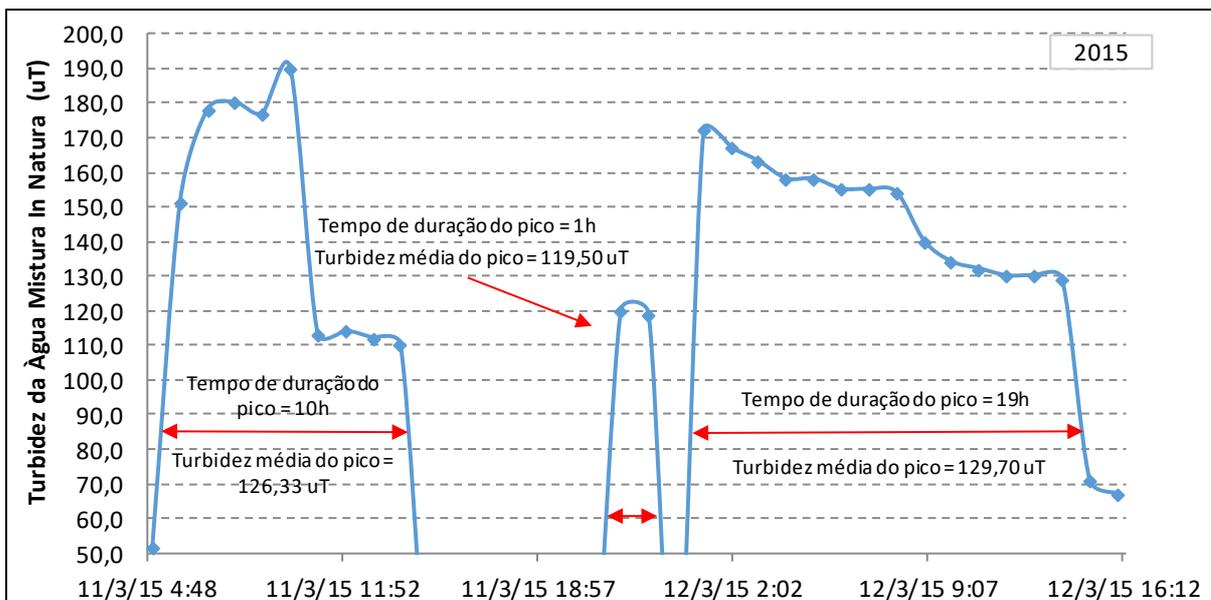


Figura 2.44 – Pico de turbidez da água bruta afluyente à ETA em março de 2015

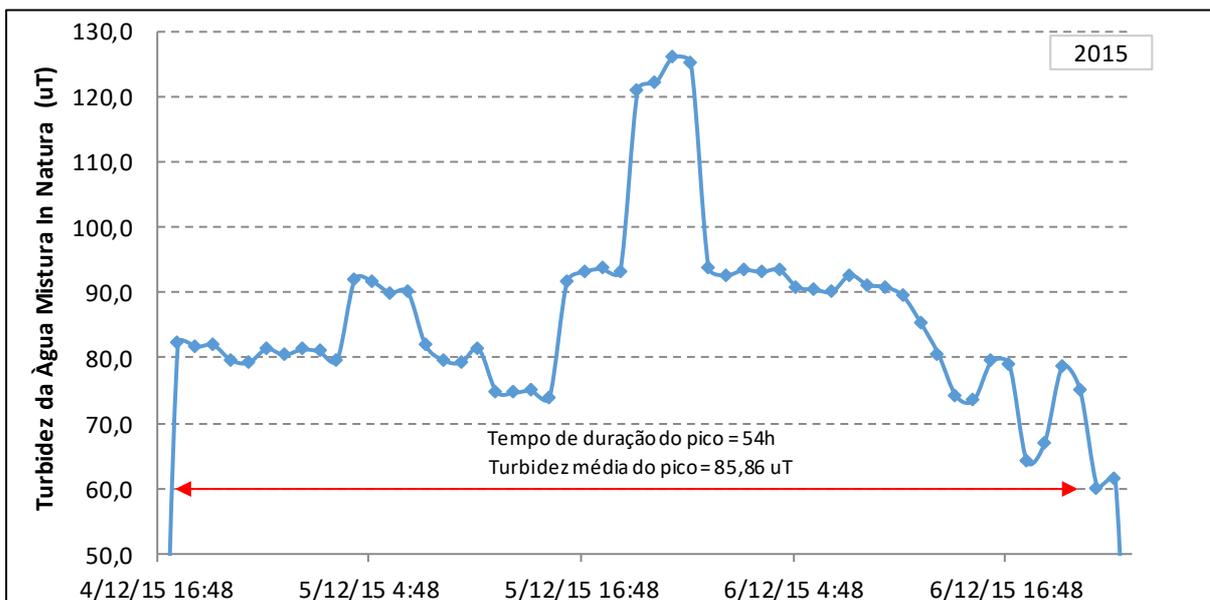


Figura 2.45 – Pico de turbidez da água bruta afluyente à ETA em dezembro de 2015

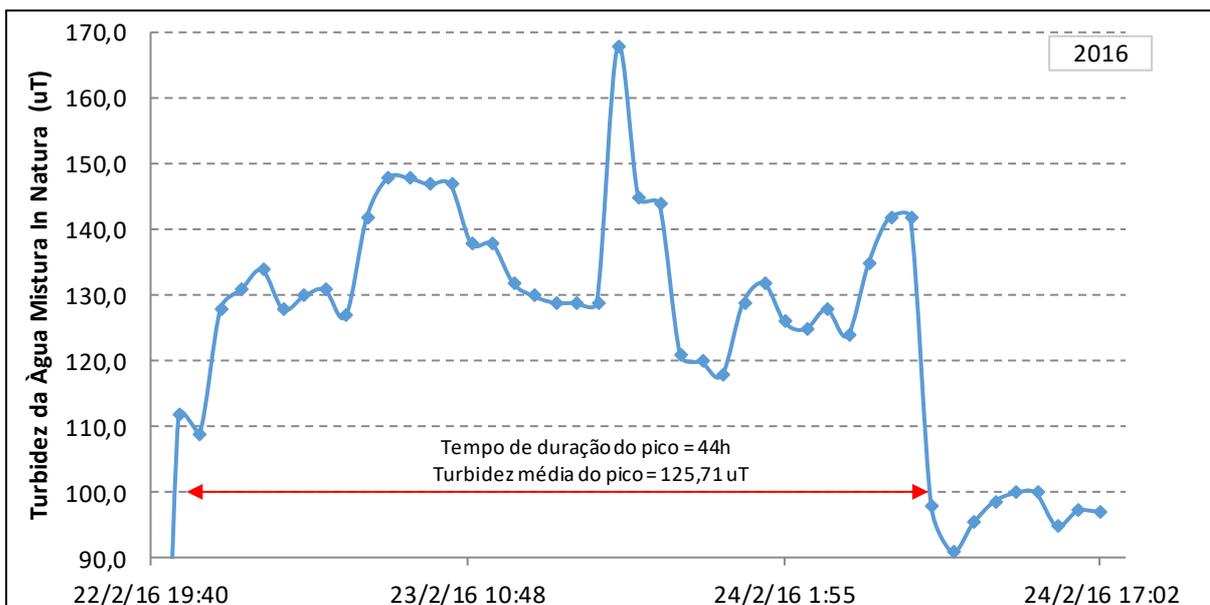


Figura 2.46 – Pico de turbidez da água bruta afluyente à ETA em fevereiro de 2016

2.3.4 Água coagulada

2.3.4.1 pH

Os valores horários de pH da água coagulada fornecidos pela equipe do SAEMA para o período analisado são apresentados na Figura 2.47.

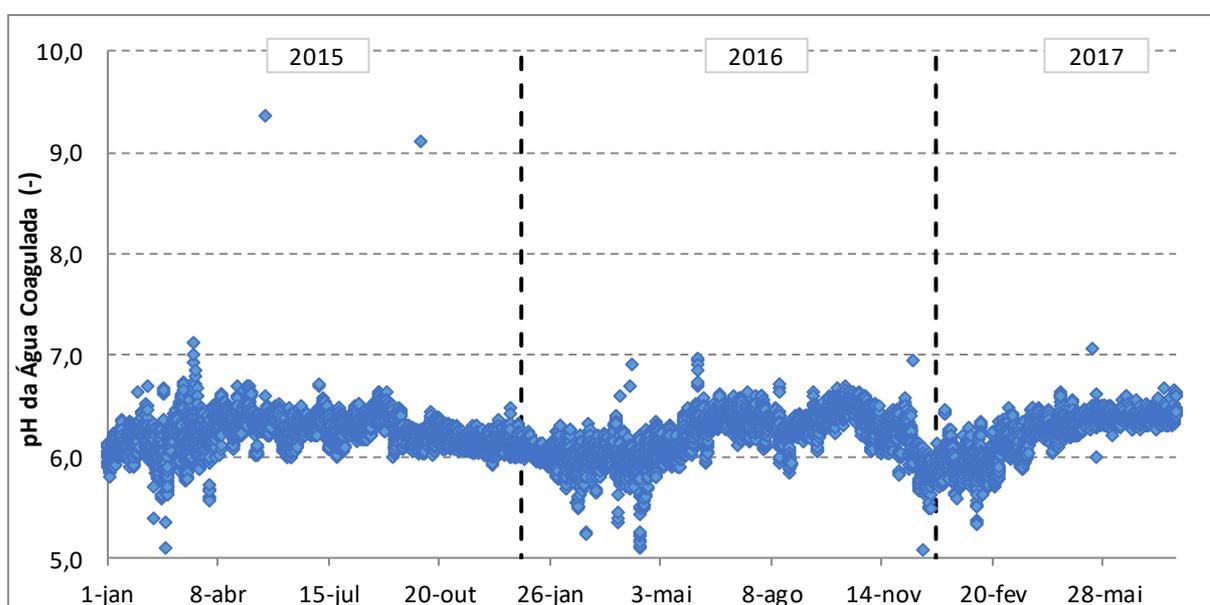


Figura 2.47 – Valores horários de pH da água coagulada da ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.47 compreende os valores de pH da água coagulada aferidos no período de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo medidos foram de 5,07 e 9,36, respectivamente. Em mais de 80 % do tempo analisado, os valores de pH ficaram entre 6,0 e 6,5.

Ressalta-se que a coagulação na varredura com sulfato de alumínio em valores de pH de coagulação superiores a 8 requerem dosagens elevadas de coagulante para que haja a precipitação do sal (coagulação no mecanismo da varredura), sendo que os valores de pH de coagulação acima de 8 observados, provavelmente são devido à erro na medição.

2.3.5 Água decantada

2.3.5.1 Turbidez

Os valores horários de turbidez da água decantada fornecidos pela equipe do SAEMA no período analisado são apresentados na Figura 2.48.

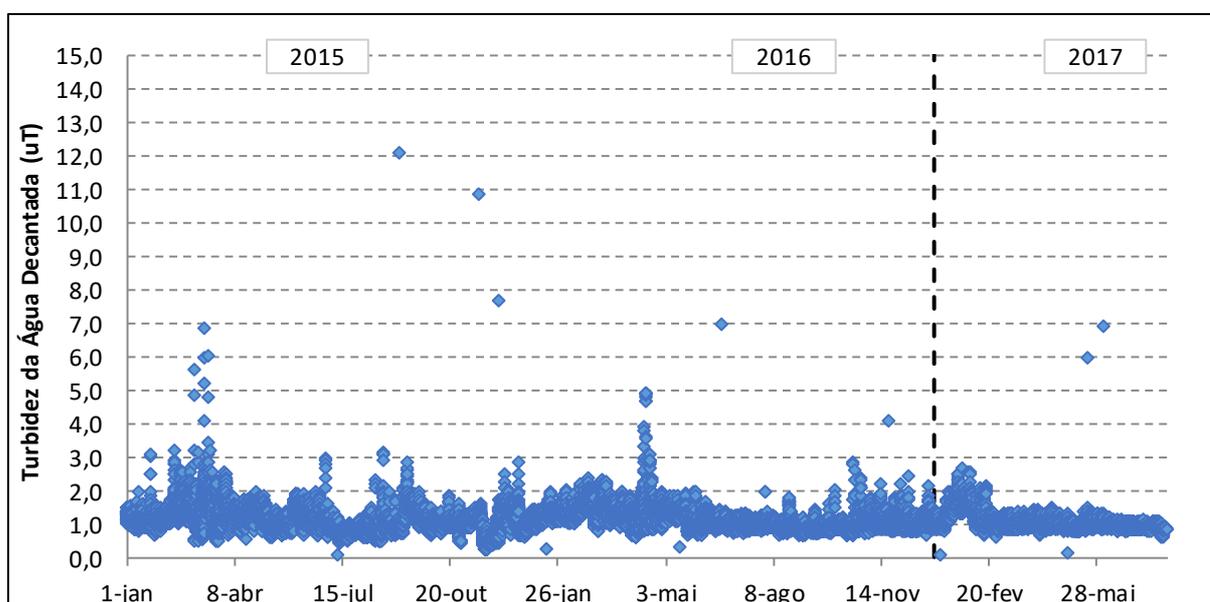


Figura 2.48 – Valores horários de turbidez da água decantada geral da ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

A Figura 2.48 compreende os valores de turbidez da água decantada no período de 1 de janeiro de 2015 à 31 de julho de 2017, onde pode-se observar que os valores mínimo e máximo medidos foram de 0,2 e 12,5 uT, respectivamente. Mais de 99 % dos valores aferidos ficaram abaixo de 5,0 uT, valores considerados satisfatórios para água decantada, indicando bom funcionamento desta unidade para todas as vazões de operação da ETA.

Ressalta-se que os valores de turbidez acima de 5 uT acompanham os picos de turbidez da água bruta, evidenciando a necessidade de ajuste da condição de coagulação (dosagem de coagulante x pH de coagulação) para águas com valores elevados de turbidez.

2.3.6 Água tratada

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos dados operacionais referentes à água tratada da ETA, extraídos das planilhas disponibilizadas pelo SAEMA de 1 de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2017.

2.3.6.1 pH

Os valores horários de pH da água tratada fornecidos pela equipe do SAEMA para o período analisado são apresentados na Figura 2.49.

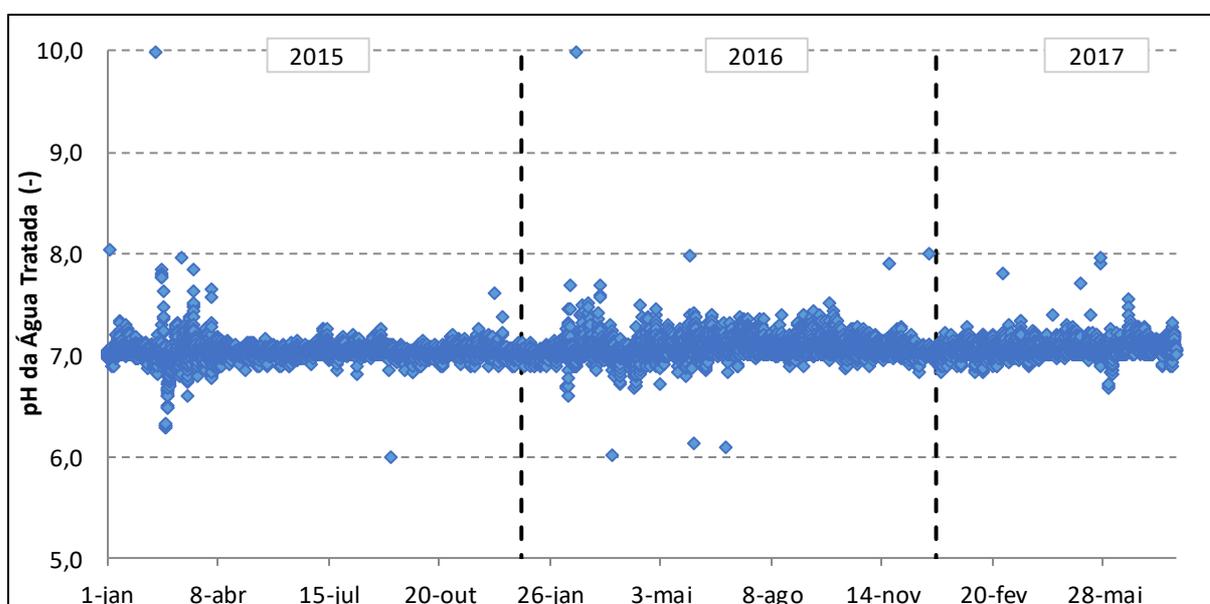


Figura 2.49– Valores horários de pH da água tratada da ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

Percebe-se na Figura 2.49 que os valores mínimo e máximo medidos durante o período em estudo foram de 6,00 e 9,99, respectivamente. Na maior parte do período analisado, o pH ficou em torno de 7,0.

2.3.6.2 Turbidez

Os valores horários de turbidez da água tratada fornecidos pela equipe do SAEMA no período de janeiro de 2015 a julho de 2017 são apresentados na Figura 2.50.

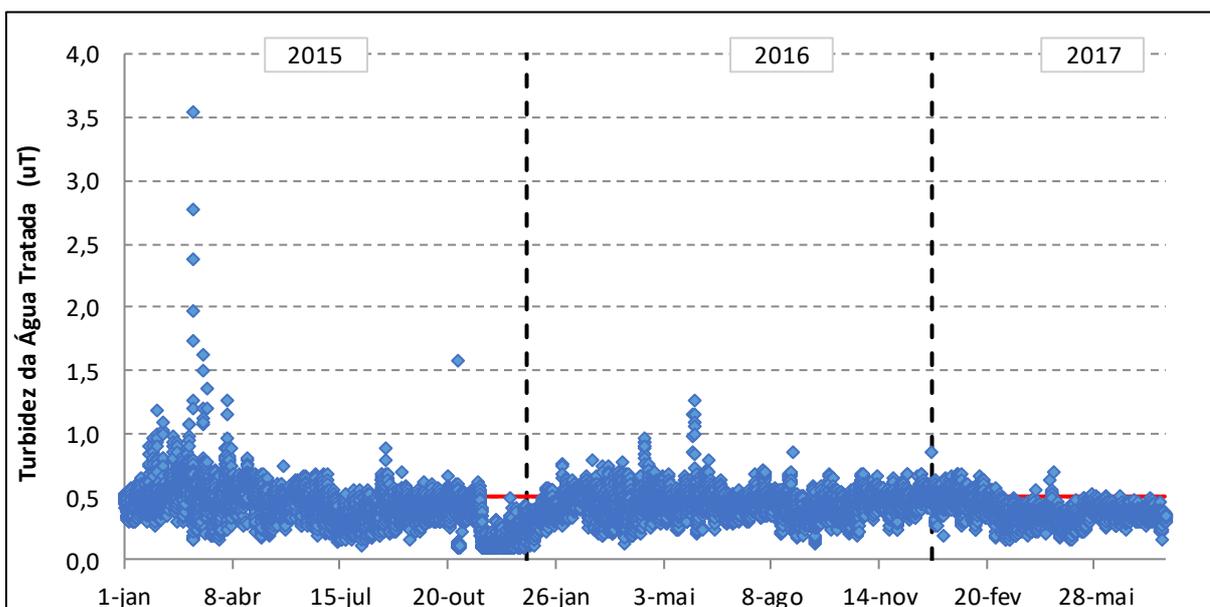


Figura 2.50– Valores horários de turbidez da água tratada da ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

Na Figura 2.50, observa-se que os valores mínimo e máximo no período em estudo foram de 0,2 e 3,8 uT, respectivamente. A Portaria 2914/2011 estabelece que os valores de turbidez da água filtrada em filtro rápido descendente devem ser inferiores a 0,5 uT em 95 % do tempo e não devem ultrapassar 1,0 uT, sendo que este controle deve ser realizado preferencialmente individualmente em cada filtro. Ressalta-se que, de acordo com informações da equipe do SAEMA, atualmente não existe o controle da qualidade das águas filtradas individual e geral. Em relação à água tratada, em 73 % do período analisado, os valores de turbidez ficaram abaixo de 0,5 uT, sendo que maiores valores observados acompanham os picos de turbidez apresentados na análise da água decantada.

2.3.6.3 Cor aparente

Os valores horários de cor aparente da água tratada fornecidos pela equipe do SAEMA para o período analisado são apresentados na Figura 2.51.

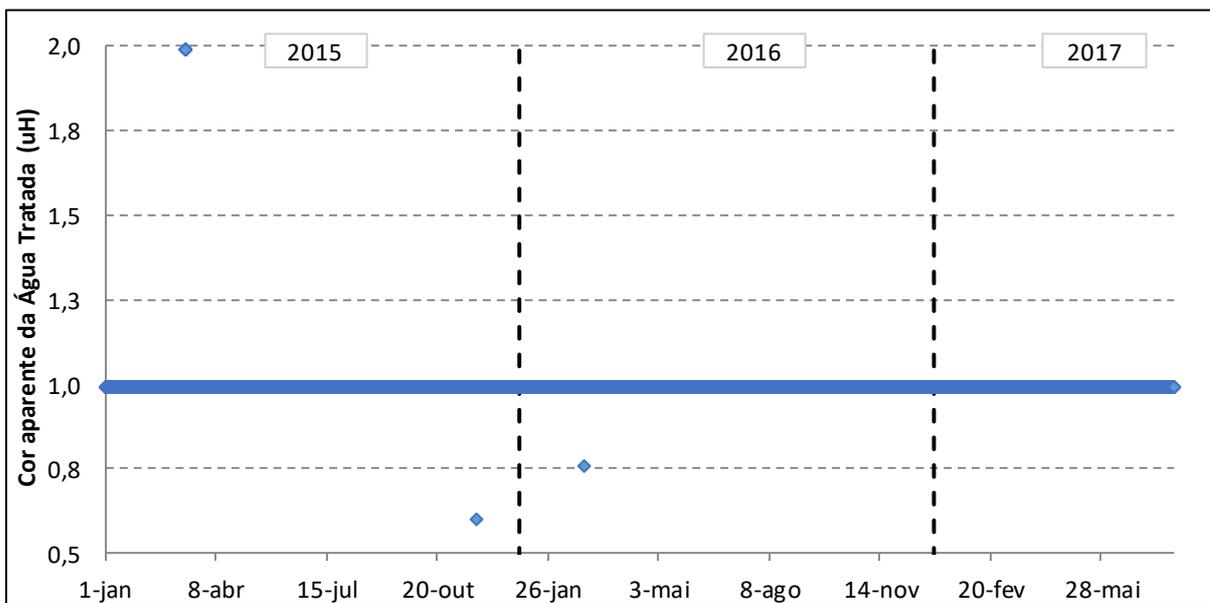


Figura 2.51– Valores horários de cor aparente da água tratada da ETA de Araras de janeiro de 2015 a julho de 2017

Os valores de cor aparente da água tratada no período de 1 de janeiro de 2015 à 31 de julho de 2017 variaram entre 0,6 e 2,0 uH. A Portaria 2914/2011 estabelece que os valores de cor aparente da água tratada devem ser inferiores a 15 uH.

2.3.6.4 Ferro

A Figura 2.52 mostra as concentrações de ferro na água tratada, com frequência de amostragem de 6 em 6 h no período de estudo.

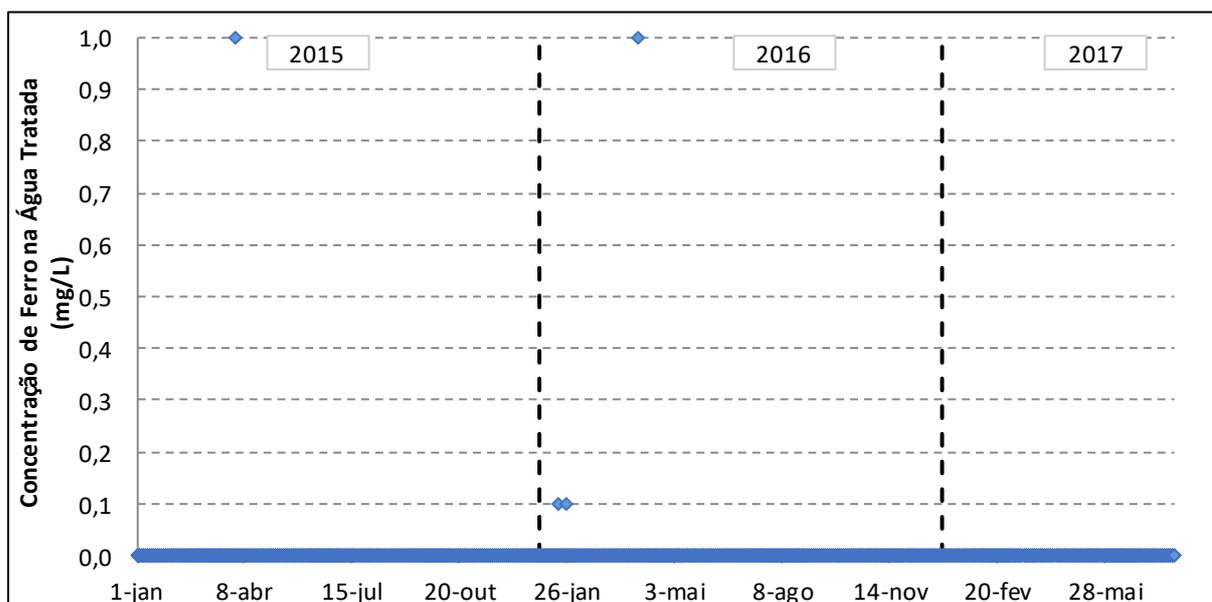


Figura 2.52 – Concentrações de ferro da água tratada da ETA de Araras (valores medidos a cada 6 h)

A Figura 2.52 compreende as concentrações de ferro na água tratada aferidas no período de 1 de janeiro de 2015 à 31 de julho de 2017, onde verifica-se que a concentração máxima de ferro foi de 1,00 mg/L. A Portaria 2914/2011 estabelece que as concentrações de ferro devem ser inferiores a 0,30 mg/L, sendo que apenas 2 do total das amostras aferidas ficaram acima deste limite.

3 ENSAIOS NA ETA

Para o diagnóstico hidráulico e de processo, durante os dias 18 e 21 de setembro de 2017, a equipe da HIDROSAN executou ensaios e inspecionou as unidades da ETA. Foram realizados ensaios hidrodinâmicos, de avaliação dos filtros e de bancada. Os ensaios feitos estão descritos nos itens a seguir. Os resultados obtidos nos ensaios serão apresentados futuramente no relatório da Etapa 2 deste projeto, que conterá o diagnóstico da situação atual da ETA.

3.1 ENSAIOS HIDRODINÂMICOS

O conhecimento das características do escoamento nas unidades de tratamento é de grande importância para elaboração de projetos e para avaliação e proposição de melhorias em unidades já existentes.

Frequentemente, tem-se observado o mau funcionamento de ETAs devido a problemas hidráulicos nas unidades, relacionados principalmente à divisão de vazão entre os diferentes módulos de tratamento, curtos circuitos hidráulicos, zonas mortas e características inadequadas do meio filtrante.

Foram executados dois ensaios hidrodinâmicos:

- Ensaios de traçadores na forma contínua;
- Ensaios de traçadores na forma de pulso.

3.1.1 Ensaios de traçadores na forma contínua

Grande parte de técnicas e metodologias para avaliação das unidades de tratamento da ETA decorre da aplicação de traçadores na água, que consistem em produtos químicos não reativos adicionados a água, para o monitoramento da sua concentração ao longo do tratamento com o intuito em avaliar a distribuição de vazão entre as unidades da ETA.

O produto químico utilizado nos ensaios feitos na ETA de Araras foi o cloreto de sódio (sal de cozinha), sendo sua concentração na água medida indiretamente pela condutividade elétrica de amostras coletadas ao longo das unidades da ETA.

O ensaio consistiu no preparo de 480 L de solução de cloreto de sódio com concentração de 200,0 g/L. A solução foi bombeada continuamente (através de bomba dosadora com vazão de 300 m³/h) na calha Parshall, após as aplicações de sulfato de alumínio e de hipoclorito de sódio e foram coletadas amostras de água em tempos pré-determinados nas entradas e saídas das unidades de floculação.

Após o término do ensaio (duração de 39 min), foram medidas a condutividade das amostras visando determinar, através do balanço de massas, a vazão de água afluyente à ETA e às unidades de floculação. Na Figura 3.1 são apresentadas fotos do ensaio.



Figura 3.1 – Foto do ensaio de traçador na forma contínua – coleta de amostras nas entradas das unidades de floculação

3.1.2 Ensaios de traçadores na forma de pulso

O ensaio de traçadores na forma de pulso possui a mesma finalidade do ensaio com traçadores na forma contínua, porém, sua abrangência é maior em relação às unidades avaliadas, uma vez que as altas concentrações iniciais de sal conseguem atingir os decantadores, sendo passíveis de análise.

O ensaio de traçadores na forma de pulso consistiu na produção de uma solução de cloreto de sódio de concentração 200 g/L e volume 170 L, dosada de uma vez após as aplicações de hipoclorito de sódio e de sulfato de alumínio, como mostra a Figura 3.2 e, de forma análoga ao ensaio de

traçadores na forma contínua, foram coletadas amostras na entrada e saída dos floculadores em tempos pré-determinados, além de serem coletadas amostras nas saídas dos decantadores.

Após o término do ensaio (duração de 4 h), foram feitas medidas de condutividade elétrica das amostras visando determinar, através do balanço de massas, a vazão de cada unidade, os tempos médios de detenção nas unidades de floculação e de decantação, porcentagens de fluxo pistão e mistura completa, e a porcentagem de zonas mortas em cada unidade.



Figura 3.2 – Fotos do ensaio com traçadores na forma de pulso

3.2 AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO

Os ensaios realizados nas unidades de filtração tiveram como objetivo avaliar as condições do meio filtrante, transpasse e eficiência da lavagem. Os ensaios realizados foram:

- Lavagem do filtro;
- Granulometria do meio filtrante e existência bolas de lodo;

- Batimetria do topo do meio filtrante;
- Avaliação da turbidez da água filtrada após a lavagem;
- Perda de carga no meio filtrante limpo.

3.2.1 Lavagem dos filtros

Os ensaios de lavagem dos filtros foram realizados nos filtros 3, 5 e 6 pela equipe da HIDROSAN, com o auxílio da equipe do SAEMA, seguindo a rotina de lavagem utilizada na ETA.

Cada ensaio consistiu na coleta de amostras da água de lavagem dos filtros em tempos pré-determinados (de 20 em 20 s) até o final da lavagem com água (que variou de filtro para filtro), sendo que foram lidos os valores de turbidez das amostras coletadas.

Além da medição da turbidez, foi medida a expansão do meio filtrante durante a lavagem com água. Na Figura 3.3 são apresentadas fotos dos ensaios.



Figura 3.3 – Fotos dos ensaios de avaliação da lavagem e de expansão do meio filtrante

3.2.2 Avaliação da turbidez da água filtrada após a lavagem

A avaliação da produção de água filtrada no reinício da operação, após a lavagem, foi feita nos filtros 1, 4 e 6, mediante a análise da turbidez das amostras de água filtrada coletadas em intervalos pré-estabelecidos até cerca de 3 h após o reinício de operação. Na Figura 3.4 são apresentadas fotos dos ensaios.



Figura 3.4 – Fotos dos ensaios de transpasse realizados nos filtros 1, 4 e 6 da ETA de Araras

Na Figura 3.5 é mostrado, de forma esquemática, o que pode ocorrer no início da filtração (AMIRTHARAJAH et al., 1980; AMIRTHARAJAH, 1985). A existência de picos de turbidez na água filtrada é explicada por esses pesquisadores, pela existência de: a) água de lavagem remanescente em estado limpo, situada abaixo do meio filtrante e tubulações de saída; b) água de lavagem remanescente, no interior do meio filtrante e camada suporte; c) água de lavagem remanescente situada acima do topo do meio filtrante. De acordo com os pesquisadores, as características dessas águas são distintas e dependem da eficiência da lavagem.

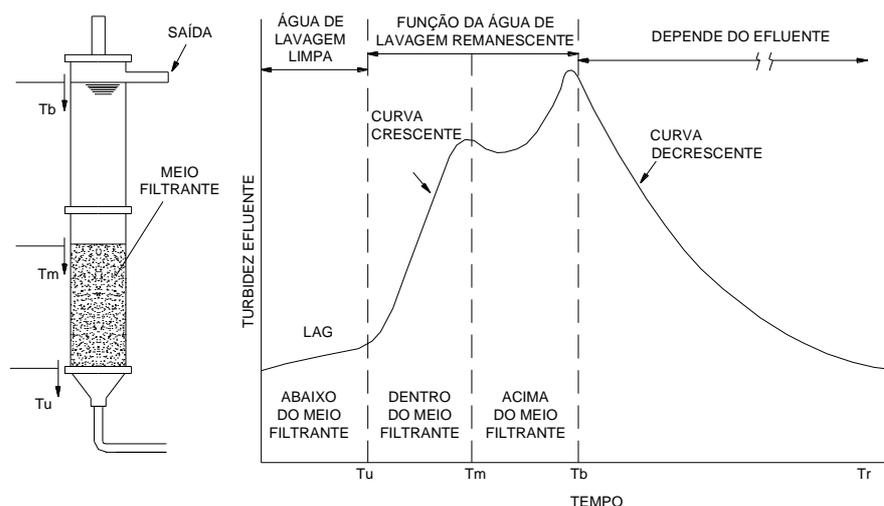


Figura 3.5 – Etapa Inicial da Filtração Rápida

Fonte: Adaptado de AMIRTHARAJAH et al., 1980; AMIRTHARAJAH, 1985

A primeira etapa da filtração (amadurecimento) é caracterizada pela água que inicialmente sai do filtro, ou seja, aquelas frações remanescentes decorrentes da lavagem. No primeiro estágio, a primeira fração, com qualidade satisfatória, sai do filtro até o tempo T_u . Em seguida, inicia-se um período de degradação da qualidade do efluente até a ocorrência do primeiro pico de turbidez (característica de controle) até o tempo T_m que é o tempo de deslocamento da segunda fração de água remanescente da lavagem (dependendo da eficiência da lavagem, esse pico pode não ocorrer). No período de tempo entre T_m e T_b , está sendo filtrada a terceira fração remanescente, que é a de pior qualidade, pois contém partículas que não foram removidas durante a lavagem, aparecendo um pico de turbidez mais elevado. Finalmente, é observada melhoria contínua da qualidade do efluente até que seja iniciada a etapa intermediária.

3.2.3 Granulometria do meio filtrante e existência de bolas de lodo

O ensaio de granulometria e existência de bolas de lodo foi realizado no filtro 3 após a sua drenagem. Foram coletadas amostras do meio filtrante ao longo de toda sua profundidade com o auxílio do trado. Posteriormente, a amostra foi lavada, seca e então peneirada. Após essa etapa, as massas retidas em cada uma das peneiras foram pesadas para montar a curva granulométrica do meio filtrante. Na Figura 3.6 são apresentadas fotos do ensaio.



Figura 3.6 – Fotos dos ensaios de granulometria do meio filtrante e bolas de lodo

Ressalta-se que não foi possível a realização deste ensaio nos filtros 5 e 6 (que possuem fundo de crepinas e blocos tipo S, respectivamente), pois as saídas dos drenos estavam concretadas (essas saídas provavelmente foram tampadas durante a reforma desses filtros), o que impediu a drenagem desses filtros.

3.2.4 Batimetria do topo do meio filtrante

O ensaio de batimetria do topo do meio filtrante tem a finalidade de avaliar a perda e/ou o acúmulo de material filtrante devido a uma possível deficiência na lavagem, configuração inadequada da camada suporte ou ruptura de constituintes do sistema de drenagem, e em alguns casos, a má distribuição de água e ar durante a lavagem.

O ensaio foi realizado no filtro 5 e consistiu em realizar medidas da profundidade do topo do meio filtrante em relação a um referencial (passarela) em diferentes regiões do filtro, como mostra a Figura 3.7, distribuídas uniformemente ao longo do filtro de forma a recobrir grande ou a maioria da área do meio filtrante.

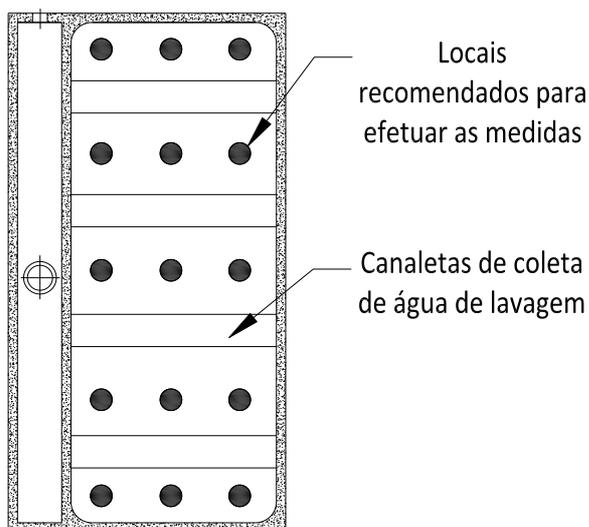


Figura 3.7 – Esquema com os pontos de medição recomendados para o ensaio de batimetria

3.2.5 Perda de carga no meio filtrante limpo

O ensaio de levantamento da perda de carga no meio filtrante limpo teve como finalidade avaliar a perda de carga total nos diferentes filtros da ETA de Araras (fundo do filtro de crepinas, blocos tipo S e bocais), incluindo a perda de carga no meio filtrante limpo, a perda de carga na camada suporte, a perda de carga no sistema de drenagem, tubulações e acessórios.

Para este ensaio, foi necessária a utilização de uma escala graduada que foi fixada na parte superior dos filtros ensaiados (3, 5 e 6), como mostra a Figura 3.8. Após a lavagem do filtro, o mesmo foi cheio, seguido da abertura da válvula localizada na tubulação de drenagem, iniciando-se o registo do nível de água no filtro em tempos pré-estabelecidos. Ressalta-se que nos filtros 5 e 6 não foi possível a utilização dos drenos, pois estes estavam concretados, sendo que o ensaio nesses filtros foi realizado com a abertura da válvula localizada na tubulação de água filtrada.



Figura 3.8 – Fotos dos ensaios de avaliação da perda de carga no meio filtrante limpo

3.3 ENSAIOS DE BANCADA

Os ensaios de bancada foram realizados durante os dias 19 a 21 de setembro de 2017 no laboratório da ETA e são descritos nos itens a seguir. Os resultados obtidos serão apresentados futuramente no relatório da Etapa 2 deste projeto, que conterá o diagnóstico da situação atual da ETA.

3.3.1 Materiais e equipamentos

Os ensaios foram executados em equipamento de reatores estáticos de bancada (jarteste) e em coletor especial (reprodução das condições de sedimentação da ETA). O equipamento jarteste utilizado é da marca NOVA ÉTICA, com seis jarros com capacidade de 2 L cada, provido de eixos com paletas e rotações de variação programável entre 20 e 600 rpm. Foi utilizado um kit de filtros de laboratório de areia (FLA) composto por 6 filtros de acrílico preenchidos com 15 cm de areia e suporte para acoplamento no jarteste (areia tipo I, com grãos entre 0,30 e 0,59 mm e tamanho efetivo de 0,42 mm) e filtro de papel Whatman 40.

Na Tabela 3.1 são apresentados os equipamentos e os métodos analíticos dos principais parâmetros analisados nos ensaios de tratabilidade realizados pela equipe da HIDROSAN.

Tabela 3.1 – Principais parâmetros físico-químicos, equipamentos, unidades, métodos de medição e limites de detecção

Parâmetro	Unidade	Equipamento**	Método	Limite de quantificação (LQM)
Alumínio	mg Al/L	Espectrofotômetro Spectroquant® Prove 600 - marca Merck	Espectrofotométrico (*)	0,001
Cor Aparente	uH	Fotocolorimetro Aquacolor Cor RGB- Policontrol	Espectrofotométrico (*)	0,1
Ferro	mg Fe/L	Espectrofotômetro Spectroquant® Prove 600 - marca Merck	Espectrofotométrico (*)	0,01
Manganês	mg Mn/L	Espectrofotômetro Spectroquant® Prove 600 - marca Merck	Espectrofotométrico (*)	0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ /L	Espectrofotômetro Spectroquant® Prove 600 - marca Merck	Espectrofotométrico (*)	0,001
pH	Adimensional	pHmetro portátil pH100 - Policontrol	Potenciométrico (*)	0 - 14
Turbidez	uT	Turbidímetro AP 2000 W – Policontrol Aquacolor	Neftelométrico (*)	0,1

* Segundo APHA (2005) – *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*;

** Equipamentos pertencentes a HIDROSAN usados em campo durante visita à ETA de Araras

Nos ensaios de tratabilidade foram utilizados os produtos químicos listados a seguir, atualmente em uso na ETA:

- Sulfato de Alumínio: amostra do produto comercial líquido TQ-SUL IFL, comercializado pela empresa TQA Ind. e Comércio Ltda., com massa específica de 1,338 g/cm³, 8,9 % de Al₂O₃ e 0,007 % de Fe₂O₃;
- Hidróxido de cálcio em suspensão: amostra do produto comercial líquido produzido pela Cal Arco Íris, com 20,93% de hidróxido de cálcio e massa específica de 1,143 g/cm³.

Foram também usados polímeros sintéticos, cujas soluções foram preparadas com amostras enviadas pela NALCO/ECOLAB:

- Polímero sintético não iônico NALCLEAR® 8181: amostra do produto comercial em emulsão, produzido pela NALCO/ECOLAB Company, com peso molecular elevado;
- Polímero sintético catiônico CORE SHELL™ 71305: amostra do produto comercial em emulsão, produzido pela NALCO/ECOLAB Company, com peso molecular elevado.

Os laudos dos produtos químicos utilizados encontram-se no Anexo 1.

3.3.2 Caracterização da água ao longo do tratamento

No período de 18 a 21 de setembro de 2017, foram coletadas amostras de água ao longo das etapas de tratamento a fim de caracterizá-las, para verificação da eficiência de cada etapa do tratamento. As análises foram feitas *in loco* pela equipe da HIDROSAN e nos laboratórios BIOTACE e de Saneamento da USP de São Carlos.

Nestas análises, buscou-se averiguar parâmetros como pH, turbidez, cor aparente, concentração de metais, carbono orgânico total (COT), *E. coli* e microbiologia.

3.3.3 Ensaio de reprodução das condições de funcionamento da ETA

Foram efetuados ensaios em jarreste para o levantamento dos parâmetros de floculação (gradiente de velocidade médio e tempo de mistura) que reproduzem a unidade de floculação da ETA.

Estes ensaios foram realizados *in loco* durante visita à ETA, utilizando metodologia desenvolvida pelo prof. Luiz Di Bernardo, apresentada no livro ENSAIOS DE TRATABILIDADE DE ÁGUA E DOS RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

Ressalta-se que os parâmetros de reprodução obtidos são válidos para as condições de operação da ETA nos dias dos ensaios. Com a alteração da qualidade da água bruta e/ou vazão, os parâmetros de reprodução da ETA em jarreste podem resultar diferentes.

A reprodução das condições de floculação em jarreste levou em consideração dois parâmetros: o gradiente de velocidade médio da floculação (G_f), o qual está relacionado com a intensidade da agitação; e o tempo médio de agitação ou tempo médio de floculação (T_f).

Os ensaios para reprodução da floculação foram realizados em duas etapas:

- 1ª etapa: Sedimentação da água coagulada e floculada na ETA: foram efetuados ensaios de sedimentação da água coagulada e floculada utilizando o coletor especial. O coletor especial se assemelha a um jarro de jarteste, modificado para efetuar coletas de amostras de água floculada em profundidade;
- 2ª etapa: Floculação e sedimentação em jarteste: foram realizados ensaios de floculação e sedimentação em jarteste, com a água já coagulada na ETA. Foram testados diferentes valores de T_f .

3.3.3.1 Sedimentação da água coagulada e floculada na ETA

Coletou-se água coagulada e floculada na ETA com auxílio do coletor especial (Figura 3.9). Este coletor possui as mesmas dimensões internas de um jarro de jarteste, com ponto de coleta de água decantada na mesma localização. Em seguida, com o coletor apoiado no chão, coletaram-se amostras de água decantada nos tempos referentes às velocidades de sedimentação escolhidas ($V_{s1} = 7,0$ cm/min, $V_{s2} = 3,33$ cm/min, $V_{s3} = 2,11$ cm/min, $V_{s4} = 1,5$ cm/min e $V_{s5} = 1,13$ cm/min). Mediu-se então a turbidez de todas as amostras coletadas.



Figura 3.9 – Coletor especial de água floculada em profundidade

Os ensaios foram realizados em réplica com amostras de água floculada, coletadas nas saídas das 4 unidades de floculação da ETA.

3.3.3.2 Floculação e sedimentação em jarteste

Foram estudadas diversas combinações de gradiente de velocidade médio (Gf) e tempo de floculação (Tf). Foi utilizada água já coagulada na ETA para a realização dos ensaios.

As condições utilizadas nos ensaios foram:

- Floculação: $Gf = 10 \text{ s}^{-1}$; Tf = 12, 14, 16, 18, 20 e 22 min;
- Sedimentação: $V_{S1} = 7,0 \text{ cm/min}$, $V_{S2} = 3,33 \text{ cm/min}$, $V_{S3} = 2,11 \text{ cm/min}$, $V_{S4} = 1,5 \text{ cm/min}$ e $V_{S5} = 1,13 \text{ cm/min}$;
- Parâmetros analisados:
 - Água decantada: turbidez.

3.3.4 Definição do período de estiagem e de chuva

De acordo com os dados de qualidade da água bruta afluyente à ETA de Araras nos anos de 2015 a 2017, apresentados no item 2.3.3.2, foi selecionado o parâmetro turbidez para definição das águas referentes aos períodos estiagem e chuva. A turbidez é um dos parâmetros limitantes para o funcionamento adequado de uma ETA de ciclo completo. Para isso, foram definidos os seguintes valores de turbidez para os diferentes períodos:

- Período de estiagem: água bruta com turbidez até 10 uT;
- Período de chuvas: água bruta com turbidez em torno de 200 uT.

Durante a visita da equipe da HIDROSAN, nos dias 18 a 21 de setembro de 2017, as características da água bruta afluyente à ETA eram representativas do período de estiagem. Dessa forma, para os ensaios com água de período de chuvas, foi necessário o preparo de amostra representativa a partir da mistura da água bruta com o sedimento das margens do rio Mogi Guaçu no local da captação (Figura 3.10).



Figura 3.10 – Foto do local de coleta de sedimentos das margens do rio Mogi Guaçu para realização dos ensaios representativos do período de chuva

3.3.5 Ensaio com a água representativa de período de chuva

Foram realizadas as seguintes séries de ensaios com água representativa do período de chuvas:

- Série I – Ensaio para determinação das condições de coagulação com sulfato de alumínio;
- Série II – Ensaio para avaliação do uso de polímero sintético como auxiliar de floculação.

Conforme citado anteriormente, para a investigação sobre a tratabilidade da água do período de chuva, foi necessário o preparo de amostra de água bruta representativa deste, visto que durante a permanência da equipe HIDROSAN na ETA, a água bruta afluente à ETA manteve-se com turbidez baixa. Para o preparo, foram feitos os seguintes procedimentos

- Foi coletada água bruta na chegada de água bruta à ETA (para esta coleta, foi necessária a paralisação temporária da aplicação de sulfato de alumínio); e coleta de sedimento nas margens do rio Mogi Guaçu, próximo à captação de água bruta;
- Preparou-se uma amostra de água com turbidez elevada (> 1000 uT), a partir da mistura do solo da bacia (após peneiramento) e da água bruta coletada;
- A suspensão homogeneizada foi deixada em repouso por cerca de 2 h;

- Utilizou-se o sobrenadante da amostra com turbidez elevada para aumentar a turbidez da água bruta até à obtenção de 200 uT.

Foi feita a caracterização física e química da água bruta preparada, representativa do período de chuvas, pelo laboratório de Saneamento da USP de São Carlos.

3.3.5.1 Série I - Ensaio de determinação das condições de coagulação com sulfato de alumínio

Para a determinação das condições de coagulação com sulfato de alumínio com água representativa do período de chuvas, foram realizados 2 ensaios de coagulação, floculação e sedimentação. As condições utilizadas no primeiro ensaio foram:

- Coagulante: sulfato de alumínio (dosagens variadas);
- Mistura rápida: $T_{mr} = 10$ s; $G_{mr} = 1000$ s⁻¹;
- Floculação: $T_f = 16$ min; $G_f = 30$ s⁻¹;
- Sedimentação: $V_{s1} = 5,25$ cm/min e $V_{s2} = 2,66$ cm/min; $V_{s3} = 1,81$ cm/min;
- Parâmetros de controle:
 - Água coagulada: pH de coagulação;
 - Água decantada: turbidez e cor aparente.

No segundo ensaio, mantiveram-se as condições do ensaio I, e foram adicionadas dosagens variadas de hidróxido de cálcio, produto este utilizado na própria ETA para ajuste final de pH. Este ensaio teve como objetivo avaliar a qualidade da água decantada com a alteração do pH de coagulação após adição de alcalinizante (hidróxido de cálcio).

3.3.5.2 Série II – Ensaios de ciclo completo para avaliação do uso de polímero sintético como auxiliar de floculação

O uso dos polímeros sintéticos como auxiliares de floculação traz benefícios diretos: melhora da qualidade da água decantada, redução da dosagem do coagulante primário e maior resistência dos flocos formados às forças de cisalhamento. Nos ensaios desta série, foram escolhidos alguns pontos da série anterior (dosagem de coagulante x pH de coagulação) e avaliada a qualidade das águas decantadas e da água filtrada com o uso de polímeros sintéticos como auxiliares de floculação.

As condições utilizadas nos ensaios foram:

- Coagulante: Sulfato de alumínio (dosagens de 40,0 e 50,0 mg/L);
- Alcalinizante: Hidróxido de sódio (sem aplicação e com adição de 40,0 e 50,0 mg/L);
- Polímeros sintéticos não iônico (aplicação no início da floculação): NALCLEAR 8181 (dosagens variadas);
- Mistura de polímero: $T_{mp} = 10 \text{ s}$; $G_{mp} = 1000 \text{ s}^{-1}$;
- Floculação: $T_f = 16 \text{ min}$; $G_f = 30 \text{ s}^{-1}$;
- Sedimentação: $V_{s1} = 5,25 \text{ cm/min}$ e $V_{s2} = 2,66 \text{ cm/min}$; $V_{s3} = 1,81 \text{ cm/min}$;
- Parâmetros de controle:
 - Água coagulada: pH de coagulação;
 - Água decantada: turbidez e cor aparente;
 - Água filtrada: turbidez, cor aparente e concentração de metais (Fe, Al e Mn).

3.3.6 Ensaio de clarificação de água de lavagem dos filtros

Atualmente, é praticada a recirculação parcial da água de lavagem dos filtros ao início da ETA. Para avaliar o impacto desta recirculação na qualidade da água bruta, a equipe HIDROSAN fez ensaios de clarificação da água de lavagem dos filtros.

Foram realizadas coletas de amostras ao longo da lavagem dos filtros 3 e 6 para a realização destes ensaios (Figura 3.11).



Figura 3.11 – Fotos da coleta de amostras de água de lavagem do filtro 3

Foram feitas medidas de turbidez, cor aparente e concentração de metais (Al, Fe e Mg) nas amostras compostas antes e após a clarificação com polímeros.

As condições utilizadas nos ensaios foram:

- Polímeros catiônico 71305, fabricante NALCO (dosagens variadas);
- Mistura polímero: $T_{mp} = 30$ s; $G_{mp} = 300$ s^{-1} ;
- Sedimentação: $V_{s1} = 5,25$ cm/min e $V_{s2} = 2,66$ cm/min; $V_{s3} = 1,81$ cm/min;
- Parâmetros de controle:
 - Água clarificada: turbidez, cor aparente e concentração de metais (Al, Fe e Mn).

A Figura 3.12 mostra o ensaio de clarificação realizado em jarteste para a água composta de lavagem do filtro 6.



Figura 3.12 – Foto do ensaio de clarificação da água composta de lavagem do filtro 6

4 ATIVIDADES FUTURAS

Com base no conteúdo apresentado na Etapa 1, a HIDROSAN irá apresentar os resultados dos ensaios descritos neste relatório e o diagnóstico da ETA (Etapa 2).

Após a entrega do produto da Etapa 2, serão apresentadas as propostas de melhorias técnico-operacionais para a ETA, juntamente com os relatórios da avaliação estrutural e da inspeção das instalações elétricas que já estão em andamento (Etapa 3).

O cronograma de entrega das demais etapas é apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Cronograma de entrega das demais etapas do projeto

Etapa	Situação
Etapa 1: levantamento dos dados, realização dos ensaios e pesquisa de campo	Concluída
Etapa 2: Estudo, avaliação e apresentação do diagnóstico	Entrega prevista para 16/11/2017
Etapa 3: Apresentação das propostas de melhorias para a ETA	Entrega prevista para 16/12/2017

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIRTHARAJAH, A., WETSTEIN, D. P. Initial degradation of effluent quality during filtration JAWWA, v. 72, n. 9, p: 518, Sept. 1980, USA.

AMIRTHARAJAH, A. The interface between filtration and backwashing Water Resources Researches V. 19, n. 5, p: 581 – 588, May 1985, USA.

ARESPCJ, Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Relatório de Fiscalização Técnica dos Sistemas de Água e Esgoto do município de Araras. Relatório R1 - Diagnóstico, 2014. Disponível em <http://www.arespcj.com.br/arquivos/23965_RELATORIO_DE_FISCALIZA%C3%87%C3%83O_-_ARARAS_-_FINAL_-_internet.pdf>. Acessado em: set.2017

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acessado em: set. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 357, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: set. 2017.

DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2017.

DI BERNARDO, L, DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2011, v.1.



HIDROSAN, Arquivo. Fotos de visitas técnicas efetuadas ao sistema produtor de água de Araras, efetuadas no ano 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAS. Plano de metas e diretrizes para enfrentamento da crise hídrica no município de Araras/SP, 2015. Disponível em <http://araras.sp.gov.br/im/files/pagina_planos_metas.pdf>. Acessado em: set.2017.

SAEMA. Arquivos. 1975.



ANEXO 1

Laudo dos produtos químicos

CERTIFICADO DE
ANÁLISE

Revisão: 00

N.º páginas: 1
de 1

CNPJ 03.137.264/0001-20

INSCR. EST. 282.057.030/118

Paulínia, 26 de SETEMBRO de 2017.

Cliente: SAAE
Local de Entrega: ARARAS-SP
Produto: Ácido Fluorsilícico
Fabricante: Vale Fertilizantes S.A.
Lote: 060000408011

Validade: 15/09/2018

Data de Fabricação: 15/09/2017

Teste	Resultado
Aspecto (Líquido corrosivo, odor pungente, isento de materiais em suspensão).	Solução límpida.
Cor	Amarelo-pálido
Concentração de H_2SiF_6 Min. 22,00%	25,53%
Concentração de HF Max. 1,0%	0,26%
Metais pesados expresso em Pb Max. 0,02%	0 %
Densidade Min. 1,180%	1,208% g/ml

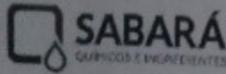
Odaír Mendes Junior
CRQ 04477535 – IV Região S.P.

Laudo emitido eletronicamente dispensa assinatura

D=1,2
[Assinatura]

RUA JOAQUIM ARICÓ, 468 – BETEL. – TELEFAX (19) 3844-4017 – CEP 13.148-153 – PAULÍNIA – SP

Responsável pela elaboração: Odaír Mendes Junior	Aprovado por: Marcelo Ramos Franqueira	Data de Aprovação: 18 / 08 / 2015
---	--	--------------------------------------



WATER TECHNOLOGIES

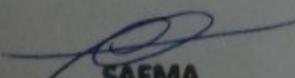


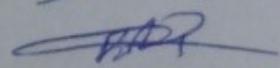
CERTIFICADO DE QUALIDADE

"A Sabará garante a qualidade do produto até o seu destino, desde que resguardadas as condições de acondicionamento e transporte típicas para o produto."

Data: 05/10/2017
Número do certificado: 051017000358
Cliente: SERVIÇO DE AGUA, ESGOTO E MEIO AMBIENTE DO ML Nota Fiscal: 000096627
Produto: HIPOCLORITO DE SÓDIO Quantidade (kg): 6000,00
Lote: 50J0417/092 Fabricação: 05/10/2017
Vencimento: 30 dias após a fabricação, nas condições citadas em "Observações".
Lacres: 9047,9048,9049,9050,9071,9053,9054,9081,9059,9058.

ITEM	UNID	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO
APARÊNCIA	-	Líquido limpo amarelado sem partícula suspensa	Líquido limpo amarelado sem partícula suspensa
TEOR DE CLORO ATIVO	%	Mín. 12,0	13,03
TEOR DE HIPOCLORITO DE SÓDIO (NaClO)	%	Mín. 12,0	13,68
ALCALINIDADE HIDRÓXIDA (NaOH)	g/L	Mín. 6	7,36
DENSIDADE	g/mL	Mín. 1,200	1,200
pH	-	Mín. 12 e Máx. 14	13,68


SAEMA
Nilman Krebsky
CRQ 04263220

D = 12


Observações:

A estabilidade deste produto depende de uma série de fatores, tais como: Temperatura entre 25°C à 30°C, local de estocagem que deve ser coberto, fresco, bem ventilado, protegido da luz solar e longe de materiais incompatíveis. A influência da luz do sol provoca a sua decomposição, com a liberação de Oxigênio, o que irá pressurizar a embalagem, deformando-a, causando possíveis vazamentos.
O Hipoclorito de sódio pode ser estocado em tanques, contêineres ou em bombonas. A taxa média de retrogradação é de 0,2% a 0,3% por dia de Cloro Ativo, obedecendo às condições mínimas na embalagem, transporte e estocagem. (FONTE: Manual de Hipoclorito de Sódio - ABICLOR)

Responsável Técnico: Robert Rogério Romão - CRQ 4º Região 04466810.

Certificado válido sem assinatura (impresso eletronicamente)

A SABARÁ AFIRMA SEU COMPROMISSO COM A QUALIDADE - O PRODIR JÁ É REALIDADE

LAUDO DE ANÁLISE

Para: SAEMA – Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente do Município de Araras - SP

PRODUTO: MASCIA ORTOPOLIFOSFATO/30 - 20.130.564/30
 LOTE: 22217

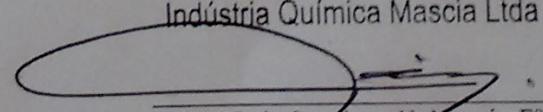
Características	Resultado	Especificações
Densidade	1,53	1,52 – 1,56 g/ml
Sódio (% Na)	20,13	20,0 – 25,0%
pH	4,88	5,0 ± 0,5
Aspecto	Líquido viscoso, denso, incolor	Líquido viscoso, denso, incolor
Fósforo reativo (PO ₄)	17,20	15,0 – 25,0%
Fósforo Condensado (PO ₄)	81,47	75,0 – 85,0%
Óxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	61,91	Mín. 60,0%
Fósforo Hidrolisável	65,08	Mín. 62,0%
Concentração	54,00	Mín. 50,0% (em massa)
Solubilidade em água	Atende	Atende
Complexação	Atende	NBR 15007
Manter complexo	Atende	NBR 15007
Partículas em suspensão	Isento	Isento
Sem turbidez e sem depósitos	Atende	Atende

Quantidade: 1.000 Kg = 34 bb com 30 Kg cada

Data da análise: 29/09/2017

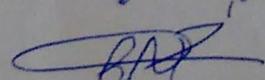
Fab: 29/09/2017 Val: 29/09/2018

Indústria Química Mascia Ltda



Engº Luis Santiago V. Mascia Fº
 CRQ V 05302009 Diretor

Obs.: 1. Perde seu valor por quaisquer alterações nele feitas.

D = 1,52


CERTIFICADO DE ANÁLISE

INFORMAÇÕES DO CERTIFICADO

Vendedor (nome, endereço, IVA, nº de registo)  Ecolab Quimica - Suzano RODOVIA INDIO TIBIRICA 08655-000 SUZANO - SP	Data 18-Setembro-2017	Número de página 1
	Número da OC	Nossa referência
	Número de entrega	Número do pagador
	Endereço de entrega	
Enviar para	Produto NALCLEAR™ 8181	
Faturar para / Comprador	Número do lote SU7H0961A0	
	Quantidade 0,000	Data prevista de entrega
	Data de Vencimento 01-Setembro-2018	Data de fabricação 01-Setembro-2017

Informações sobre as análises

<u>Item de análise</u>	<u>Especificação</u>	<u>Dados da Análise</u>
Número de Gel (100 mesh)	0 - 5 Gel_#	1 Gel_#
Peso por Galão	8,550 - 9,000 lb/gal	8,810 lb/gal

Este certificado de qualidade foi criado em formato eletrônico dispensando a necessidade de assinatura

Ecolab Quimica - Suzano
Controle de Qualidade

Edson Freitas de Sousa
CRQ IV - 04264532

Qualquer dúvida em relação aos resultados ou especificações, contactar nosso Departamento de Qualidade - efdesousa@nalco.com
Outras informações

CERTIFICADO DE ANÁLISE

INFORMAÇÕES DO CERTIFICADO

Vendedor (nome, endereço, IVA, nº de registo)  Ecolab Quimica - Suzano RODOVIA INDIO TIBIRICA 08655-000 SUZANO - SP	Data 18-Setembro-2017	Número de página 1
	Número da OC	Nossa referência
	Número de entrega	Número do pagador
	Endereço de entrega	
Enviar para	Produto CORE SHELL# 71305	
Faturar para / Comprador	Número do lote SU7B0303A4	
	Quantidade 0,000	Data prevista de entrega
	Data de Vencimento 22-Fevereiro-2018	Data de fabricação 22-Fevereiro-2017

Informações sobre as análises

<u>Item de análise</u>	<u>Especificação</u>	<u>Dados da Análise</u>
Aparência Física	Líquido viscoso homogêneo, opaco, esbranquiçado	Passa
Número de Gel	<= 5	1
Viscosidade de Brookfield @ 25°C, c	450 - 1800 cps	970 cps

Este certificado de qualidade foi criado em formato eletrônico dispensando a necessidade de assinatura

Ecolab Quimica - Suzano
Controle de Qualidade

Edson Freitas de Sousa
CRQ IV - 04264532

Qualquer dúvida em relação aos resultados ou especificações, contactar nosso Departamento de Qualidade - efdesousa@nalco.com
Outras informações



Certificado de Análise

Ind. e Comércio Ltda.

Nº 13620

TQA-129-00

12/09/2017

Cliente: SAEMA - ARARAS

Nº Certificado: 1959.17

Produto: TQ-SUL IFL – Sulfato de Alumínio Isento de Ferro.

Lote: 4279524908

Fabricação: 06/09/2017

Validade: 365 dias

Inspeções Realizadas

Descrição	Unidade	Resultado	Especificação
Al ₂ O ₃	%	8,9	Min. 8,0
Fe ₂ O ₃	%	0,007	Max. 0,015
Resíduo Insolúvel	%	0,01	Max. 0,10
Densidade	g/cm ³	1,338	1,30 – 1,34
Acidez	—	0	Max. 0,5
Basicidade	—	0,19	Max. 0,4
Aspecto / Cor		OK	Líquido levemente amarelado

Controle de Qualidade

Documento emitido eletronicamente, não é necessário assinatura.

QUÍMICA RESPONSÁVEL: Celise Aparecida dos Santos C.R.Q.: 04164391

TQA Indústria e Comercio Ltda
Rod. Benevenuto Moreto, Km 6,5
Sete Barras, Bragança Paulista.
São Paulo, Brasil. CEP 12914-970
www.grupotqa.com.br

D=1,325
good

www.hidrosanengenharia.com.br



Av. São Carlos, 2205, r. 106
Zip Code. 13560-900
São Carlos SP Brazil
phone +55 16 3371 3466

Av. São Carlos, 2205, sl.106
CEP: 13560-900
São Carlos SP
tel. 16 3371 3466