

## **MUNICÍPIO DE PORTO FELIZ - SP**

ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E REUSO DE ÁGUA DE LAVAGEM, DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO E ADEQUAÇÕES, COM MELHORIAS NA ETA.

CONTRATO FEHIDRO Nº 451/2015

**RELATÓRIO DE ATIVIDADES – R03**

JULHO DE 2017

## ÍNDICE

### ÍNDICE ANALÍTICO

Descrição	Pág
1. Apresentação	6
2. Caracterização Básica do Município de Porto Feliz	8
2.1. História do Município	8
2.2. Características Geográficas	8
2.3. Demografia	9
2.4. Recursos Hídricos	9
3. Levantamento Topográfico e Cadastral Realizado na Área em Estudo	10
4. ETA Porto Feliz – Descrição, Diagnóstico e Intervenções Propostas	11
4.1. Descrição e Diagnóstico	11
4.2. Intervenções Propostas	22
4.3 – Definição das Etapas de Implantação das Intervenções Propostas	26
5. Sistema de Tratamento dos Efluentes	29
5.1. Caracterização Qualitativa da Água Bruta e Estimativa de Produção de Efluentes	29
5.1.1. Condição Crítica de Máxima Geração de Efluentes	32
5.1.2. Condição Mediana de Geração de Efluentes	33
5.2. Alternativas Estudadas	34
5.2.1. Alternativa 1	35
5.2.2. Alternativa 2	38
5.3. Considerações sobre as Alternativas Estudadas	41
5.4. Descrição do Sistema de Tratamento de Efluentes Proposto	42
5.4.1. Tanque de Regularização e Homogeneização	43
5.4.2. Unidade de Clarificação dos Efluentes e Adensamento do Lodo	44
5.4.3. Desaguamento do Lodo	45
5.5. Caracterização dos Lodos e Disposição Final	48
6. Especificações Técnicas dos Materiais Especiais e Equipamentos Eletromecânicos	51

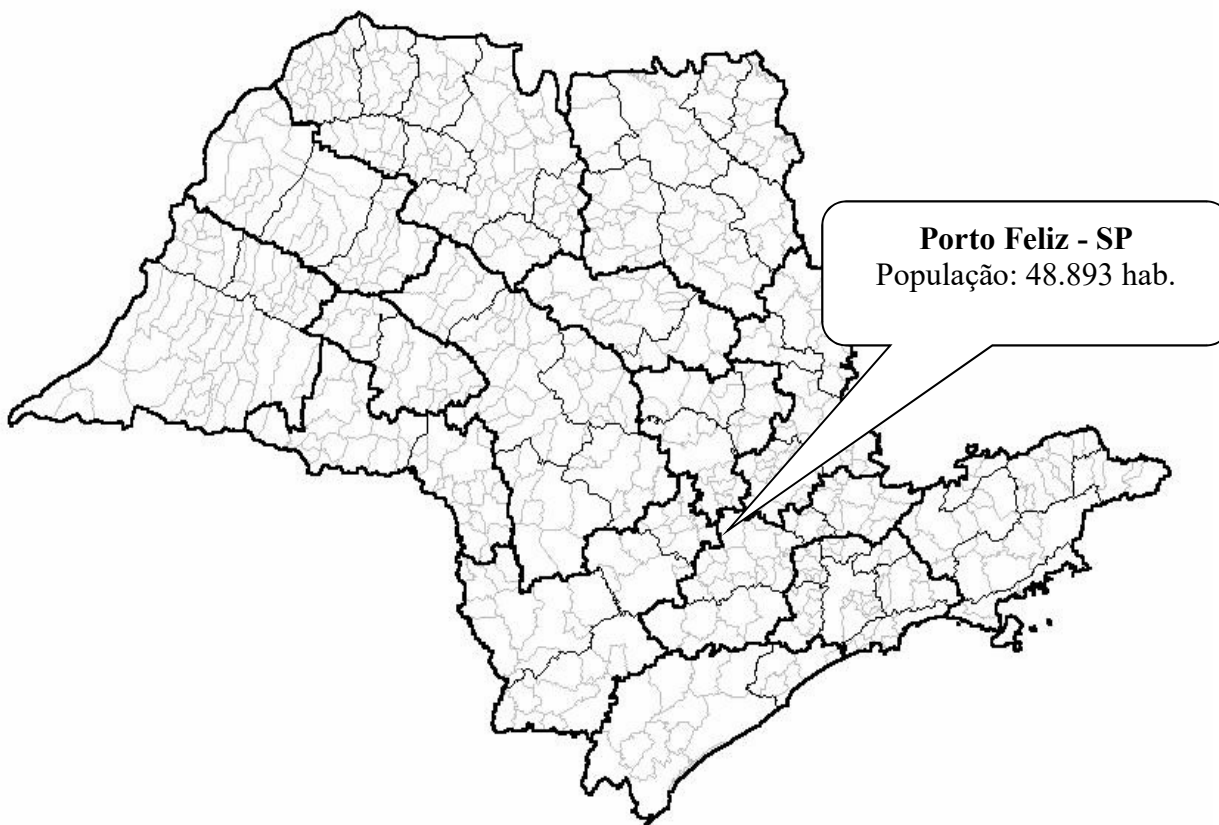
6.1 - Condições Gerais de Fornecimento	51
6.2. Reforma do Módulo de Produção de Água	53
6.2.1 - Calha Parshall	53
6.2.2 - Flocculadores	53
6.2.3 - Módulos Laminares	54
6.2.4 - Atuadores Elétricos	55
6.3. Sistema de Tratamento dos Efluentes	55
6.3.1 - Elevatória de Regularização dos Efluentes	55
6.3.2 - Medidor de vazão	56
6.3.3 - Misturadores Submersíveis para a Homogeneização do Tanque de Regularização dos Efluentes	57
6.3.4 - Misturador de Eixo Vertical para a Homogeneização do Tanque de Armazenamento de Lodo Adensado	57
6.3.5. Centrífugas para o Desaguamento de Lodo	58
6.3.6 – Conjuntos de Recalque do Tipo Deslocamento Positivo Helicoidal	59
6.3.6.1 - Condições Gerais	59
6.3.6.2 - Alimentação das Centrífugas	59
6.3.6.3 - Aplicação de Polímero para Clarificação e Adensamento de Lodo	60
6.3.6.4 - Aplicação de Polímero para o Desaguamento de Lodo	60
6.3.7 - Preparadores automáticos de solução de polímero	60
6.3.8 – Atuadores Elétricos	61
7. Perfis de Sondagem	62
8. Anexos	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág</b>
Figura 2.1 - Variação da população do município de Porto Feliz no período de 1991 a 2010.	9
Figura 4.1 - Localização da Captação e da Estação de Tratamento de Água	12
Figura 4.2 - Vista geral da ETA de Porto Feliz	13
Figura 4.3 - Vista geral da estrutura de chegada de água bruta. Em segundo plano caixa de chegada e canal. Em primeiro plano, calha Parshall	14
Figura 4.4 - Vista da primeira câmara de floculação	15
Figura 4.5 - Vista da segunda e terceira câmaras de floculação, bem como do canal de água floculada	16
Figura 4.6 - Vista geral de um dos decantadores	18
Figura 4.7 - Detalhe da calha de coleta de água decantada em condição afogada	18
Figura 4.8 - Vista frontal da parede de entrada de água floculada no decantador. Foto tirada durante uma das operações de limpeza	19
Figura 4.9 - Vista parcial dos filtros	21
Figura 4.10 – Etapas de implantação das reformas no módulo de tratamento de água	28
Figura 5.1 - Variação dos valores diários de turbidez da água bruta ao longo dos anos de 2014 e 2015	30
Figura 5.2 - Variação dos valores diários de cor da água bruta ao longo dos anos de 2014 e 2015	31
Figura 5.3 – Fluxograma Simplificado de Processo – Alternativa 1	37
Figura 5.4 – Fluxograma Simplificado de Processo – Alternativa 2	40
Figura 6.1. Curva do Sistema dos conjuntos motobomba.	56
Figura 7.1. Locais onde foram executadas as sondagens a percussão.	62

## 1. APRESENTAÇÃO

A Empresa Novaes Engenharia e Construções Ltda. apresenta a seguir, o **Relatório de Atividades R03**, referente à elaboração do Projeto Executivo do Sistema de Recuperação e Reuso de Água de Lavagem, disposição final do lodo, bem como das melhorias e reformas no módulo de produção da ETA do Município de Porto Feliz – SP, relativo ao contrato FEHIDRO nº451/2015, cuja a autorização de serviço foi emitida em 31/05/2016. As atividades previstas neste contrato deverão ser realizadas em prazo integral de 180 dias a partir da emissão da ordem de serviço.



Este relatório apresenta o conteúdo revisado do Relatório 01, com a consolidação do estudo de concepção de acordo com as observações e revisões efetuadas pelo SAAE - Porto Feliz, bem como o Projeto Básico das reformas e melhorias propostas para o módulo de tratamento de água e do sistema de tratamento de efluentes de acordo com a concepção

consolidada. Também é apresentado o levantamento planialtimétrico cadastral de acordo com o escopo dos trabalhos em questão.

Para tanto, são apresentados os memoriais descritivos e de cálculo, ilustrações de fluxogramas de processo, bem como desenhos do levantamento topográfico e de projeto a nível básico de detalhamento.

## 2. CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DO MUNICÍPIO DE PORTO FELIZ

### 2.1. História do Município

No ano de 1693, nas terras de Antônio Cardoso Pimentel, um povoado começou a se formar junto à margem esquerda do Rio Anhemby (atual Tietê), num ponto distante pouco mais de 100 quilômetros de São Paulo. O local era conhecido como “Ararituaba” (que significa lugar onde as araras comem areia), nome dado pelos índios guaianazes que habitavam a região, em virtude da frequência com que bandos dessas aves bicavam um salitroso paredão ali existente.

O povoamento teve início quando o dono das terras resolveu habitá-las, juntamente com seus familiares e empregados, numa época em que vários sertanistas decidiram abandonar o bandeirismo pela agricultura.

Um decreto de 13 de outubro de 1797 elevou o povoado à categoria de vila e mudou o nome para Porto Feliz.

### 2.2. Características Geográficas

**Localização:** Oeste do Estado de São Paulo

**Distância até a Capital:** 112 km

**Altitude:** 523m

**Latitude:** 23°12'53" S

**Longitude:** 47°31'26" W

**População:** 48.893 hab.

**Densidade Demográfica:** 87,85 hab./Km<sup>2</sup>

**Área da Unidade Territorial:** 556,692Km<sup>2</sup>

**Índice de Desenvolvimento Humano:** 0,758

### 2.3. Demografia

Na Tabela 2.1 e na Figura 2.1 são apresentados os dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) da população do município de Porto Feliz– SP.

Tabela 2.1. População do município de Porto Feliz – SP (IBGE).

Ano	População
1991	36.936
1996	42.456
2000	45.514
2007	46.054
2010	48.893

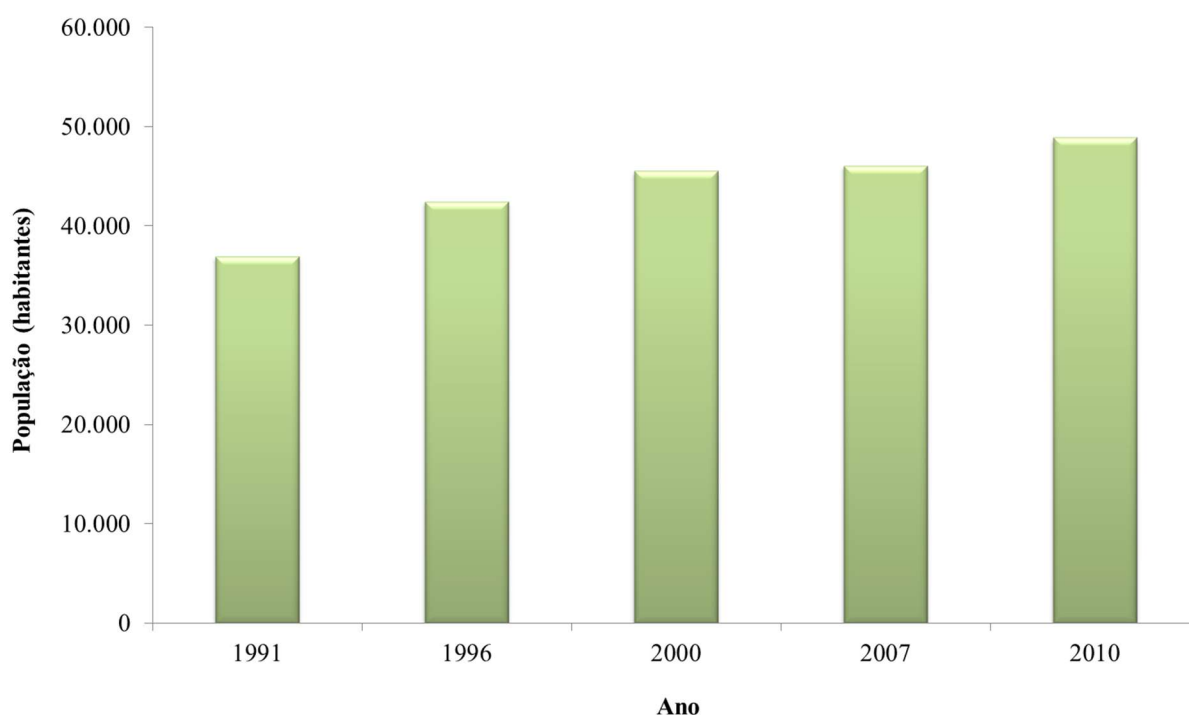


Figura 2.1 - Variação da população do município de Porto Feliz no período de 1991 a 2010.

### 2.4. Recursos Hídricos

O município de Porto Feliz encontra-se inserido na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 10 – denominada de TB – Tietê/Sorocaba. O município está na sub-Bacia - Médio Tietê Superior, sendo cortado pelo Rio Tietê



### **3. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E CADASTRAL REALIZADO NA ÁREA EM ESTUDO**

Foi realizado levantamento cadastral e topográfico na área da ETA Porto Feliz, bem como dos terrenos situados nas proximidades onde poderão ser implantadas as infraestruturas do sistema de recuperação da água de lavagem dos tanques, sendo utilizados os seguintes procedimentos e equipamentos:

- Método/Levantamento: Caminhamento, Poligonal de Base e Pontos Irrradiados;
- Equipamento/Levantamento: Estação Total Topcon modelo GPT 3007w com leitura direta de 1" e precisão de 7".
- Método/Georreferenciamento: PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) – Bases do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística);
- Equipamento/Georreferenciamento: Receptor GPS Trimble R6 (L1 / L2). Precisão pós-processada horizontal de 3 mm + 0,1 PPM RMS e vertical de 3.5mm + 0.4 PPM RMS.

Assim, foi possível cadastrar as infraestruturas existentes no terreno onde está instalada a ETA, bem como também realizado o levantamento planialtimétrico do terreno atual. Em anexo é apresentado mapa contendo os levantamentos cadastrais e planialtimétrico da área onde está implantada a ETA no município de Porto Feliz.

Assim, foram cadastradas as seguintes unidades:

- casa de química
- casa de bombas;
- flocluladores;
- tanques;
- filtros;
- reservatórios;
- caixa de lodo;
- caixa da linha de abastecimento;
- depósito;
- todas unidades construtivas existentes na ETA.

Na sequência é apresentado o descritivo das infraestruturas da ETA Porto Feliz.

## 4. ETA PORTO FELIZ – DESCRIÇÃO, DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÕES PROPOSTAS

### 4.1. Descrição e Diagnóstico

A ETA que atende a sede do município de Porto Feliz tem como manancial o ribeirão Avecuia, onde possui outorga de exploração de uma vazão igual a 126 L/s.

A captação é feita imediatamente a montante de uma barragem de nível através de canal que alimenta o poço de sucção da estação elevatória de água bruta, equipada com 3 conjuntos motobomba, sendo um em operação e dois de reserva, com capacidade de recalque da ordem de 126 L/s.

A cota média do sistema de captação é igual a 500,582 e a cota do local de implantação da ETA é de cerca de 546,608, havendo, portanto, um desnível geométrico desfavorável da ordem de 46 m. A água é aduzida ao sistema de tratamento através de uma linha de recalque com extensão de aproximadamente 2.500 m.

A Figura 4.1, indica a posição da captação e da estação de tratamento de Água em questão no contexto da sede do município de Porto Feliz.



Figura 4.1 - Localização da Captação e da Estação de Tratamento de Água

A capacidade nominal do módulo de produção existente é de 80 L/s, entretanto, opera atualmente com vazão de cerca de 110 L/s durante 22 horas por dia, resultando, portanto em uma produção diária de água potável da ordem de 8700 m<sup>3</sup>.

Sua concepção é convencional de ciclo completo, ou seja, pelas etapas sequenciais de coagulação, floculação, decantação, filtração e condicionamento final da água filtrada com a aplicação de cloro e flúor. Nos limites da ETA ainda existem reservatórios de armazenamento da água potável produzida, prédios de operação e administrativos e espaços livres já destinados para futuras implantações de outras instalações administrativas e operacionais.

Dessa forma, é muito restrito o espaço disponível para a implantação de unidades que possam melhorar as condições operacionais atuais do módulo de produção de água potável, bem como do sistema de tratamento de efluentes, que são escopo do presente estudo de engenharia.

A Figura 4.2 apresenta uma visão geral das instalações existentes e espaços já destinados a outros usos.



Figura 4.2 - Vista geral da ETA de Porto Feliz

A água bruta chega à ETA em uma caixa que verte para o início de um canal que originalmente era o floculador hidráulico, mas hoje apenas tem a função de conduzir a água bruta até uma calha Parshall destinada à medição de vazão e mistura rápida para a coagulação. A montante da calha Parshall atualmente é dosada suspensão de carvão ativado em pó e a jusante é aplicada solução de policloreto de alumínio - PAC para a coagulação.

A Figura 4.3 mostra a vista geral de chegada de água bruta.



Figura 4.3 - Vista geral da estrutura de chegada de água bruta. Em segundo plano caixa de chegada e canal. Em primeiro plano, calha Parshall

Na sequência, a etapa de floculação é feita em 3 câmaras associadas em série, equipadas com floculadores mecânicos de fluxo axial. O volume total das câmaras de floculação é igual a cerca de 170 m<sup>3</sup>, sendo 65 m<sup>3</sup> na primeira, 51 m<sup>3</sup> na segunda e 64 m<sup>3</sup> na terceira câmara. Para a capacidade nominal do módulo de tratamento igual a 80 L/s ou 4,8 m<sup>3</sup>/min, o tempo de detenção hidráulica é igual a 35 minutos que pode ser considerado suficiente para o adequado desempenho da etapa de floculação.

Entretanto, considerando a atual vazão de operação da ETA da ordem de 110 L/s ou 6,6 m<sup>3</sup>/min, o tempo de detenção hidráulica é igual a 26 min. Ainda considerando o limite de operação desse sistema produtor igual a 126 L/s ou 7,7 m<sup>3</sup>/min, o tempo de detenção hidráulica passa a ser da ordem de 22 minutos.

Recomenda-se tempo de detenção hidráulica mínimo de 30 minutos para proporcionar adequadas condições de floculação. Dessa forma, observa-se que tanto para a condição atual quanto para a possibilidade de ampliação da capacidade de produção para o limite da outorga de exploração do ribeirão Avecuia ( $Q = 126 \text{ L/s}$ ), os atuais flocladores não possuem volume suficiente.

O fato de haverem três câmaras de floculação em série é uma condição favorável para a floculação devido à possibilidade de estabelecer diferentes gradientes de velocidade em cada câmara. Entretanto, segundo informado pelos operadores os flocladores atuais não apresentam bom desempenho na formação de flocos, qualquer que seja o ajuste de rotação definido para os equipamentos. Na visita técnica realizada, foi constatado através de observação visual deficiência na formação de flocos adequados na última câmara de floculação, bem como grandes velocidades de escoamento nas passagens entre câmaras e, conseqüentemente, formação de zonas de elevada turbulência que podem ser o principal fator de deficiência na formação dos flocos.

As Figuras 4.4 e 4.5 mostram as vistas das câmaras de Floculação.



Figura 4.4 - Vista da primeira câmara de floculação



Figura 4.5 - Vista da segunda e terceira câmaras de floculação, bem como do canal de água floculada

Na sequência, a água floculada é encaminhada através de canais para dois decantadores convencionais de fluxo longitudinal associados em paralelo. Cada unidade tem comprimento igual a 17 m, largura igual a 7,9 m e profundidade útil de 3,0 m, resultando em área útil de decantação igual a cerca de 135 m<sup>2</sup> e volume útil de 403 m<sup>3</sup>.

Para a capacidade nominal do módulo de tratamento igual a 80 L/s a taxa de aplicação superficial aplicada ao conjunto dos dois decantadores em paralelo é igual a cerca de 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia e o tempo de detenção hidráulica é igual a 2,8 horas, que podem ser considerados parâmetros operacionais adequados, ou até mesmo conservadores, para o bom desempenho da etapa de decantação. Nessas condições mais conservadoras a má formação de flocos na etapa de floculação pode em parte ser compensada com a produção de água decantada de boa qualidade.

Entretanto, considerando a atual vazão de operação da ETA da ordem de 110 L/s a taxa de aplicação superficial aplicada é igual a cerca de 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia e o tempo de detenção hidráulica é igual a 2,0 horas. Considerando ainda o limite de operação desse sistema produtor igual a 126 L/s, a taxa de aplicação superficial passa a ser superior a 40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia e o tempo de detenção hidráulica igual a cerca de 1,8 horas.

Portanto, para as condições de operação atual e, principalmente, considerando o limite de ampliação da capacidade da ETA em questão baseada na outorga de exploração do atual

manancial, observa-se que a etapa de decantação é bastante comprometida tendo em vista os parâmetros operacionais fora dos limites recomendados. Essa situação torna-se ainda mais crítica considerando-se as limitações na etapa prévia de floculação conforme abordado anteriormente.

Adicionalmente, de acordo com a configuração da parede de entrada de água floculada no decantadores, caracterizada pela existência de janelas na porção inferior junto ao fundo, conforme pode ser observado nas fotos fornecidas pelos técnicos do SAAE de Porto Feliz, existe a possibilidade do estabelecimento de zonas de maior turbulência e má distribuição da entrada de água floculada.

Segundo a literatura técnica, para decantadores do tipo convencionais de fluxo longitudinal recomenda-se a implantação de paredes de distribuição de água floculada formada por aberturas ao longo de toda a largura e profundidade. Dessa forma é proporcionada alimentação homogênea por toda a seção transversal inicial do decantador.

Com relação ao descarte de lodo dos decantadores, segundo informado pelos operadores as operações de remoção de lodo são realizadas com frequência que varia de um mês a três meses dependendo da quantidade de lodo formada em decorrência da variação da qualidade da água bruta captada. O fundo dos decantadores é praticamente plano, havendo apenas um calha central que separa dois panos de baixa declividade, que direcionam o lodo para uma válvula a ser aberta durante as operações de limpeza.

Devido à conformação do fundo dessas unidades, observa-se que os descartes de lodo certamente resultam no grande arraste de água, aumentando significativamente os volumes de lodo descartado extramente diluído. De forma a reduzir a perda de água nas operações de descarte de lodo e aumentar um pouco a concentração de sólidos no lodo descartado, antes da descarga de lodo dos decantadores existe uma fase inicial de captação da água sobrenadante por bombeamento e lançamento no canal de água decantada que alimenta os filtros.

Observa-se que a atual prática de remoção de lodo dos decantadores é inerente à sua concepção, entretanto inadequada em termos de perda de água decantada e, principalmente, para a operação do sistema de tratamento de efluentes a ser implantado. Esse aspecto é discutido novamente no capítulo 4.

Nas Figuras 4.6 a 4.8 são apresentadas as vistas dos decantadores.





Figura 4.6 - Vista geral de um dos decantadores



Figura 4.7 - Detalhe da calha de coleta de água decantada em condição afogada



Figura 4.8 - Vista frontal da parede de entrada de água floclada no decantador. Foto tirada durante uma das operações de limpeza

A etapa de filtração é formada por quatro filtros associados em paralelo. Cada um com comprimento igual a 3,5 m e largura de 3,0 m, resultando em área útil de filtração igual a 10,5 m<sup>2</sup>. Os filtros são formados por camada filtrante dupla de areia e antracito, suportada por camada de pedregulho e, ao fundo, blocos do tipo "Leopold" para a coleta de água filtrada e distribuição de água para a retrolavagem.

Para a capacidade nominal do módulo de tratamento igual a 80 L/s a taxa de filtração aplicada aos quatro filtros em paralelo é igual a cerca de 160 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia que podem ser considerada bastante conservadora tendo em vista a concepção de camada filtrante dupla (areia e antracito) que admite valores de até 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia. Mesmo para a condição de operação atual segundo vazão da ordem de 110 L/s, ou mesmo para o limite de produção de água potável relativo à outorga de 126 L/s, as taxas de filtração resultam em valores da ordem de 230 a 260 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia que ainda são adequadas para a condição de filtração em camada dupla.

Os filtros são alimentados através de um canal de distribuição de água decantada e operam segundo regime de taxa constante. A água filtrada é captada por um conjunto de tubulações e encaminhada diretamente ao Reservatório Central de 1000 m<sup>3</sup>, existente em patamar inferior ao módulo de tratamento. Conforme observado na visita técnica, não existe nenhum dispositivo de controle de nível operacional dos filtros, sendo que os operadores fazem esse controle de forma manual através do ajuste da abertura das válvulas de saída de água filtrada. Durante a visita foi observado o afogamento das calhas de coleta de água decantada devido ao nível operacional muito elevado dos filtros.

A lavagem dos filtros é realizada somente com água a contracorrente, captada no Reservatório Central e aduzida por recalque ao barrilete dos filtros. Segundo informado pelos operadores cada operação de lavagem consome cerca de 40 m<sup>3</sup> e tem tempo de duração da ordem de 5 minutos. Para essas condições, presume-se que a vazão de água de lavagem é da ordem de 8 m<sup>3</sup>/min, resultando em velocidade ascensional na retrolavagem da ordem de 0,8 m/min que pode ser considerada adequada.

Tendo em vista a atual operação dos filtros com taxa de filtração relativamente conservadora, cerca de 230 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia, presume-se que as deficiências observadas nas etapas de floculação e decantação são em parte compensadas na etapa de filtração, resultando em produção de água potável de qualidade sem sobrecarga demasiada dos filtros.

Segundo informado pelos operadores, em média os filtros apresentam carreira de filtração de 24 horas e, nos momentos mais críticos de pior qualidade da água bruta captada, as carreiras de filtração são reduzidas para 16 horas.

Na Figura 4.9 é apresentada a vista parcial dos filtros.



Figura 4.9 - Vista parcial dos filtros

Portanto, tendo em vista a descrição e diagnóstico apresentados neste item, o módulo de produção opera atualmente com problemas relevantes nas etapas de floculação e decantação que, em parte, podem estar sendo compensadas pela operação dos filtros segundo taxas de aplicação mais conservadoras.

Entretanto, considerando a possibilidade de aumento da produção de água potável, tendo como limite a vazão de outorga de exploração do ribeirão Avecuia, igual a 126 L/s, presume-se que os problemas observados nas etapas de floculação e decantação tendem a ser agravar, resultando em um provável comprometimento da operação dos filtros e, conseqüentemente, a redução das carreiras de filtração a períodos inadequados em termos técnicos e econômicos. Dessa forma, poderá haver a queda de desempenho global da ETA na produção de água potável de qualidade segundo padrões operacionais aceitáveis

O outro aspecto importante a ser observado é a atual forma de remoção de lodo e limpeza dos decantadores. A prática atual resulta em elevada perda de água e, conseqüentemente, perda de recursos financeiros. Ainda de forma mais grave, inviabiliza o estabelecimento de condições técnicas adequadas para a implantação de um sistema de tratamento de efluentes eficiente, econômico e compacto, sendo que a compacidade é necessária tendo em vista a pouca disponibilidade de espaço observada na ETA de Porto Feliz.

## 4.2. Intervenções Projetadas para a Melhoria do Módulo de Produção de Água

De acordo com o diagnóstico apresentado no item anterior, neste item são apresentadas as intervenções ora propostas para o estabelecimento de condições operacionais mais adequadas para o sistema de tratamento de água em questão.

Seguindo a orientação estabelecida pelos os técnicos do SAAE de Porto Feliz na visita técnica de início dos trabalhos, as propostas ora apresentadas são baseadas em uma condição futura de produção de água potável com vazão limitada à outorga atualmente estabelecida para a exploração do ribeirão Avecuia, ou seja, vazão igual a 126 L/s.

É importante ressaltar que as intervenções ora propostas visam o aproveitamento racional das estruturas e unidades existentes, bem como adequar as soluções à grande limitação de área observada no caso em questão.

Conforme apresentado no item anterior, foram observadas grandes limitações nas etapas de floculação e decantação, limitações estas basicamente relacionadas com as dimensões das unidades existentes frente às demandas atuais (110 L/s) e máximas estabelecidas (limite de exploração outorgado igual a 126 L/s).

Dessa forma, em termos básicos são propostas novas unidades de floculação e de decantação, já que é inviável a simples reforma das unidades existentes devido às dimensões insuficientes das mesmas. Os filtros existentes podem ser mantidos sem alterações significativas.

Em função da grande limitação de espaço, as novas unidades de floculação e decantação serão implantadas no local do módulo de produção atual com o aproveitamento dos tanques existentes, conforme apresentado nos desenhos em anexo. Dessa forma, os floculadores e decantadores existentes serão desativados e suas estruturas serão parcialmente aproveitadas conforme descrito a seguir.

Em função da nova posição dos floculadores, torna-se necessária a implantação de novo canal de chegada de água bruta e calha Parshall para medição de vazão e mistura rápida. É prevista a implantação desse canal sobre a primeira câmara de floculação de forma que a partir da caixa de chegada de água bruta existente, a água é aduzida por gravidade diretamente para esse canal.

A calha Parshall adotada tem garganta de largura igual a 9 polegadas, com capacidade de medição de vazão de até 252 L/s e deverá proporcionar também mistura rápida adequada

para a coagulação. A solução de coagulante deverá ser aplicada imediatamente a montante do ressalto hidráulico proporcionado por essa calha Parshall e a suspensão de carvão ativado em pó poderá ser aplicada no início do novo canal a montante da calha Parshall. De acordo com o memorial de cálculo em anexo, para a vazão de dimensionamento igual a 126 L/s, é previsto no ressalto hidráulico gradiente de velocidade superior a  $1000 \text{ s}^{-1}$  e tempo de mistura da ordem de 0,5 s.

Novas câmaras de floculação serão implantadas no interior do decantador existente ao lado do canal de água bruta. São previstas quatro câmaras de floculação de formato retangular com comprimento igual a 7,9- m (compatível com a largura do atual decantador), e largura igual a 3,2 m e profundidade útil igual a 3,0 m (compatível com a profundidade do decantador existente), resultando em volume útil individual de  $75,6 \text{ m}^3$  e volume total igual à cerca de  $302 \text{ m}^3$ . Para a vazão máxima de produção prevista igual a 126 L/s, o tempo de detenção hidráulica da etapa de floculação é igual há 40 minutos.

Cada câmara de floculação será equipada com dois flocladores mecânicos do tipo turbina de fluxo axial, resultando, portanto, em 8 equipamentos a serem dotados de inversores de frequência para o ajuste da variação de rotação dos motores e, conseqüentemente, dos gradientes de velocidade a serem estabelecidos em cada câmara, tal como segue:

- Primeira câmara: 100 a  $80 \text{ s}^{-1}$ ;
- Segunda câmara: 80 a  $60 \text{ s}^{-1}$ ;
- Terceira câmara: 60 a  $40 \text{ s}^{-1}$ ;
- Quarta câmara: 40 a  $20 \text{ s}^{-1}$ .

Conforme apresentado no memorial de cálculo as passagens entre câmaras de floculação são dimensionadas para garantir gradientes de velocidade compatíveis com a faixa de valores definidas para cada câmara, de forma a evitar a quebra de flocos.

Portanto, a nova unidade de floculação deverá ser implantada no interior do decantador mais próximo do canal de água bruta, havendo um aproveitamento parcial de suas paredes e fundo, bem como a implantação de paredes adicionais.

Na seqüência, a água efluente da quarta câmara de floculação é encaminhada através de dois canais paralelos para os novos decantadores, a serem implantados no interior do tanque que é o atual decantador existente ao lado da rua de circulação de veículos.

A decantação da água floculada será feita em dois decantadores do tipo laminar. Considerando a vazão de dimensionamento igual a 126 L/s, a taxa de aplicação superficial aparente é igual a cerca de  $140 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ , considerando-se a projeção em planta de cada decantador, igual a  $38 \text{ m}^2$ , pois essas unidades tem formato retangular com comprimento igual a 10 m e largura igual a 3,8 m cada (compatível com a largura do decantador existente).

Descontando a largura da estrutura de distribuição de água floculada e coleta de água decantada posicionada ao longo do eixo longitudinal do decantador, igual a 0,40 m, a largura útil do decantador passa a ser de 3,4 m e a área de projeção em planta dos módulos laminares é igual a  $34 \text{ m}^2$  em cada decantador, resultando em uma taxa efetiva de aplicação superficial igual a  $160 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ .

A distribuição de água floculada será feita através de um canal central com largura de 0,40 m e altura variável, provido de 30 aberturas retangulares, 15 de cada lado, com largura de 0,25 m e altura de 0,08 m. Esse canal foi dimensionado de forma a proporcionar uma distribuição homogênea da água floculada ao longo do comprimento do decantador e um escoamento laminar com gradientes de mistura de no máximo  $13 \text{ s}^{-1}$ , de maneira a evitar a quebra dos flocos formados na etapa anterior de floculação. Para uma condição operacional atípica com um decantador fora de operação, o gradiente de velocidade passa a ser da ordem de  $36 \text{ s}^{-1}$ , que embora seja relativamente elevado, pode ser considerado admissível tendo em vista ser uma condição esporádica e temporária.

Na sequência, a água passa pelos perfis laminares que serão formados por módulos tubulares de PVC, com comprimento total de 1,00 m, colocados segundo um ângulo de  $60^\circ$  em relação à horizontal. Segundo o dimensionamento hidráulico, para a vazão de dimensionamento igual a 126 L/s, o regime de fluxo entre os módulos tubulares é laminar com número de Reynolds de aproximadamente 270 e velocidade de escoamento entre os perfis da ordem de 0,23 cm/s, abaixo da velocidade longitudinal crítica calculada para essa condição de escoamento igual a 0,31 cm/s, conforme apresentado no memorial de cálculo.

Essas condições hidráulicas permitem uma adequada sedimentação dos flocos, quando estes são formados adequadamente na fase anterior de floculação.

Após passar pelos módulos laminares a água é então coletada na porção superior do decantador através de 50 tubos de PVC com diâmetro de 100 mm, sendo 25 de cada lado do canal de coleta de água decantada posicionado acima do canal de distribuição de água floculada descrito anteriormente.

Os tubos de coleta são dotados de orifícios de 19 mm (3/4 polegada) espaçados a cada 0,40 m. Esses tubos deverão operar afogados de forma a minimizar os problemas de desnivelamento da estrutura de coleta.

Os flocos retidos nos perfis tubulares irão sedimentar pela ação da força da gravidade, sendo armazenados em três poços de lodo por decantador, com formato tronco-piramidal com comprimento igual a 10 m e largura igual a 1,27 m na base maior, com paredes inclinadas a 60° em relação à horizontal.

O sistema de descarte do lodo é formado por tubulações com orifícios e válvulas borboleta de diâmetro igual a 150 mm, independente para cada poço de lodo. O descarte será feito por gravidade (carga hidráulica) individualmente em cada poço, sendo que o lodo descartado é encaminhado para a caixa de descarga existente, que atualmente recebe os lodos dos decantadores e os efluentes da lavagem dos filtros.

A tubulação com orifícios disposta ao longo de cada poço de lodo é dimensionada como um *Manifold*, conforme apresentado no memorial de cálculo, pois é fundamental a coleta de lodo de forma homogênea ao longo de todo o comprimento de cada poço de armazenamento.

Finalmente, os filtros serão mantidos devido a sua concepção adequada, bom estado de conservação e, principalmente, condições operacionais conservadoras em termos de taxa de filtração, conforme observado no item anterior.

A única intervenção prevista na etapa de filtração é a implantação de uma caixa de controle de nível que intercepta a tubulação de água filtrada que alimenta o Reservatório Central. Essa caixa será provida de uma parede intermediária vertedora, que irá definir um nível mínimo operacional nos filtros a 0,10 m acima do topo da camada filtrante, de maneira evitar a exposição dessa camada à atmosfera.

Dessa forma, os operadores não deverão mais controlar o nível dos filtros através do controle da abertura das válvulas de saída de água filtrada existentes no barrilete, estas deverão permanecer normalmente abertas e o nível nos filtros deverá variar do mínimo estabelecido em função da caixa de controle proposta a valores crescentes com o aumento das perdas de carga ao longo das carreiras de filtração.



#### 4.3 – Definição das Etapas de Implantação das Intervenções Propostas

Evidentemente, as intervenções propostas para o módulo de produção de água da ETA de Porto Feliz envolvem obras de vulto considerável que demandam tempo para sua execução. Portanto, é fundamental o estabelecimento de uma sequência de realização das obras que permitam a continuidade da operação do sistema de tratamento, pois o abastecimento da sede de Porto Feliz tem que ser mantido ao longo da implantação das novas unidades propostas.

Portanto, é recomendada a seguinte sequência de implantação:

- **ETAPA 1** - Implantação do novo decantador no interior do tanque de decantação existente (Dec 1) ao lado da rua de acesso e de um canal provisório de interligação da última câmara de floculação existente ao novo decantador. Durante essa etapa de obras o tratamento deverá ser feito através do canal de água bruta e floculador existentes, do decantador existente (Dec2) ao lado do canal de água bruta em operação e dos filtros existentes, havendo sobrecarga apenas na etapa de decantação. O canal provisório de interligação da última câmara de floculação existente ao novo decantador é apresentado com detalhes no desenho em anexo intitulado “Canal de Água Floculada - Folha 1/7”
- **ETAPA 2** - Implantação do novo canal de mistura rápida e floculador no interior do tanque de decantação existente (Dec 2) ao lado do atual canal de chegada de água bruta. Implantação da interligação entre a caixa de chegada de água bruta e o novo canal de mistura rápida e implantação do canal definitivo de interligação com os novos decantadores implantados. Durante essa etapa de obras o tratamento deverá ser feito através do floculador existente, dos novos decantadores lamelares implantados e dos filtros existentes, não havendo sobrecarga em nenhuma das etapas. A interligação entre a caixa de chegada de água bruta e o novo canal de mistura rápida é apresentado com detalhes em anexo no desenho intitulado “Canaleta de Água Bruta”. A implantação do canal definitivo de interligação com o novo decantador implantado é apresentado com detalhes em anexo no desenho intitulado “Canal de Água Floculada - Folha 1/7”

- **ETAPA 3** - Implantação da caixa de controle de nível dos filtros a montante do Reservatório Central e derivação da tubulação de água filtrada existente para a alimentação dessa caixa. O perfil hidráulico dessa nova configuração de adução de água filtrada até o reservatório existente é apresentado com detalhes em anexo no desenho intitulado “Redes de Saída de Lodo ... Folha 10/10”

Com as intervenções ora projetadas o atual canal de chegada de água bruta e mistura rápida, bem como os flocladores existentes serão desativados. No local dos flocladores existentes que serão desativados, parte terá seu espaço ocupado pelos decantadores e adensadores de lodo e parte será aproveitada como tanque de recebimento dos lodos, ambas unidades formadoras do sistema de tratamento de efluentes projetado conforme descrito no capítulo a seguir.

Evidentemente, algumas paralisações na produção de água serão necessárias ao longo da realização das obras, entretanto, tratam-se apenas de interligações de canais e outras pequenas intervenções conforme indicado nos desenhos de projeto. Tais intervenções deverão ser realizadas em poucas horas segundo metodologia e planejamento definidos em conjunto pelos técnicos do SAAE – Porto Feliz e pelo executor das obras, de forma a não prejudicar o fornecimento de água potável para a sede de Porto Feliz.

A seguir é apresentado um desenho esquemático com a ilustração do planejamento das etapas de obras ora definidas.



Figura 4.10 – Etapas de implantação das reformas no módulo de tratamento de água

## 5. SISTEMA DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES

### 5.1. Caracterização Qualitativa da Água Bruta e Estimativa de Produção de Efluentes

Em termos qualitativos, as águas brutas captadas no ribeirão Aveçuia apresenta padrão de variação sazonal em termos de turbidez e cor aparente. Em geral, tal variação é característica de mananciais superficiais que sofrem a ação das precipitações atmosféricas, com conseqüente aumento de vazão e carreamento de material sólido bastante significativo nos eventos de chuvas de maior intensidade.

No caso de Porto Feliz, considerando o monitoramento realizado ao longo do período de dois anos, início de 2014 ao final de 2015, em termos de turbidez da água bruta captada tal padrão é confirmado, com picos máximo, pouco frequentes e de curta duração no intervalo de 1000 a 2000 uT.

Em termos de cor, também podem ser observados picos com valores acima de 1500 a até 4000 mgPt/L também pontuais e pouco frequentes, conforme apresentado nas figuras 5.1 e 5.2.

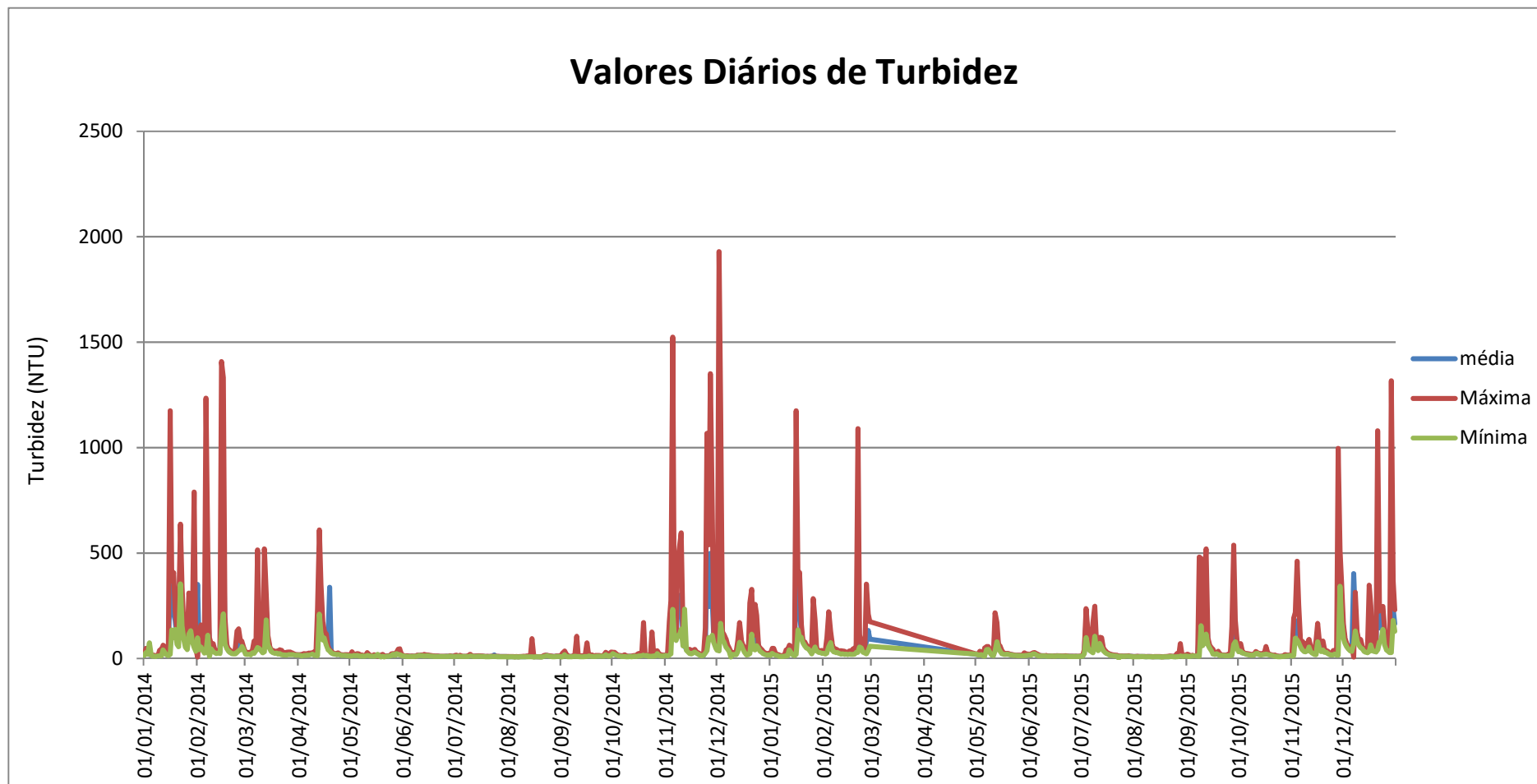


Figura 5.1 - Variação dos valores diários de turbidez da água bruta ao longo dos anos de 2014 e 2015

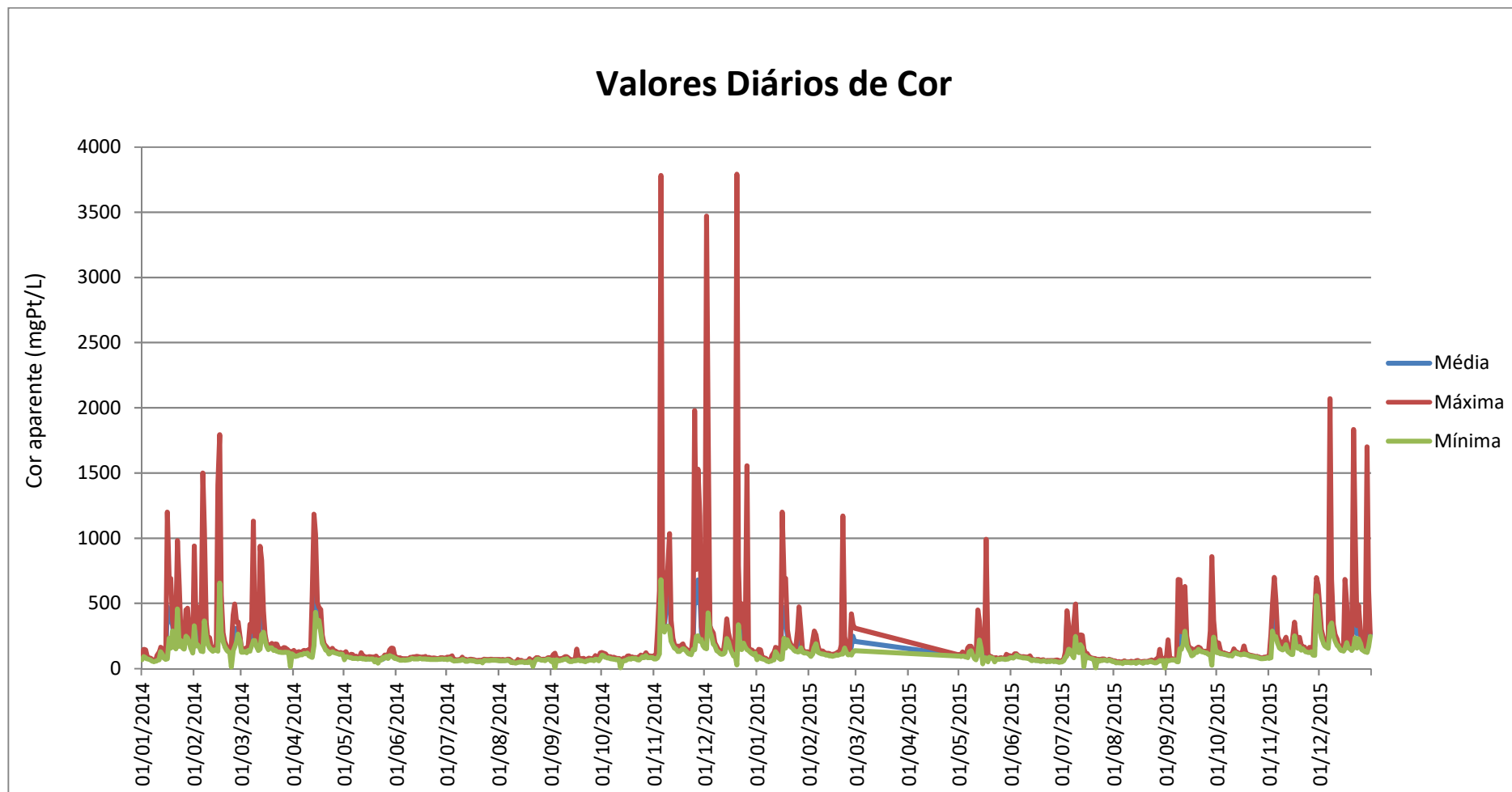


Figura 5.2 - Variação dos valores diários de cor da água bruta ao longo dos anos de 2014 e 2015

A quantidade de efluentes gerada na ETA em questão ao longo do tempo é dependente em linhas gerais da qualidade da água bruta captada e da dosagem dos produtos químicos aplicados. Portanto, a produção de efluentes é variável ao longo do tempo, sendo mais pronunciada nos períodos úmidos, quando a qualidade da água bruta tende a ser pior em termos de cor e principalmente turbidez. Nos demais meses do ano a geração de efluente evidentemente tende a ser menor.

No presente trabalho, a estimativa da produção de efluentes é baseada em uma expressão matemática apresentada na literatura especializada, que traduz a experiência operacional de inúmeras ETAs, tendo como variáveis parâmetros de qualidade da água bruta e de dosagem dos produtos químicos. Trata-se de uma expressão desenvolvida pela Water Research Centre em 1977, tal como segue:

$$P = (1,3 \times T + 0,07 \times C + 0,27 \times D)$$

Onde:

**P** é a produção de sólidos secos de água potável produzida em gSST/m<sup>3</sup>;

**T** é a turbidez da água bruta em unidades de turbidez (uT);

**C** é a cor da água bruta em unidade Hazen;

**D** é a dosagem de coagulante em mg/L;

Para efeito da estimativa de quantidade de sólidos retidos na ETA e, conseqüentemente, da quantidade de lodos que é gerada nas operações de limpeza dos decantadores e lavagem dos filtros, são previstas duas condições distintas em termos de geração de efluentes e, conseqüentemente, de dimensionamento do sistema de tratamento em questão.

### **5.1.1. Condição Crítica de Máxima Geração de Efluentes**

A condição crítica em termos de produção de efluentes, que tem como base a água bruta com picos de turbidez média diária da ordem de 300 uT. Picos de cor da ordem de 100 uH, bem como dosagem máxima de PAC igual a 100 mg/L.

A dosagem máxima de sulfato de alumínio adotada no presente estudo reflete uma postura bastante conservadora. Quanto aos valores de cor e turbidez adotados, observa-se que os mesmos são inferiores aos picos máximos registrados no período de 2014 a 2015,

entretanto, representam situações críticas que podem perdurar durante alguns dias, influenciando, portanto, na operação do futuro sistema de tratamento dos efluentes.

Os picos máximos observados no período de análise, 3800 mg Pt/L em termo de cor e 1900 UT em termos de turbidez não são adotados para fins de dimensionamento, pois são pouco frequentes e instantâneos, não causando impacto relevante ao sistema de tratamento de efluentes em questão. O dimensionamento considerando tais valores extremamente elevados poderia resultar em sistema de custo proibitivo sem justificativa técnica coerente.

Conforme pode ser observado no memorial de cálculo em anexo, para a condição mais crítica em termos de qualidade de água bruta, dosagem de coagulante e vazão de produção de água potável igual a 126 L/s, considerando a operação do módulo de tratamento durante 22 horas/dia, estimam-se cerca de 4.860 kgSST/dia (massa seca) para a condição crítica de máxima geração de efluentes.

Em termos volumétricos é estimado cerca de 390 m<sup>3</sup>/dia de lodos descartados dos decantadores com concentração de cerca de 10 kgSST/m<sup>3</sup>, bem como cerca de 390 m<sup>3</sup>/dia de efluentes da lavagem dos filtros com concentração de cerca de 2,5 kgSST/m<sup>3</sup>.

### **5.1.2. Condição Mediana de Geração de Efluentes**

Em termos médios, a estimativa de produção de efluentes, é baseada nos mesmos critérios de cálculo, entretanto, com os valores dos parâmetros alterados em função da melhoria da qualidade da água bruta captada e dosagens menores de produtos químicos, tal como segue:

- Produção de água potável = 126 L/s durante 22 h/dia;
- Turbidez média diária da ordem de 50 uT;
- Cor média da ordem de 100 uH;
- Dosagem de coagulante igual a 40 mg/L;

Conforme pode ser observado no memorial de cálculo em anexo, para a condição mediana estimam-se cerca de 830 kgSST/dia (massa seca). Em termos volumétricos é estimado cerca de 70 m<sup>3</sup>/dia de lodos descartados dos decantadores com concentração de cerca de 10 kgSST/m<sup>3</sup>, e cerca de 170 m<sup>3</sup>/dia de efluentes da lavagem dos filtros com concentração de cerca de 1,0 kgSST/m<sup>3</sup>.



A seguir são apresentadas duas alternativas de concepção de tratamento de efluentes e a descrição das unidades projetadas para cada alternativa.

## 5.2. Alternativas Estudadas

O sistema de produção de água potável existente possui dois pontos de geração de efluentes distintos: o descarte de lodo dos decantadores e a lavagem dos filtros.

Esses dois pontos são caracterizados por regime de descargas intermitentes em função das regras operacionais do sistema de tratamento, no que tange à descarga do lodo que fica depositado no fundo dos decantadores, bem como à lavagem dos filtros, ambos obedecem frequência diretamente relacionada à qualidade da água bruta captada.

Atualmente, os dois decantadores existentes são convencionais e, portanto, conforme descrito anteriormente no capítulo 3, as operações de limpeza apresentam pouca frequência (1 a 3 meses dependendo da variação sazonal da qualidade da água bruta captada) e resultam em grande quantidade de efluentes. Essa condição de operação praticamente inviabiliza o tratamento dos efluentes, pois demanda a implantação de tanque de armazenamento de efluentes muito grande e existe pouca disponibilidade de espaço na área da ETA.

Dessa forma, conforme abordado no capítulo 3, é proposta a implantação de dois novos decantadores lamelares de alta taxa em substituição das duas unidades existentes, sendo que nos novos decantadores os descartes de lodo serão facilitados e poderão ter frequência muito mais elevada que a atual, mais de uma vez ao dia dependendo da condição de geração de efluentes. Os descartes deverão ser feitos de forma manual através da abertura de válvulas existentes na base dos poços de acúmulo de lodo.

Com relação ao efluente da lavagem dos filtros, a condição atual não será alterada, tendo em vista a manutenção das unidades existentes. Portanto, as lavagens dos filtros também serão feitas diariamente a partir da lavagem de cada filtro.

Dessa forma, considerando os regimes de geração dos efluentes e as quantidades estimadas no presente estudo, para o atendimento da ETA em questão são estudadas duas alternativas de concepção:

- Alternativa 1: que considera a reunião das linhas de descarte de lodo dos decantadores e águas de lavagem dos filtros, de forma a estabelecer tratamento conjunto desde a fase inicial do fluxograma de processo.

- Alternativa 2: que considera a segregação das linhas de descarte de lodo dos decantadores e águas de lavagem dos filtros, estabelecendo tratamento separado de cada linha na fase inicial do fluxograma de processo.

Conforme abordado anteriormente no capítulo 3, nas instalações existentes a drenagem dos lodos dos decantadores e dos efluentes da lavagem dos filtros é feita através de uma linha de descarte comum. Portanto, nas instalações atuais não existe a segregação das linhas de efluentes, tal como previsto na Alternativa 1 ora proposta.

Em termos de área para a implantação do sistema de tratamento de efluentes, observa-se que nos limites da ETA em questão os espaços são muito limitados, dificultando a implantação do sistema de tratamento de efluentes.

A seguir são apresentadas as características básicas de cada alternativa de concepção estudada.

### **5.2.1. Alternativa 1**

Considerando o regime intermitente de descarte dos efluentes gerados nos descartes de lodo dos decantadores e nas lavagens dos filtros, torna-se necessária a implantação de um tanque pulmão, que tenha a função de amortecer esses descartes de forma a regularizar a vazão de alimentação do estágio subsequente de tratamento dos efluentes. Esse tanque, adicionalmente, tem a função de homogeneizar os efluentes descartados dos decantadores e filtros com a utilização de misturadores mecânicos.

Na sequência, os efluentes regularizados devem ser submetidos a um processo de clarificação para a separação das fases líquida e sólida, resultando em efluente clarificado e lodo adensado com elevado teor de sólidos.

O efluente clarificado pode então ser recirculado ao sistema de tratamento de água, pois deverá apresentar características qualitativas melhores ou semelhantes à apresentada pelas águas brutas captadas e, portanto, passível de tratamento para fins potáveis. A recirculação do efluente clarificado proporciona grande aproveitamento dos efluentes gerados no sistema de tratamento de água e, conseqüentemente, a redução do índice de perdas global do sistema.

Por sua vez, o lodo adensado deve ser submetido a processo de desaguamento para a remoção adicional de água e, conseqüentemente, redução de seu volume para melhorar as condições de transporte e disposição final.

Portanto, tendo em vista as considerações técnicas apresentadas nos parágrafos anteriores, a concepção da alternativa 1 é baseada em uma seqüência de três estágios de tratamento, quais sejam:

- Regularização e homogeneização dos efluentes descartados dos decantadores e filtros;
- Clarificação dos efluentes e adensamento do lodo através de processo gravimétrico;
- Recirculação dos efluentes clarificados ao início do sistema de tratamento de água;
- Condicionamento do lodo adensado através de seu desaguamento mecanizado em centrífugas.

Na Figura 5.3 é apresentado um fluxograma simplificado da alternativa 1.

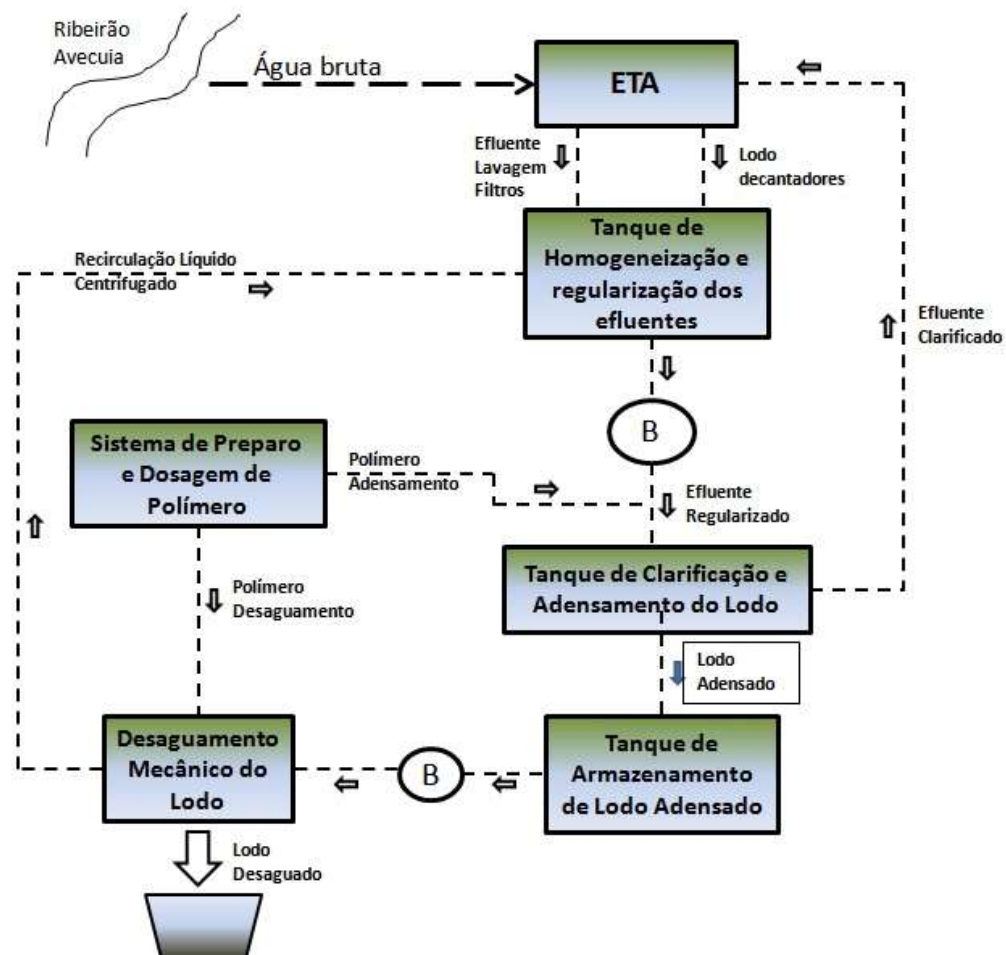


Figura 5.3 – Fluxograma Simplificado de Processo – Alternativa 1

### 5.2.2. Alternativa 2

Nessa alternativa os efluentes da lavagem dos filtros e dos descartes dos decantadores deverão ter destinos distintos.

O tanque de recebimento dos efluentes gerados na lavagem dos filtros terá a função de receber e regularizar esses efluentes para a fase posterior de tratamento por clarificação em outro tanque.

Na alternativa 2, o tanque de recebimento dos efluentes dos filtros deverá receber também o líquido sobrenadante do processo de adensamento dos lodos descartados dos decantadores, adensamento este a ser feito em outro tanque a ser implantado.

O processo de clarificação dos efluentes da lavagem dos filtros e do sobrenadante do adensamento dos lodos dos decantadores deverá gerar efluente tratado a ser recirculado para o início do sistema de tratamento de água, caracterizando, portanto, seu reaproveitamento como água bruta. Por sua vez, o lodo sedimentado nesse tanque de clarificação deverá ser descartado por gravidade para outro tanque destinado ao armazenamento de lodo adensado.

Por sua vez, os lodos descartados dos decantadores deverão ser encaminhados para um tanque exclusivo para seu armazenamento e adensamento. Através de regime por batelada, os lodos serão inicialmente adensados, na sequência deverá ocorrer o descarte do sobrenadante através de vertedor flutuante e, finalmente, o descarte do lodo sedimentado para o tanque de armazenamento de lodo adensado citado no parágrafo anterior, fechando assim um ciclo de batelada que deverá estar contido no intervalo de tempo entre dois descartes sucessivos de lodo. Como citado no parágrafo anterior, o sobrenadante será enviado por gravidade para o tanque de recebimento dos efluentes gerados na lavagem dos filtros.

A exemplo da alternativa 1, os lodos armazenados no tanque de lodo adensado devem ser então submetidos a processo de desaguamento para a remoção adicional de água e, conseqüentemente, redução de seu volume para melhorar as condições de transporte e disposição final.

Portanto, tendo em vista a descrição apresentada nos parágrafos anteriores, a concepção da alternativa 2 é baseada nos seguintes estágios de tratamento:

- Regularização e recirculação dos efluentes da lavagem dos filtros;
- Clarificação, por fluxo contínuo, dos efluentes da lavagem dos filtros e recirculação do sobrenadante para o início da ETA.

- 
- Adensamento, por batelada, dos lodos descartados dos decantadores,
  - Condicionamento dos lodos adensados através de seu desaguamento mecanizado em centrífugas.

Na Figura 5.4 é apresentado um fluxograma simplificado da alternativa 2.

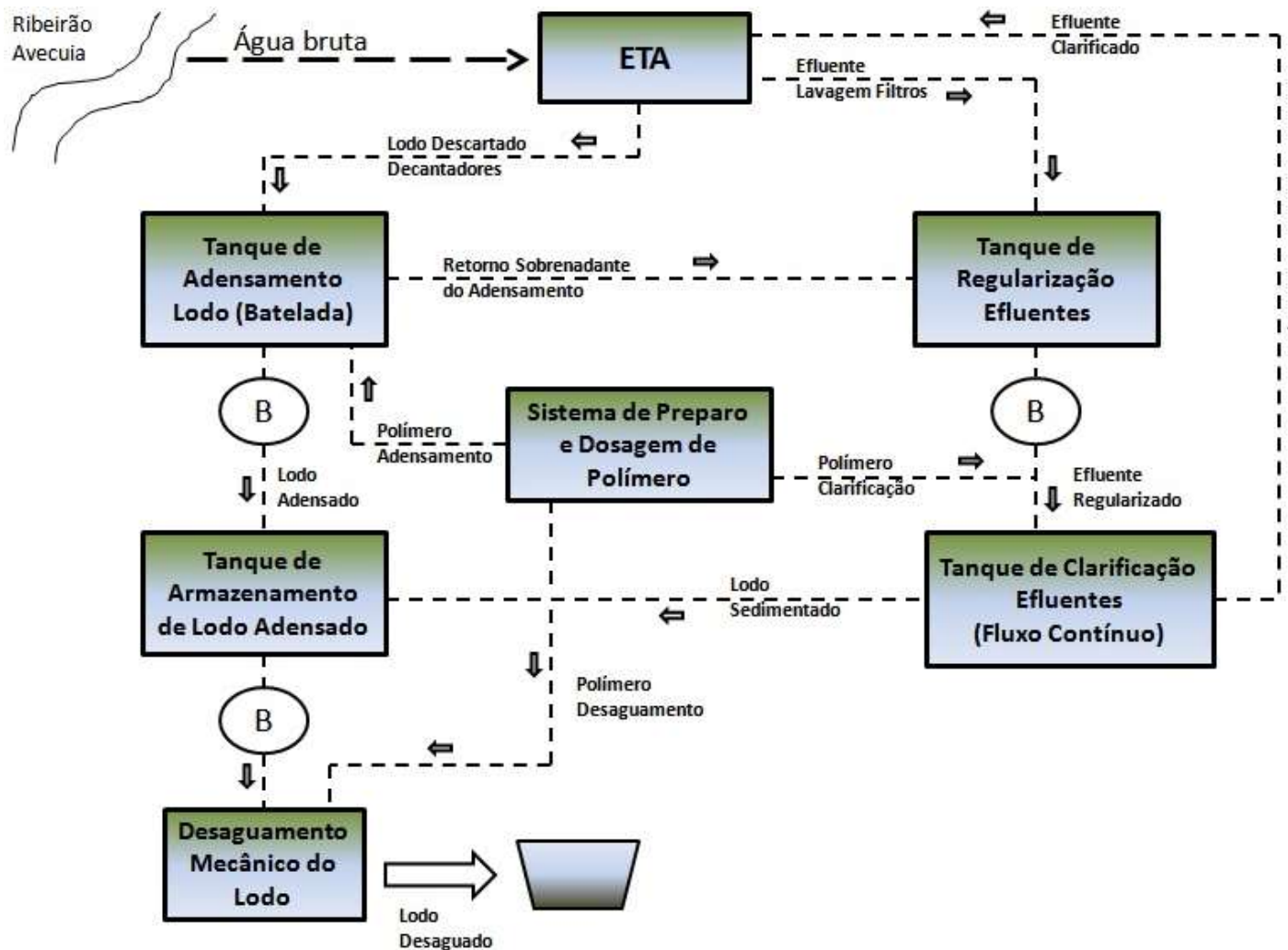


Figura 5.4 – Fluxograma Simplificado de Processo – Alternativa 2

### 5.3. Considerações sobre as Alternativas Estudadas

Em termos técnicos, as alternativas diferem basicamente com relação à destinação inicial dos efluentes gerados.

Na alternativa 1, existe a reunião inicial das linhas de lodos dos decantadores e efluentes da lavagem dos filtros, havendo, portanto, o processamento conjunto desses efluentes ao longo de todo o fluxograma de tratamento.

Na alternativa 2, existe a separação inicial desses efluentes de forma que os lodos descartados dos decantadores, após adensamento em processo por batelada, são encaminhados diretamente para a unidade de desaguamento, sem haver contato com os efluentes gerados na lavagem dos filtros que serão recirculados para o início da ETA após processo de clarificação.

Observa-se, portanto, que na alternativa 1 os efluentes tratados a serem recirculados para a ETA são decorrentes de um processo de clarificação da mistura inicial dos dois efluentes, havendo, portanto, maior possibilidade de parte dos flocos de lodo removidos nos decantadores serem recirculados ao tratamento de água. No caso da alternativa 2 essa possibilidade é reduzida, pois os efluentes tratados serão o resultado da clarificação dos efluentes da lavagem dos filtros e do sobrenadante do processo de adensamento dos lodos dos decantadores. O sobrenadante do processo de adensamento do lodo certamente conterá pequena quantidade de flocos remanescentes dos decantadores, mas estes ainda poderão ser removidos na etapa clarificação conjunta com os efluentes dos filtros.

A princípio, a alternativa 2 parece ser tecnicamente mais segura em termos de qualidade do efluente tratado produzido. Caso os decantadores convencionais existentes na ETA de Porto Feliz fossem mantidos, essa questão seria relevante, pois os lodos armazenados teriam idade da ordem de meses. Entretanto, a situação atual será alterada com a implantação de decantador de alta taxa, conforme citado anteriormente e, dessa forma, os lodos sedimentados no futuro decantador serão descartados diariamente.

Portanto, para o caso em questão, ambas as alternativas podem ser consideradas equivalentes quanto à qualidade dos efluentes clarificados a serem recirculados para o início da ETA.

Ainda em termos técnicos, observa-se que a alternativa 1 apresenta maior simplicidade operacional, quando comparada com a alternativa 2, pois todos os efluentes são tratados em



conjunto já na etapa inicial de homogeneização e regularização de fluxo, havendo uma única etapa de clarificação do efluente e adensamento do lodo, que é feita segundo fluxo contínuo.

Já no caso da alternativa 2, a segregação inicial das linhas de efluentes implica na necessidade de controles distintos de processo de adensamento e clarificação, sendo que o adensamento do lodo dos decantadores deverá ser feito por regime de batelada, induzindo a maior automação do sistema de tratamento dos efluentes ou controle manual dos ciclos de batelada por parte dos operadores.

Adicionalmente, observa-se que a Alternativa 1 é mais favorável para o caso em questão tendo em vista que os descartes de efluentes dos filtros e lodos dos decantadores são feitos através de uma mesma linha, respeitando a configuração de reunião dos efluentes e um sistema de drenagem comum.

A limitação de espaço também é fundamental para o caso em questão, sendo que a Alternativa 1 tende a ser mais compacta devido a prever menor quantidade de tanques.

Finalmente em termos econômicos, observa-se que ambas as alternativas podem ser consideradas praticamente similares. Entretanto existe uma leve tendência de maiores custos de implantação e operação no caso da alternativa 2, pois esta demanda uma maior quantidade de tanques e barriletes de controle, provavelmente automação para o ciclo de batelada, bem como mais conjuntos de recalque quando comparada com a alternativa 1.

Dessa forma, no presente estudo de concepção recomenda-se a adoção da alternativa 1, tendo em vista:

- capacidade de produção de efluente tratado de qualidade;
- maior simplicidade operacional;
- melhor adequação às instalações existentes devido à configuração atual do sistema de drenagem dos efluentes;
- maior compactidade; e
- menores custos de implantação e operação ao longo do tempo.

#### **5.4. Descrição do Sistema de Tratamento de Efluentes Projetado**

A seguir são apresentadas as principais características das unidades integrantes da Alternativa 1, definida como a concepção mais adequada e portanto, detalhada a nível de projeto executivo conforme a descrição a seguir e os desenhos em anexo.

#### 5.4.1. Tanque de Regularização e Homogeneização

Os efluentes descartados da ETA (decantadores e filtros) deverão ser conduzidos por gravidade a um tanque que deverá ser implantado em patamar de cota inferior ao módulo de tratamento, próximo ao Reservatório Central, conforme indicado nos desenhos em anexo.

Esse tanque tem formato retangular com comprimento igual a 7,0 m, largura igual a 4,5 m e profundidade útil de 3, m, resultando em um volume útil para regularização igual a 95 m<sup>3</sup>, sendo que o volume de regularização necessário é estimado igual a cerca de 78 m<sup>3</sup>, existindo, portanto, uma margem de segurança da ordem de 20 %.

Conforme pode ser observado no memorial de cálculo em anexo, a determinação do volume de regularização necessário foi feita com base em um diagrama de volumes acumulados da soma dos descartes intermitentes dos efluentes das lavagens dos filtros e dos lodos sedimentados nos decantadores, bem como volume acumulado de drenagem desse tanque através dos conjuntos motobomba de regularização de fluxo. Dessa forma, o volume de regularização necessário é determinado pelo máximo saldo entre os volumes acumulados de entrada e saída desse tanque ao longo de um dia de operação, segundo a condição crítica de máxima geração de efluentes.

De forma a proporcionar condições para a homogeneização e floculação do material sólido em suspensão existente nos efluentes, é prevista a implantação de dois misturadores mecânicos submersíveis nesse tanque.

A drenagem regularizada desse tanque deverá ser feita por recalque através de dois conjuntos motobomba do tipo centrífugos submersíveis, instalados em paralelo e destinados à operação no regime 1 + 1 de reserva. A máxima capacidade de recalque de cada conjunto é de 13 l/s ou cerca de 47 m<sup>3</sup>/h, condizente com a condição mais crítica em termos de geração de efluentes.

Entretanto, a vazão de recalque poderá ser ajustada, através de inversores de frequência, em virtude das variações da quantidade de efluentes que deverá ser gerada diariamente devido a alterações das características da água bruta captada.

O monitoramento da vazão de regularização deverá ser feito através de um medidor de vazão do tipo eletromagnético, a ser instalado a jusante do clarificador, na linha de recirculação dos efluentes clarificados para o canal de chegada de água bruta.

#### 5.4.2. Unidade de Clarificação dos Efluentes e Adensamento do Lodo

Conforme descrito anteriormente, essa unidade deverá ser alimentada com efluente segundo vazão constante e ajustada em função da quantidade de efluentes que é gerada diariamente pelo sistema de tratamento, portanto, é estabelecida a decantação desse efluente segundo um regime de fluxo contínuo e constante que deverá proporcionar condições bastante favoráveis para uma boa sedimentação dos flocos formados, já que o processo de clarificação adotado é do tipo gravimétrico.

A taxa de aplicação superficial adotada para fins de decantação é igual a cerca de 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia considerando a situação crítica de geração de efluentes, essa taxa pode ser considerada relativamente elevada, entretanto, admissível para a situação crítica. Entretanto, na situação mediana a taxa de aplicação é bastante conservadora (inferior a 4,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia) e deverá resultar em efluente decantado bem clarificado.

Já na situação crítica, a taxa de aplicação relativamente elevada deverá resultar em efluente com maior quantidade de sólidos em suspensão, porém, essa condição pode ser considerada admissível pois será menos frequente. Adicionalmente, observa-se que nos momentos críticos a água bruta afluente à ETA deverá apresentar elevados valores de cor e turbidez e, provavelmente, o efluente clarificado deverá apresentar melhor qualidade em comparação com a água bruta.

A segunda finalidade dessa unidade é o adensamento do lodo que deverá ser armazenado nos poços de formato tronco-piramidal. A taxa de aplicação para fins de adensamento considerando a situação mediana é igual a cerca de 11 kgSS/m<sup>2</sup> x dia que pode ser considerada conservadora, pois recomenda-se valor máximo da ordem de 50. Novamente observa-se que na situação crítica, a taxa de aplicação deverá ser bem mais elevada, cerca de 65 kgSS/m<sup>2</sup> x dia, porém admissível considerando ser pouco frequente.

No caso em questão, são adotados dois tanques de clarificação de efluente e adensamento de lodo em paralelo. As características geométricas desses tanques são apresentadas a seguir:

- Formato retangular:
  - comprimento = 9,0 m,
  - largura = 4,5 m
  - área útil = 40,5 m<sup>2</sup>.

- Profundidade útil da zona de clarificação do efluente igual a 2,0 m;
- Zona de adensamento do lodo com as seguintes características:
  - 2 poços de lodo com formato tronco-cônico;
  - Paredes laterais inclinadas a 60° em relação ao plano horizontal;
  - Altura útil do poço de lodo igual a 3,50 m.

Conforme pode ser observado nos desenhos em anexo, é prevista a implantação dos dois clarificadores sobre as atuais segunda e terceira câmaras de floculação existentes, que deverão ser desativas conforme abordado anteriormente no capítulo 3.

O efluente clarificado é coletado na porção superior através de canais periféricos com vertedores triangulares, sendo, na sequência aduzido por gravidade para o início da ETA (canal de chegada da água bruta), de forma a ser recirculado e submetido ao processo de tratamento para fins potáveis.

O lodo adensado é descartado, por carga hidráulica, para o tanque de armazenamento do sistema de condicionamento de lodo, tal como é descrito a seguir.

### **5.4.3. Desaguamento do Lodo**

Como citado anteriormente, o lodo adensado deve ser submetido a processo de condicionamento que visa a redução de sua umidade para facilitar os procedimentos de manuseio, transporte e disposição final desse resíduo sólido, característico de sistema de tratamento de água.

Tendo em vista as características quantitativas e qualitativas do lodo adensado produzido na unidade de clarificação e adensamento descrita no item anterior, é adotado o processo de desaguamento de lodo mecanizado através do emprego de “decanters” centrífugos de tambor horizontal.

O lodo adensado que é gerado na unidade de clarificação/adensamento é descartado por gravidade na primeira câmara de floculação existente, que deverá ser desativada conforme descrito anteriormente no capítulo 3. Essa câmara de floculação tem volume útil de cerca de 64 m<sup>3</sup>, sendo que o volume necessário para o recebimento dos efluentes é da ordem de 42 m<sup>3</sup> conforme apresentado no memorial de cálculo.

A exemplo do tanque de regularização descrito no item 4.4.1, a determinação do volume de regularização necessário para o lodo adensado foi feita com base em um diagrama de volume acumulado do descarte de lodo adensado do clarificador, bem como o volume acumulado de drenagem desse tanque através dos conjuntos motobomba para a alimentação das centrífugas. Dessa forma, o volume de regularização necessário é determinado pelo máximo saldo entre os volumes acumulados de entrada e saída desse tanque ao longo de um dia de operação, segundo a condição crítica de máxima geração de efluentes.

O máximo saldo verificado é da ordem de 42 m<sup>3</sup>, a câmara de floculação existente, com volume de 64 m<sup>3</sup>, embute um fator de segurança superior a 50 %.

Na sequência, a partir do tanque de armazenamento de lodo que se constitui na primeira câmara de floculação existente, o lodo armazenado será captado e aduzido por recalque para o prédio de desaguamento de lodo a ser implantado próximo aos tanques de armazenamento de produtos químicos, conforme apresentado nos desenhos em anexo.

O desaguamento do lodo adensado será feito por três centrífugas operando em paralelo e simultaneamente para o atendimento das condições críticas de máxima geração de efluentes. Cada centrífuga deverá ter uma capacidade de desaguamento de lodo da ordem de 4,0 m<sup>3</sup>/hora, sendo que o teor de sólidos previsto para o lodo adensado que alimenta as centrífugas é da ordem de 2 % (20 kgSST/m<sup>3</sup>) e o teor de sólidos esperado para o lodo desaguado é de no mínimo 25 % (250 lgSST/m<sup>3</sup>).

No caso da operação simultânea das três centrífugas, é previsto um período de desaguamento diário de 20 horas/dia para a máxima condição de geração de efluentes. Para a condição mediana o desaguamento poderá ser feito por apenas um equipamento operando durante 10 horas por dia.

Nos períodos característicos de menor geração de efluentes, que deverão se estender principalmente durante os meses do período de estiagem (maio a agosto) deverão ser estabelecidas paradas programadas das centrífugas para operações de manutenção preventiva, de forma a garantir o funcionamento simultâneo dos três equipamentos durante os períodos críticos relativos aos meses chuvosos.

A alimentação das centrífugas será feita por recalque através de conjuntos motobomba do tipo deslocamento positivo helicoidal instalados ao lado do tanque de armazenamento de lodo (primeira câmara de floculação existente), sendo que são previstos 4 (3+1 de reserva)

equipamentos com capacidade de recalque de 4,0 m<sup>3</sup>/h destinados à alimentação individual de cada centrífuga.

De maneira a proporcionar melhores condições de desaguamento do lodo e garantir um teor de sólidos mínimo no lodo desaguado de 25%, é prevista a aplicação de polímero tal como adotado para a floculação do efluente. A seguir são descritos os sistemas de preparo e dosagem de polímeros necessários para este sistema de tratamento de efluentes.

É prevista a aplicação de polímeros em dois pontos distintos do sistema de tratamento dos efluentes:

- em misturador estático a ser instalado na linha de recalque dos efluentes regularizados a montante dos clarificadores, com a finalidade de proporcionar a floculação dos efluentes homogeneizados e regularizados;
- em misturadores estáticos a serem instalados na linha de alimentação das centrífugas, para condicionar quimicamente o lodo e melhorar as condições de desaguamento.

Nesses dois estágios de processo, a aplicação será feita mediante a utilização de bombas dosadoras do tipo deslocamento positivo helicoidal.

O sistema destinado à aplicação de polímero para a floculação do efluente regularizado será formado por dois conjuntos motobomba (1 + 1 de reserva), com capacidade de dosagem de até 100 l/h.

O sistema destinado à aplicação de polímero para o desaguamento do lodo será formado por 4 conjuntos motobomba (3 + 1 de reserva), com capacidade de dosagem de até 700 l/h.

Em ambos os sistemas, a solução de polímero a ser aplicada terá concentração de 0,1% e o produto comercial deverá ser fornecido no estado sólido em pó, em barricas ou sacas que deverão ser armazenadas no prédio de desaguamento de lodo de forma a ficarem abrigadas. Para o preparo da solução, são previstos dois equipamentos de preparo automático de solução, cada um com capacidade de 1000 L/h de polímero a 0,1 %.

## 5.5. Caracterização dos Lodos e Disposição Final

Conforme citado anteriormente no item 4.1.2, é estimada retenção diária de sólidos secos da ordem de 830 kgSST/dia para a condição mediana. Considerando o desaguamento do lodo em centrífugas a 25 % de 100 % dos sólidos nos “decanters”, a produção diária de lodos deverá ser da ordem de 3,3 m<sup>3</sup>/dia correspondentes à massa de cerca de 4 ton/dia.

Portanto, a produção média de lodo desaguado será da ordem de 1200 m<sup>3</sup> por ano correspondente a cerca de 1450 toneladas por ano.

Em termos qualitativos, lodos produzidos em ETA's, que utilizam sais de alumínio como agente coagulante, apresentam características de um fluido não-newtoniano, gelatinoso, cuja fração de sólidos é constituída de hidróxidos de alumínio, partículas inorgânicas, colóides de cor e outros resíduos orgânicos, inclusive bactérias e outros organismos removidos no processo de tratamento de água.

Esses lodos exigem especial atenção, pois as células de disposição de resíduos sólidos típicas de aterros sanitários constituem meios anaeróbios e produzem ácidos voláteis, sendo que o pH fica na faixa de 5,0 a 5,5, o que permite a dissolução do alumínio e outros metais eventualmente presentes no lodo.

Segundo a NBR 10.004, os lodos gerados em ETA's são classificados como resíduos sólidos, devendo, portanto, ser dispostos adequadamente para que não provoquem danos ao meio ambiente. A alternativa de disposição final mais adotada é o transporte para aterros sanitários controlados.

Podem ser feitas algumas considerações que poderão orientar de forma preliminar a disposição final de lodo. Tais observações a serem apresentadas na seqüência tem base na Norma de classificação dos resíduos sólidos (NBR 10.004 de 09/87), nos ensaios de classificação e seus respectivos limites de concentração dos diversos parâmetros controlados.

A NBR 10.004 classifica os resíduos sólidos em:

- Resíduo Classe I ou Perigosos: resíduos que apresentam periculosidade relacionada a vários aspectos: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- Resíduo Classe II ou Não Inertes: resíduos que não se enquadram nas classes I e III.

- Resíduo Classe III ou Inertes: resíduos que quando submetidos ao ensaio de solubilização não apresentam nenhuma substância solubilizada acima dos limites definidos pela norma.

Em linhas gerais são realizados três ensaios para a classificação dos resíduos sólidos: o ensaio de solubilização, o ensaio de lixiviação e o ensaio de extração da massa bruta.

O ensaio de solubilização tem o objetivo de investigar se o resíduo analisado pode ser classificado como inerte, já que por definição nenhum parâmetro de controle pode ter seu limite ultrapassado no resultado da solubilização. No caso em questão, nota-se que o limite de concentração de alumínio é relativamente baixo (0,2 mg/L). Tendo em vista que o lodo gerado na ETA certamente apresenta alumínio, quando submetido ao ensaio de solubilização provavelmente o material solubilizado deverá apresentar concentração desse metal mais elevada que o limite estabelecido. Dessa forma, presume-se que o lodo em questão não pode ser considerado inerte, restando portanto a possibilidade de ser não inerte (classe II) ou perigoso (classe I).

Os ensaios de lixiviação e extração da massa bruta são realizados em meios mais agressivos e, portanto, são mais rigorosos. Através da realização desses ensaios o resíduo pode ser considerado Classe II ou não inerte quando nenhum parâmetro de controle ultrapasse os limites definidos pela norma, ou deve ser classificado como “Perigoso” quando algum parâmetro exceder a sua concentração limite. No caso em questão, observa-se que o principal parâmetro de controle a ser verificado (alumínio) não consta da lista de parâmetros desses dois ensaios. Dessa forma, presume-se que não existem problemas com a presença de alumínio e, conseqüentemente, o lodo em questão pode ser classificado como “ Não Inerte” ou Classe II.

Tendo em vista as considerações dos parágrafos anteriores, observa-se que o lodo gerado na ETA deverá ser passível de disposição em aterros específicos para resíduos Classe II ou dispostos em conjunto com os resíduos domésticos em aterros controlados e dedicados para essa finalidade. Evidentemente, a confirmação desta classificação preliminar deverá ter como base ensaios laboratoriais dos lodos secos produzidos pela ETA em questão, a serem feitos futuramente após a implantação do sistema de tratamento de efluentes proposto nesta fase de projeto.



Entretanto, é importante observar que embora seja de prática comum atualmente, a disposição em aterros sanitários não é a opção mais adequada em termos de sustentabilidade ambiental. Existem outras possibilidades para o destino final os lodos gerados em ETA's, tais como a incorporação em matriz de concreto, que têm sido uma alternativa tecnicamente viável e vantajosa, pois substitui agregados convencionais por artificiais (lodo) de menor custo, bem como a fabricação de tijolos cerâmicos visando o aproveitamento do resíduo como matéria-prima para a indústria de cerâmica vermelha.

Dessa forma, para o caso em questão é proposto, a curto e médio prazo, a disposição final dos lodos gerados em aterros sanitários. Entretanto, outras técnicas de condicionamento complementar dos lodos deverão ser avaliadas futuramente de forma a conferir sustentabilidade ambiental e econômica ao gerenciamento dos lodos gerados pela ETA que abastece a sede do município de Porto Feliz.

## **6- ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS MATERIAIS ESPECIAIS E EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS**

### **6.1 - Condições Gerais de Fornecimento**

Os Fabricantes deverão apresentar listas das peças sobressalentes que considerarem necessárias para um ano de operação, juntamente com os seus preços unitários. A Contratante fixará, definitivamente, a quantidade de peças a serem compradas e que o Fornecedor deverá entregar como parte integrante do contrato.

Todos os equipamentos serão considerados recebidos após a comprovação pelo CONTRATANTE, desde que atendam perfeitamente a todas as especificações de projeto.

Junto com as propostas, os Fabricantes apresentarão catálogos completos de cada um dos equipamentos, com dimensões e dados sobre funcionamento. O Licitante vencedor entregará, juntamente com os equipamentos fornecidos, manuais de operação com informações sobre regulagens, ajustes, identificação de defeitos, início de operação, paralisação da unidade, manuais de montagem e manutenção com vistas explodidas de seus componentes, designação de peças, cuidados especiais nas montagens, técnicas para limpezas e períodos máximos para manutenção preventiva.

O CONTRATANTE reserva-se o direito de inspecionar o fornecimento desde o momento da aceitação do pedido até a ocasião da entrega, tanto no que diz respeito à fabricação nas oficinas do fornecedor como naquelas dos sub-contratados. Para tanto, os sub-contratados deverão ser informados desse direito, e, nos sub-contratos, deverá ser incluída uma cláusula que garanta ao CONTRATANTE o livre acesso às instalações. O Fornecedor deverá colocar à disposição do CONTRATANTE todos os meios úteis que permitam examinar o material ou os trabalhos.

O Fornecedor deverá apresentar todos os dados sobre a proveniência e a qualidade dos materiais empregados no fornecimento, quando solicitado.

Os Fornecedores deverão proceder da seguinte forma com relação aos documentos gráficos e manuais a serem fornecidos:

- Desenhos de conjunto geral, mecânico e de implantação para a aprovação, em três vias, de todas as peças que forem objeto do fornecimento,

- Desenhos de todos os conjuntos que constituam o fornecimento, mostrando as relações entre as diversas peças e suas posições relativas e respectivas listas de materiais;
- Desenhos de instalação mostrando os elementos necessários para que se possam projetar todas as interconexões de utilidades que não fazem parte do fornecimento;
- Dimensões principais e pesos aproximados;
- Todos os dados de operação, tais como capacidades, desempenho, velocidade, rendimento, pressão, etc.;
- Os desenhos aprovados com comentários e os não aprovados serão devolvidos em uma via ao Fabricante, que os corrigirá ou justificará, mas que, de qualquer forma, deverá rerepresentá-los até obter a aprovação total final;
- Manuais de contendo todas as instruções para a operação e manutenção do equipamento;
- Todos os desenhos aprovados, contendo todas as modificações feitas durante a fabricação.

As operações de inspeção e de verificação por parte do CONTRATANTE não serão obrigatórias e não diminuirão em nada a responsabilidade do Fornecedor quanto às obrigações contratuais. A responsabilidade do Fornecedor não será atenuada pelas observações que o CONTRATANTE formular quanto às disposições previstas pelos estudos ou desenhos do Fornecedor e quanto à natureza e à qualidade dos materiais empregados.

As provas de funcionamento mecânico, análises químicas, provas hidrostáticas, etc., normalmente necessárias à inspeção, serão executadas às expensas do Fornecedor e submetidas à aprovação do CONTRATANTE, que deverá exigir de todos os fornecedores a entrega de atestados de fornecimentos anteriores em condições similares às atualmente especificadas. Os atestados deverão conter informações precisas no que diz respeito ao modelo e capacidade dos equipamentos, bem como local da instalação e tempo de operação efetiva.

## 6.2. Reforma do Módulo de Produção de Água

### 6.2.1. Calha Parshall

Deverá ser fornecido um vertedor Parshall para o canal de chegada de água bruta.

Essa calha deverá ser pré-moldada em poliéster estruturado em lâ de vidro, segundo dimensões padronizadas para uma garganta de largura igual a 9 polegadas, capacidade para medir até 456 l/s.

O fornecimento deverá incluir régua para a medição do nível de água a montante da garganta.

### 6.2.2. Floculadores

Deverão ser fornecidos 8 floculadores mecânicos do tipo fluxo axial, sendo dois para cada câmara de floculação associada em série.

Cada unidade deverá ter a possibilidade de ajuste contínuo de rotação dentro de toda a faixa de operação através de um dispositivo eletrônico de rotação do motor do tipo inversor de frequência.

Todas as unidades deverão permitir uma variação de rotação do conjunto na faixa de 14 a 41 rpm, de forma a resultar em um gradiente de mistura na faixa de 20 a 100 s<sup>-1</sup>, considerando-se câmaras de floculação de formato retangular, formada por duas porções de volume de 37,5 m<sup>3</sup> com as seguintes dimensões:

- Formato retangular com:
- Comprimento = 3,9 m
- Largura = 3,2 m;
- Profundidade útil = 3,0 m.

A potência máxima do motor de cada equipamento deverá ser calculada pelo Fornecedor, considerando as perdas mecânicas e elétricas que ocorrerem. O dimensionamento de cada propulsor, em função da velocidade de rotação, deverá ser feito de acordo com a energia a ser transmitida à água em cada caso.

Cada rotor será do tipo hélice ou turbina com diâmetro de 1,0 m, sendo posicionado a uma altura de 1,00 m em relação ao fundo da câmara de floculação. Deverão existir em cada rotor, pelo menos, quatro pás radiais, firmemente presas ao eixo principal de acionamento, através de dispositivo desmontável.

Os rotores serão construídos em chapa de aço-carbono com proteção anticorrosiva e tensões previamente eliminadas. Todos os parafusos e porcas submersos deverão ser de aço inoxidável AISI 304.

Os eixos de transmissão de cada conjunto deverão ser dimensionados de forma a serem suficientes para acionar o rotor para a devida agitação em qualquer velocidade operacional, sem provocar ruídos, vibrações e deflexões laterais indevidas, sob as condições de fluxo exigidas.

Todas as unidades dos conjuntos acionados deverão ser projetadas para serviço contínuo e deverão ter capacidade para fornecer a energia e o torque necessários em todas as velocidades ajustáveis no variador de velocidade.

As unidades acionadoras deverão ser formadas por um conjunto moto redutor totalmente fechado e abrigado em uma cobertura metálica leve própria para operação ao tempo, com aberturas para a ventilação e alças para facilitar sua colocação e remoção.

### **6.2.3. Módulos Laminares**

Deverão ser fornecidos módulos tubulares para os decantadores, constituídos por elementos de PVC ou ABS atóxico, que não apresentem deformações excessivas e conservem sua integridade.

Os elementos tubulares deverão ser devidamente soldados e estruturados de forma a constituir módulos montados para a pronta instalação nos decantadores. A modulação deverá ser compatível com as dimensões dos decantadores, conforme detalhamento de projeto.

Os elementos tubulares deverão apresentar características geométricas que resultem canais com inclinação em ângulo de 60 graus inclinação em relação ao plano horizontal, com comprimento de 100 cm e 6 cm de largura em sua menor dimensão.

Cada decantador será formado por duas porções de sedimentação com área de 17 m<sup>2</sup> (10,0 x 1,7 m), totalizando, portanto, área útil de sedimentação igual a 34 m<sup>3</sup> por decantador e 68 m<sup>2</sup> considerando os dois decantadores associados em paralelo. Portanto, deverá ser

considerado o fornecimento de um total de 68 m<sup>2</sup> de módulos laminares (dimensões da projeção em planta), sendo 4 conjuntos de área de 17 m<sup>2</sup>.

#### **6.2.4. Atuadores Elétricos**

Deverão ser fornecidos 6 atuadores elétricos para válvulas de descarte de lodo sedimentado instaladas na base dos 3 poços de lodo de cada decantador.

Esses atuadores deverão possibilitar o acionamento local e a distância das referidas válvulas, bem como possuir volante para o acionamento manual em caso de falta de energia elétrica e indicador local da posição da válvula.

Deverão possuir grau de proteção mínimo IP – 66, ou superior dependendo do ambiente de sua instalação. Deverão ter regime de controle do tipo “on/off” e serem do tipo um quarto de volta. Devem atender uma frequência mínima de acionamentos de 10 vezes/dia e possibilitarem tempos de abertura e fechamento de no máximo 20 segundos.

### **6.3. Sistema de Tratamento dos Efluentes**

#### **6.3.1 - Elevatória de Regularização dos Efluentes**

Deverão ser fornecidos 2 conjuntos motobomba do tipo centrífugos, submersíveis de eixo vertical, próprios para o recalque de efluentes de estações de tratamento de água, com teor de sólidos máximo de 0,5 % (5 kgSST/m<sup>3</sup>).

Os conjuntos deverão ser iguais e operarem no esquema 1 + 1 de reserva. Cada conjunto deverá atender às seguintes condições operacionais:

- Vazão de Recalque:  $\geq 13,0$  l/s ;
- Altura Manométrica Total: 13,7 mca (conforme curva do sistema apresentada a seguir);
- Rotação  $\leq 1750$  rpm; e
- Rendimento dos Conjuntos:  $\geq 50$  %.
- Potência do motor  $\leq 7,5$  cv

A Figura 5.1 apresenta a Curva do Sistema dos conjuntos motobomba.

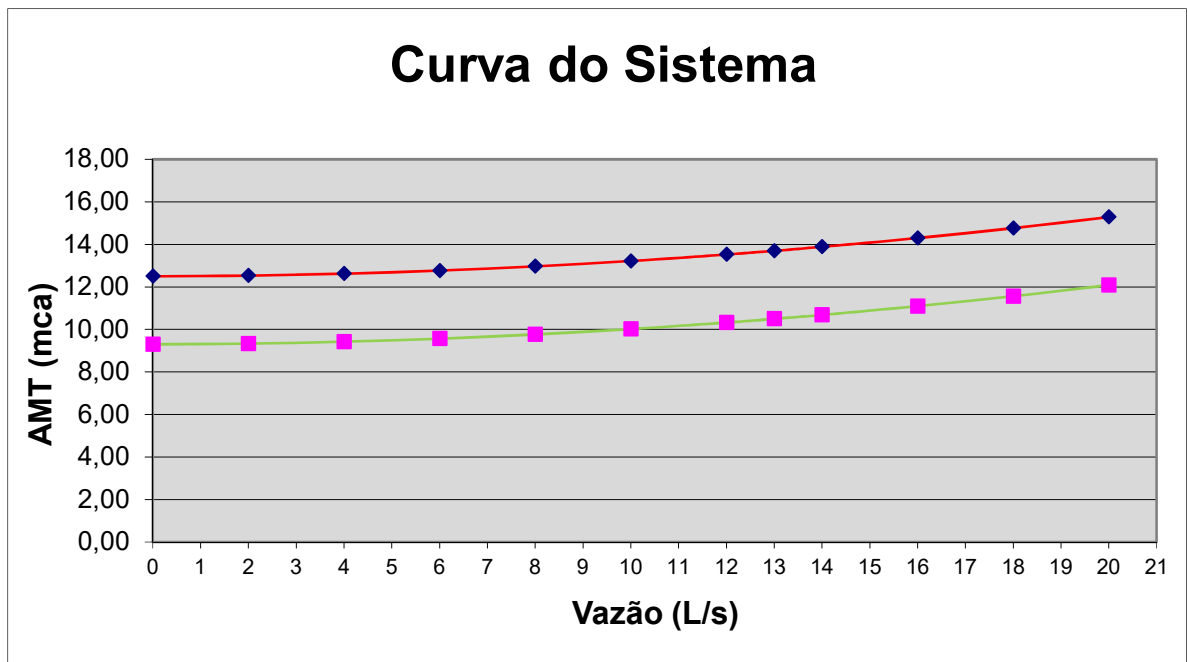


Figura 6.1. Curva do Sistema dos conjuntos motobomba.

Cada conjunto deverá ser equipado com inversor de frequência que permita a variação da rotação e, conseqüentemente, da vazão de recalque, a ser instalado no painel de controle para ajuste manual da vazão de recalque por parte dos operadores.

### 6.3.2 - Medidor de vazão

Deverá ser fornecido um medidor de vazão do tipo eletromagnético carretel, com laminador de fluxo e precisão de medição de 1% para velocidades acima de 0,01m/s.

Deverá ser instalado no início da linha de recirculação do efluente clarificado com diâmetro de 150 mm. Esse equipamento deverá ser composto de duas partes: o tubo medidor com sensor eletromagnético de fluxo e o conversor/microprocessador de dados.

A parte interna do tubo medidor, bem como o eletrodo deverão ser de material ou revestimento adequado para o contato direto com os efluentes de estações de tratamento de água. A parte externa deverá ser aço carbono com pintura epóxi poliamida.

O microprocessador deverá indicar medições de vazão instantânea e totalizada, bem como velocidade de escoamento.

### **6.3.3 - Misturadores Submersíveis para a Homogeneização do Tanque de Regularização dos Efluentes**

O Fornecedor deverá apresentar um estudo prévio definindo a melhor posição para cada equipamento, bem como a potência dos mesmos, de forma a garantir perfeita homogeneização sem que haja a deposição de material sólido no fundo do mesmo.

Os misturadores submersíveis e respectivos motores elétricos deverão constituir um único conjunto totalmente estanque, de modo a ser completamente submersível. Os equipamentos deverão ser providos de sensores que detectem a presença de água em seu interior e o superaquecimento do motor, caso tais eventos ocorram.

Cada equipamento deverá ser fornecido com as respectivas estruturas de apoio (base, tubo-guia e suporte), e demais dispositivos que permitam o içamento do aparelho, bem como a rotação do mesmo nas direções horizontal e vertical.

Deverão ser fornecidos 2 misturadores mecânicos do tipo submersíveis próprios para a homogeneização de águas servidas com concentração de sólidos em suspensão variando no intervalo de 1 a 5 kgSST/m<sup>3</sup>, à temperatura ambiente. Os conjuntos de mistura deverão garantir a homogeneização do conteúdo de um tanque de volume igual a 95 m<sup>3</sup> com as seguintes dimensões:

- Comprimento: 7,0m;
- Largura: 4,5 m; e
- Profundidade útil: 3,0 m.

### **6.3.4 - Misturador de Eixo Vertical para a Homogeneização do Tanque de Armazenamento de Lodo Adensado**

Deverá ser fornecido um misturador de eixo vertical com rotor do tipo turbina de fluxo axial, semelhante aos flocladores mecânicos especificados anteriormente no item 2.2.

Esse misturador deverá ter capacidade para a homogeneização de lodo adensado com concentração de sólidos em suspensão variando no intervalo de 10 a 40 kgSST/m<sup>3</sup>, à temperatura ambiente. O conjunto de mistura deverá garantir a homogeneização do conteúdo de um tanque de volume igual a 45 m<sup>3</sup> com as seguintes dimensões:



- Comprimento: 5,0m;
- Largura: 4,3 m; e
- Profundidade útil: 3,0 m.

A potência máxima do motor deverá ser calculada pelo Fornecedor, considerando as perdas mecânicas e elétricas que ocorrerem. O dimensionamento do propulsor, em função da velocidade de rotação, deverá ser feito de acordo com a energia a ser transmitida à água.

O rotor deverá ser do tipo hélice com pelo menos quatro pás radiais firmemente presas ao eixo principal de acionamento, através de dispositivo desmontável.

O rotor deverá ser construído em chapa de aço-carbono com proteção anticorrosiva e tensões previamente eliminadas. Todos os parafusos e porcas submersos deverão ser de aço inoxidável AISI 304.

O eixo de transmissão deverá ser dimensionado de forma a ser suficiente para acionar o rotor para a devida agitação sem provocar ruídos, vibrações e deflexões laterais indevidas, sob as condições de fluxo exigidas.

O conjunto deverá ser projetado para serviço contínuo e ter capacidade para fornecer a energia e o torque necessários para a condição de homogeneização necessária.

A unidade acionadora deverá ser formada por um conjunto moto redutor totalmente fechado e abrigado em uma cobertura metálica leve própria para operação ao tempo, com aberturas para a ventilação e alças para facilitar sua colocação e remoção.

### **6.3.5. Centrífugas para o Desaguamento de Lodo**

Deverão ser fornecidas 3 centrífugas, do tipo tambor horizontal, próprias para o desaguamento de lodo físico-químico gerado em estação de tratamento de água. Cada equipamento deverá ter capacidade para desaguar no mínimo 4,0 m<sup>3</sup>/h de lodo físico-químico com teor de sólidos inicial na faixa de 20 kgSST/m<sup>3</sup>, com uma garantia de desaguamento que resulte em um lodo com teor de sólidos final de no mínimo 250 kgSST/m<sup>3</sup>.

Ressalta-se que a capacidade especificada não é a capacidade hidráulica do equipamento, mas sim a capacidade de desaguamento considerando o volume e as características qualitativas do lodo a ser desaguado. O fornecedor deverá ser responsável pelo

desempenho dos equipamentos com a geração de lodo desaguado com teor de sólidos mínimo de 250 kgSST/m<sup>3</sup> (25%).

O fornecimento deverá considerar o dispositivo hidráulico de mistura do polímero com o lodo a ser desaguado, bem como o quadro de energia e painel de controle completo, que comande automaticamente o acionamento das bombas de alimentação de lodo e de dosagem de polímero em função do acionamento das centrífugas.

Quando em operação, em quaisquer condições de regime de serviço e velocidade, as centrífugas deverão estar isentas de vibrações excessivas e barulho excessivo.

### **6.3.6 – Conjuntos de Recalque do Tipo Deslocamento Positivo Helicoidal**

#### **6.3.6.1 - Condições Gerais**

Esses equipamentos deverão ser constituídos por rotor, na forma de rosca simples, e estator conformado com o rotor, feito em elastômero. A carcaça deverá ser em ferro fundido. O rotor deverá ser em aço inox V-304, cromado e o estator, em borracha sintética perfeitamente encaixada na carcaça, de modo a evitar deslocamentos no sentido de rotação do rotor. O ajuste da vazão de dosagem deverá ser feito, através de dispositivo eletrônico de variação de rotação do motor.

Os conjuntos elevatórios, quando em operação, em quaisquer condições de regime de serviço e velocidade, deverão estar isentos de vibrações excessivas, barulho excessivo e vazamentos de óleo e do líquido recalcado.

Todas as peças e conexões, necessárias para a refrigeração e lubrificação das caixas de vedação do eixo, deverão estar incluídas no fornecimento.

#### **6.3.6.2 - Alimentação das Centrífugas**

Fornecimento de 4 conjuntos equipados com dispositivo eletrônico de variação de rotação, para operarem no esquema 3 + 1 de reserva, próprios para o recalque de lodo com teor de sólidos variando de 2 a 4 % (20 a 40 kg/m<sup>3</sup>) a temperatura ambiente. Cada equipamento deverá atender as seguintes condições operacionais:

- Vazão de recalque: 4,5 m<sup>3</sup>/h; e

- Altura manométrica total:  $\geq 10,0$  mca;
- Rotação máxima: 800 rpm

### **6.3.6.3 - Aplicação de Polímero para Clarificação e Adensamento de Lodo**

Fornecimento de 2 conjuntos equipados com dispositivo eletrônico de variação de rotação, para operarem no esquema 1 + 1 de reserva, próprios para o recalque de emulsão de polímero com concentração de 0,1 a 0,5 % a temperatura ambiente. Cada equipamento deverá atender as seguintes condições operacionais:

- Vazão de recalque: 100 L/h; e
- Altura manométrica total:  $\geq 15,0$  mca;
- Rotação máxima: 800 rpm

### **6.3.6.4 - Aplicação de Polímero para o Desaguamento de Lodo**

Fornecimento de 4 conjuntos equipados com dispositivo eletrônico de variação de rotação, para operarem no esquema 3 + 1 de reserva, próprios para o recalque de emulsão de polímero com concentração de 0,1 a 0,5 % a temperatura ambiente. Cada equipamento deverá atender as seguintes condições operacionais:

- Vazão de recalque: 700 L/h; e
- Altura manométrica total:  $\geq 15,0$  mca;
- Rotação máxima: 800 rpm

### **6.3.7 - Preparadores automáticos de solução de polímero**

Deverão ser fornecidos dois preparadores automáticos de polímero apropriados para o preparo de solução de polímero a partir do fornecimento de polímero em pó.

A capacidade hidráulica de cada equipamento deverá ser de 1000 L/h de solução de polímero com concentração de 0,1 % (1,0 kg/m<sup>3</sup>), sendo que os equipamentos deverão ser capazes do preparo de solução com concentração de até 0,5 % (5 kg/m<sup>3</sup>).

O equipamento deverá ser formado por compartimentos em série, dotados de misturadores mecânicos capazes de operar simultaneamente. O compartimento final,

destinado à armazenagem da solução maturada e alimentação dos conjuntos de dosagem, deverá ser provido de sensores de nível que deverão controlar automaticamente a operação de preparo de solução no primeiro compartimento, em função da variação de nível no compartimento final. Cada compartimento deverá ser dotado de válvula de drenagem independente.

A entrada de água para preparo da solução deverá ser controlada automaticamente através de válvula solenoide ou similar, de forma a ser compatível com o automatismo estabelecido pelo controle de nível do compartimento final.

O Painel de Força e Comando responsável pelo acionamento de todo o conjunto do sistema de preparação de polímeros, deverá ser fornecido montado e interligando todos os componentes necessários a operação do sistema, tais como, botoeiras, sinalizadores, controle de sobrecarga e curto circuito e componentes elétricos do sistema de preparo de polímeros.

### **6.3.8 – Atuadores Elétricos**

Deverão ser fornecidos 4 atuadores elétricos para válvulas borboleta de diâmetro de 150 mm destinadas ao descarte de lodo adensado instaladas na base dos poços de lodo do clarificador.

Esses atuadores deverão possibilitar o acionamento local e a distância das referidas válvulas, bem como possuir volante para o acionamento manual em caso de falta de energia elétrica e indicador local da posição da válvula.

Deverão possuir grau de proteção mínimo IP – 66, ou superior dependendo do ambiente de sua instalação. Deverão ter regime de controle do tipo “on/off” e serem do tipo um quarto de volta. Devem atender uma frequência mínima de acionamentos de 10 vezes/dia e possibilitarem tempos de abertura e fechamento de no máximo 20 segundos.

## 7. PERFIS DE SONDAGEM

Foram realizados três (03) pontos de sondagem a percussão (SPT) na área onde serão implantadas as infraestruturas projetadas no presente trabalho.

Em anexo são apresentados os relatórios de sondagem executado na ETA Porto Feliz, e na Figura 7.1 os locais onde foram executadas as sondagens a percussão.



Figura 7.1. Locais onde foram executadas as sondagens a percussão.

## ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)

Memoriais de Cálculo: Verificação e Proposta - ETA

Memoriais de Cálculo: Tratamento de Efluentes

Levantamento Planialtimétrico

Perfis de Sondagem

Orçamentos

Formulários da Licença da CETESB

Desenhos do Projeto Hidráulico Mecânico