

Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água

Treatment and utilization of filter backwash in water treatment plant

- **Data de entrada:**
27/05/2015
- **Data de aprovação:**
27/06/2016

Jordanna B. Lustosa* | Dalton C. Bracarense | Fabio Moreira S De Castro | Sérgio Carlos Bernardo Queiroz
Giulliano Guimarães Silva

DOI: 10.4322/dae.2016.027

Resumo

O gerenciamento de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água (ETA) é objeto de diversos estudos, e sua disposição de maneira indiscriminada constitui um grande passivo ambiental. Dentre os resíduos gerados se destaca a água empregada nos processos de limpeza dos filtros que, muitas vezes, é lançada indiscriminadamente no meio ambiente. Este trabalho objetiva desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de reúso de água de lavagem de filtros de ETAs seguido de um sistema de desidratação de lodo. A proposta foi a implantação de um tanque de sedimentação que funciona como separador de fases, sólida (lodo) e líquida (água de recirculação). Para o desaguamento do lodo obtido, foi utilizado um leito de drenagem de métodos construtivos simplificados. Essa solução permitiu o reaproveitamento de mais de 75% da água de lavagem, redução de custos operacionais, drenagem e desaguamento de lodo de maneira mais rápida, além de produzir uma torta de lodo com teores elevados de sólidos (30%).

Palavras-chave: reúso de água, leito drenante, lodo de ETA.

Abstract

The management of waste generated in Water Treatment Plants (WTP) is the subject of various studies and their disposal in an indiscriminate manner constitutes a great environmental liability. One of the main waste generated is the water used in the cleaning processes of the filters, which is often launched indiscriminately in the environment. This work aims to develop and evaluate the performance of a water reuse system for WTP filter washing followed by a sludge dewatering system. The proposal was the implantation

Jordanna B. Lustosa – Engenheira Ambiental, formada pela Universidade Federal do Tocantins e pós-graduada em Saneamento ambiental na mesma instituição de ensino. Atua na área de saneamento desde 2011, atualmente integrante da Odebrecht Ambiental na área de Sustentabilidade.

Dalton C. Bracarense – Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Minas Gerais e École des Ponts et Chaussées. Atua na área de saneamento desde 2010 com a condução de projetos na França, África, Índia e Brasil. Atualmente é responsável de operação e manutenção do polo de Guaraí da Odebrecht Ambiental|Saneatins (Tocantins).

Fabio Moreira S De Castro – Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). Especialista em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Graduado em Engenheiro Civil pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Atua na área de saneamento desde 2004 na Gerência de Desenvolvimento de Estudos e Projetos da Odebrecht Ambiental|Saneatins (Tocantins).

Sérgio Carlos Bernardo Queiroz – Engenheiro Ambiental, MSc em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto, Professor da Universidade Federal do Tocantins.

Giulliano Guimarães Silva – Engenheiro Ambiental, MSc em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins e Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto, Professor no Instituto Federal do Tocantins

***Endereço para correspondência:** Quadra 1203 SUL, Al- 04, QI – 06, Lt- 08 – Palmas – TO – CEP: 77.019-436 – Brasil – Celular: +55 (94) 9 91557864 – e-mail: jordannalustosa@yahoo.com.br

of a sedimentation tank that works as a phase separator, solid (sludge) and liquid (recirculation water). For the drainage of the sludge obtained, a drainage bed of simplified construction methods was used. This solution allowed the reuse of more than 75% of the washing water, reduction of operational costs, drainage and dewatering of sludge more quickly, besides producing a sludge cake with high content of solids (30%).

Keywords: water reuse, draining bed, sludge of WTS.

1 INTRODUÇÃO

As Leis 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – “Política Nacional de Recursos Hídricos”, a Lei 9.433 de Recursos Hídricos e a 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – “Crimes Ambientais”, trazem em seus conteúdos condições que deverão exigir nova postura dos gerentes dos sistemas de tratamento de águas diante dos resíduos gerados e sua disposição no meio ambiente, além de provocar uma mudança de postura dos órgãos de fiscalização diante do problema.

Um dos problemas mais sérios nesse contexto é a redução do volume de lodo produzido ou a diminuição dos volumes a serem dispostos. Em função da quantidade excessiva de água presente nesses rejeitos, a remoção desta é imperativa na solução do problema. (Cordeiro, 2001).

Sabendo que a disposição dos resíduos gerados em estação de tratamento de água *in natura* pode provocar alterações prejudiciais ao meio ambiente, os estudos voltados para minimizar esses impactos vêm crescendo significativamente no Brasil. O primeiro passo é a caracterização do efluente gerado, e isso vai depender do tipo de tratamento que é dado para a água bruta.

Os resíduos gerados nas ETA's são provenientes das limpezas ou descargas dos decantadores (ou eventualmente, em flotadores) e da lavagem dos filtros (ALF). Em uma estação de ciclo completo, a lavagem dos filtros produz a maior quantidade desses resíduos em termos volumétricos, já o decantador produz a maior quantidade em termos

mássicos. Já nas ETA's de dupla filtração, o lodo é oriundo da água de lavagem dos filtros e das descargas de fundo dos mesmos.

Como parte do tratamento, os resíduos gerados numa ETA devem ter atenção especial. Von Sperling (2005) coloca que a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento e disposição do lodo de ETA deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Não há fórmula generalizada para tal, e o bom senso ao se atribuir a importância relativa de cada aspecto técnico é essencial.

A quantidade de lodo produzida em determinada ETA dependerá de fatores como: partículas presentes na água bruta, que conferem turbidez e cor à mesma; concentração de produtos químicos aplicados ao tratamento; tempo de permanência do lodo nos tanques; forma de limpeza dos mesmos; eficiência da sedimentação; entre outros.

Para a clarificação dos resíduos, Di Bernardo *et al.* (2012) citam o uso de tanques de recepção que funcionam por batelada, com a finalidade de receber os resíduos das lavagens dos filtros e das descargas dos decantadores, permanecendo por tempo suficiente até que o material suspenso sedimente e permita a retirada do sobrenadante e do sedimento.

Richter (2001) cita que esse lodo é basicamente líquido, com teor de sólidos variando entre 0,1 a 4% na água de descarga dos decantadores, e en-

tre 0,004 a 0,1% para água de lavagem dos filtros, dependendo de sua fonte de origem e do coagulante utilizado.

A umidade influi diretamente nas propriedades mecânicas do lodo, sendo que estas influenciam o tipo de manuseio e de disposição final do lodo. A relação entre umidade e as propriedades mecânicas se dá conforme a Tabela 1, (Von Sperling, 2005):

Tabela 1 - Teor de sólidos x propriedades mecânicas do lodo

Umidade (%)	Teor de sólidos secos %	Propriedades mecânicas do lodo
100 a 75	0 a 25	Lodo fluído
75 a 65	25 a 35	Torta semissólida
65 a 40	35 a 60	Sólido duro
40 a 15	60 a 85	Lodo em grânulos
15 a 0	85 a 100	Lodo desintegrado em pó

O tratamento do lodo de ETA é concebido para reduzir cada vez mais o teor de umidade de maneira a se ter o menor volume possível de resíduos para disposição final. As principais etapas do gerenciamento do lodo de ETA são:

- Adensamento: remoção de umidade (redução de volume);
- Condicionamento: preparação para a desidratação, como a adição de polímeros, por exemplo (principalmente para desaguamento mecânico);
- Desaguamento, desidratação ou secagem: remoção de umidade (redução de volume);
- Disposição final: destinação final dos subprodutos.

Na maioria dos sistemas atuais, o lodo é descartado em leitos de secagem. Esses leitos são unidades de tratamento, normalmente em formato retangular, projetadas e construídas para receber o lodo de digestores, mais comuns em estações de

tratamento de esgoto. Nos projetos tradicionais, o lodo é despejado sobre um meio filtrante, formado por areia e brita, que garantem o escoamento da água livre. A camada filtrante pode variar de 50 a 75cm e é composta por brita 2, brita 1 e areia.

O leito de secagem pode ser dividido em duas partes:

- Tanque de armazenamento: geralmente retangulares, com paredes em alvenaria ou concreto;
- Camada drenante: composta por meio filtrante (areia e brita), sistema de drenagem (tubulações perfuradas) e camada suporte ou de proteção da areia para permitir a limpeza (tijolos cerâmicos ou pré-moldados de concreto).

Tendo como fonte de conhecimento as referências bibliográficas apresentadas acima e a necessidade de se implantar uma solução para a água de lavagem dos filtros de ETA, foi concebido o sistema para reúso de água seguido de leitos de drenagem para a ETA de Colmeia/TO. O projeto foi desenvolvido pela equipe de engenharia da Odebrecht Ambiental|Saneatins, em parceria com a operação local, tendo como foco a busca de uma solução simples e que permitisse o retorno máximo de água ao sistema, bem como a eficiência na drenagem e desaguamento do lodo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A tecnologia que será apresentada foi implantada em Colmeia, município tocantinense que se encontra a 200 km de Palmas e conta com uma população urbana de 6.500 habitantes. A ETA de Colmeia, responsável pelo tratamento de toda água consumida no município, trata água captada superficialmente através de tecnologia de dupla filtração. Esta tecnologia emprega a filtração direta ascendente como pré-tratamento para a filtração descendente. Segundo Di Bernardo *et al.* (2003), o uso dessa tecnologia é uma das mais promissoras para tratamento de água, estiman-

do-se que grande parte das necessidades de tratamento de água no Brasil poderia ser satisfeita com o seu uso. A ETA opera atualmente 21 horas por dia, com vazão média de 17 L/s, sendo seu funcionamento original ilustrado na figura 1.

Essa configuração evidencia dois problemas operacionais até então sem solução: a destinação da água de lavagem dos filtros e o desaguamento do lodo presente nesta água.

A água de lavagem dos filtros de pedregulho e de areia era descartada *in natura*, em um terreno próximo à estação. Essa operação gerava um desperdício de água da ordem de 10% de todo o volume produzido, além de representar uma ameaça às condições ambientais do município.

Para solucionar o problema da destinação da água de lavagem dos filtros, foi projetado e construído um Tanque de Sedimentação da Água de Lavagem dos Filtros (TSALF), que tem como função principal a separação das fases sólida e líquida da água de lavagem. Na parte inferior do tanque fica acumulada a porção sólida (lodo), que será descarta-

da em um leito de drenagem; e, na parte superior, a porção líquida, que será recirculada para o sistema de tratamento. Os leitos de drenagem complementam essa estrutura, sendo os responsáveis pela drenagem e desaguamento do lodo, o que será explicado posteriormente.

Nessa nova configuração, o tratamento da água permanece inalterado: a água bruta passa pelos filtros de pedregulho e areia e, em seguida, é encaminhada para um tanque de contato para desinfecção. A alteração se deu na água de lavagem dos filtros que, em vez de ser descartada, é reutilizada no próprio tratamento; e, nos leitos de drenagem, onde o lodo do tratamento é drenado e desaguado, conforme ilustra a Figura 2.

Essa solução permitiu reaproveitar grande parte da água de lavagem dos filtros e, juntamente com o leito de drenagem, prover uma destinação aos resíduos gerados no tratamento (lodo). A seguir são apresentadas em detalhes as tecnologias implantadas: tanque de sedimentação da água de lavagem dos filtros (TSALF) e leito de drenagem.

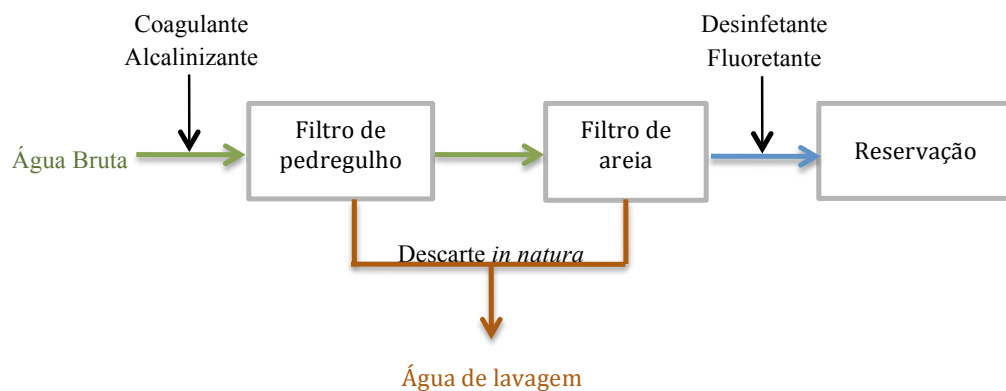


Figura 1 - Fluxograma com a configuração original da ETA de Colmeia

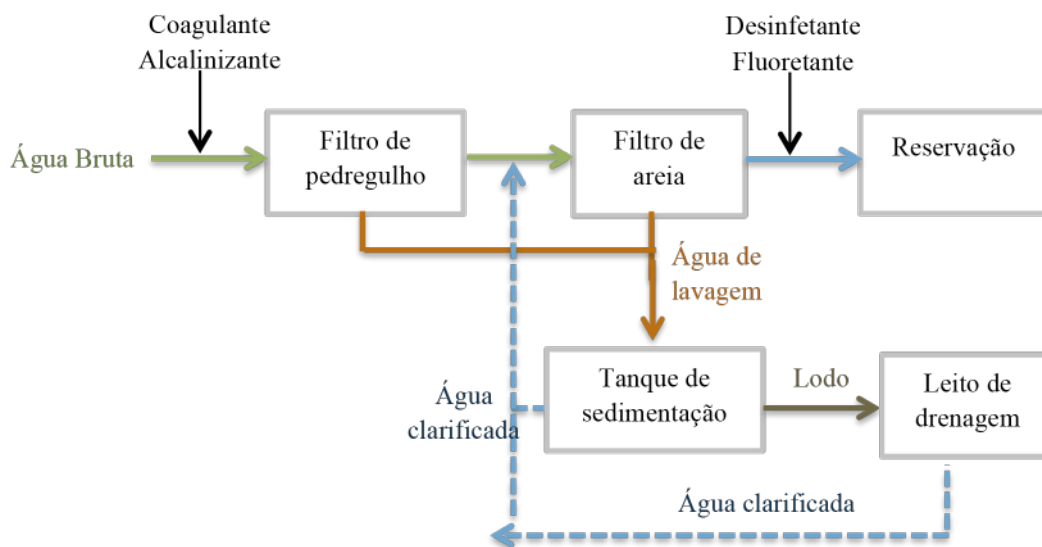


Figura 2 - Fluxograma com a configuração atual da ETA de Colmeia

2.1 Tanque de Sedimentação da Água de Lavagem dos Filtros (TSALF)

O Tanque de Sedimentação da Água de Lavagem dos Filtros (TSALF) funciona em batelada, ou seja, recebe o volume correspondente à lavagem de um filtro e, após o tempo de sedimentação (aproximadamente 60 minutos), a água clarificada é bombeada para a entrada dos filtros da ETA. Vale ressaltar que a vazão de recirculação deve ser baixa e constante para que não afete a taxa de filtração dos filtros de areia, que não deve passar de 155 m³/m².d.

A Figura 3 apresenta um esquema de funcionamento do sistema de reaproveitamento de água e desaguamento do lodo. Quando da lavagem dos filtros, seja o de pedregulho ou areia, a água de lavagem é enviada por gravidade ao tanque de sedimentação. Após o período de decantação, o sobrenadante (água clarificada) é bombeado novamente para o tratamento na ETA. O lodo sedimentado, após ser adensado no tanque, é direcionado para os leitos de drenagem, conforme ilustra a Figura 3.

Segundo informações obtidas na ETA, na situação em se utiliza o maior volume de água (lavagem dos filtros de pedregulho), são gastos em média 90 m³ de água no processo de lavagem, sendo:

- 75 m³ da lavagem ascensional dos filtros de pedregulho com água tratada;
- 15 m³ da descarga de fundo dos filtros de pedregulho;

O TSALF foi dimensionado considerando-se o volume máximo de lavagem de 90 m³, e duração da carreira de filtração crítica de 12h. Desta forma as dimensões do tanque serão de 3,50 m de largura, 10,5 m de comprimento e 2,5 m de profundidade útil, resultando volume útil de 91,8 m³.

Para que não ocorra acúmulo de água no TSALF, foi considerado o bombeamento da água em 5 h de funcionamento. Neste intervalo, não se deve efetuar nenhuma lavagem de filtro, pois não haverá volume suficiente de armazenamento no TSALF.

O encaminhamento da água clarificada do TSALF para a ETA é efetuado através de bombeamento

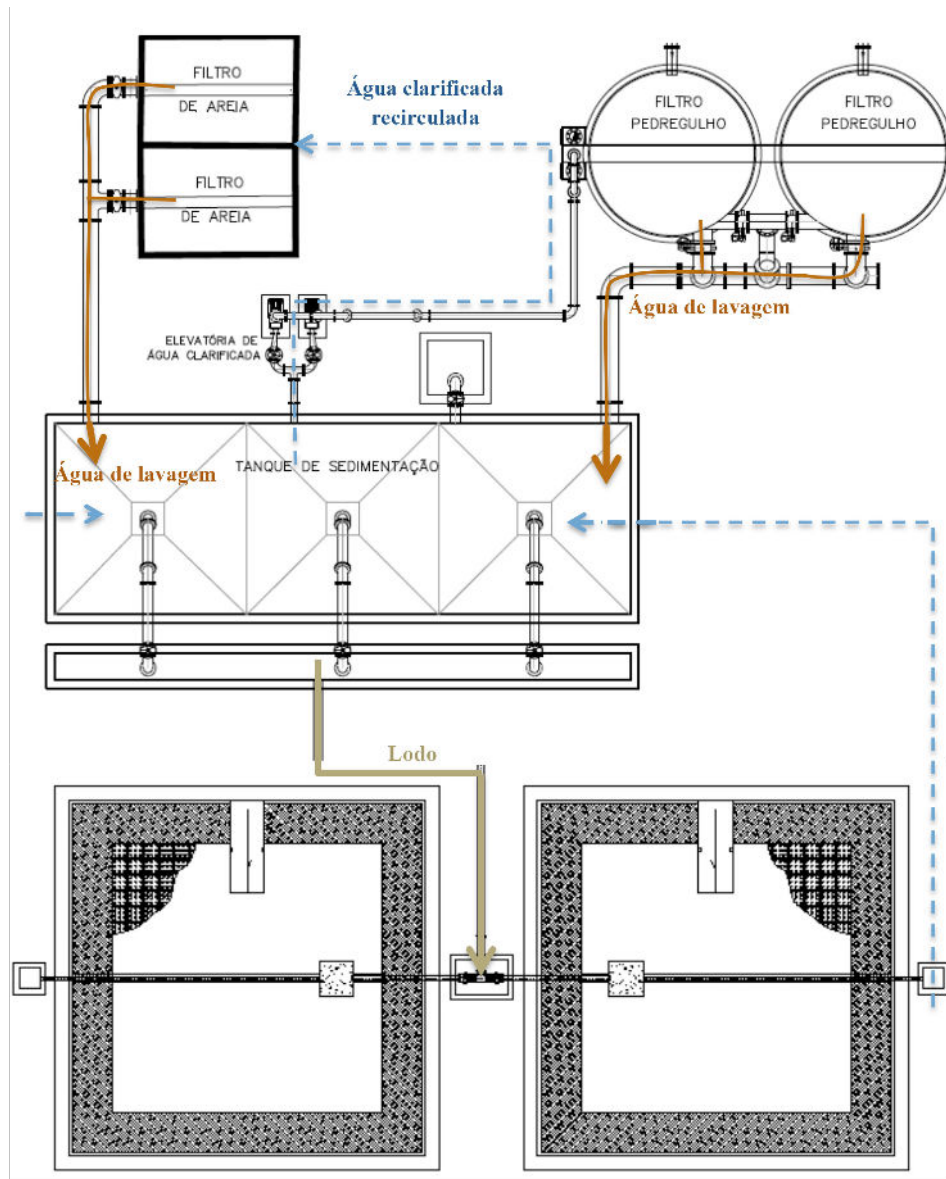


Figura 3 - Esquema de funcionamento do sistema de reaproveitamento de água e desaguamento do lodo

com bomba centrífuga para líquidos. O modelo adotado foi a Bomba KSB Megabloc 40-160 (1,5 cv, 1750 rpm) com vazão de 18 m³/h e altura manométrica de 8 m.c.a.

Para facilitar a remoção dos sólidos sedimentados após a clarificação da água de lavagem dos filtros, foram previstos poços de lodo no fundo do tan-

que, poços estes com ângulo de 60° com a horizontal. Desta forma, para que os poços não resultassem tão profundos, foram previstos três poços de lodo no total, com dimensões iniciais de 3,50 m e dimensões finais de 0,61 m. Os três poços totalizam um volume de 37 m³. Se durante a operação do tanque, a sedimentação dos sólidos na água

de lavagem se mostrar ineficiente, é necessária a aplicação de polímero na entrada do TSALF.

Como a recirculação é feita sempre que ocorre a lavagem dos filtros, foram instalados sensores de nível antes dos cones do tanque para que não seja recirculada a parte mais densa (lodo). Quando chegar o momento de dar descarga no lodo do tanque, primeiro deve-se abrir o registro para dar descarga no lodo e depois recircular a água clarificada, de maneira a aproveitar a carga hidráulica para descarte do lodo. O controle da descarga do lodo é feito pelo operador da ETA de forma manual: assim que o lodo começar a clarear e ficar menos denso, deve-se fechar o registro de saída do lodo e iniciar o processo de recirculação.

Esporadicamente observa-se a presença de material flotante no tanque de decantação. Tal fato não chega a comprometer o desempenho do sistema, pois o volume desse material é bem pequeno e, quando acontece uma nova lavagem de filtros, a água agita o tanque e faz com que esse material se desprenda e sedimente. Se o problema se agravar, deve-se utilizar um polímero para facilitar a sedimentação.

Vale ressaltar que a descarga do lodo não será realizada a cada lavagem dos filtros, visto que o volume de sólidos em cada lavagem é inferior ao

volume dos poços de sedimentação, pois o grande percentual desse efluente é de água com condições ideais para recirculação (sobrenadante). Inicialmente a descarga estava prevista para ser realizada em períodos de 12 a 50 dias em períodos seco e chuvosos respectivamente, porém, quando se iniciou a operação do sistema, foi observado que essa condição não se aplicaria, tendo em vista os altos teores de carbono orgânico total presente na água. Quando passava de cinco dias, o lodo conferia odor e gosto à água, comprometendo sua qualidade.

Na Tabela 2 é apresentada a lista de materiais hidráulicos necessários para construção do tanque e nas Figuras 4, 5 e 6 é mostrado o detalhamento do tanque de sedimentação.

Tabela 2 - Lista de materiais hidráulicos

ITEM	MATERIAL	DN (mm)	DESCRIÇÃO	QUANTIDADES
1	FoFo	150	Curva de 90° FF	3
2	FoFo	150	Registro de gaveta FF	3
3	FoFo	150	Curva de 45° FF	6
4	Aço	150	Tubo FF (L= 1 metro)	6
5	Aço	150	Tubo FF (L= 1,3 metro)	3

Na Figura 7 vê-se o sistema ainda em fase de construção. As Figuras 8 e 9 mostram o sistema já em operação.

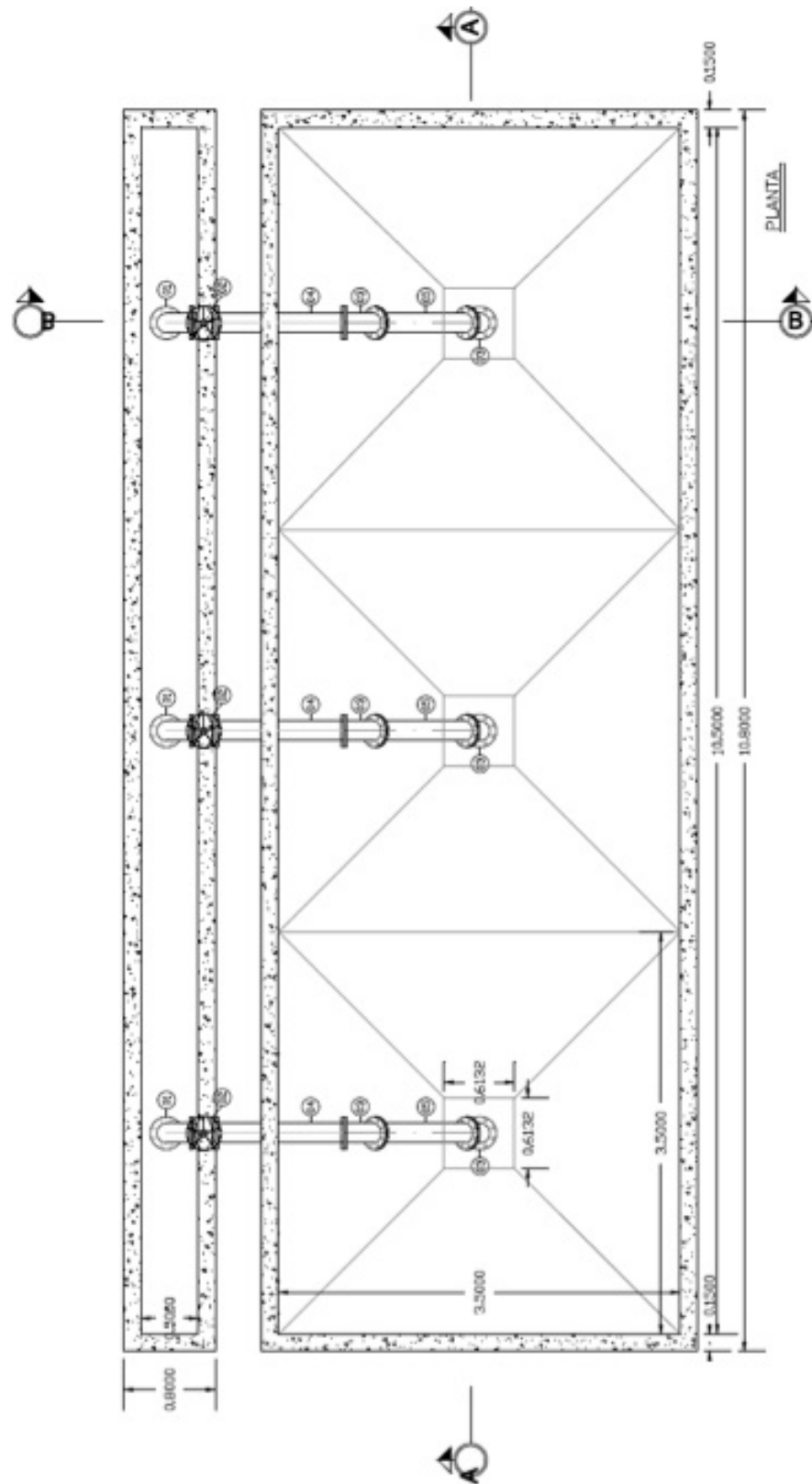


Figura 4 - Planta do tanque de sedimentação

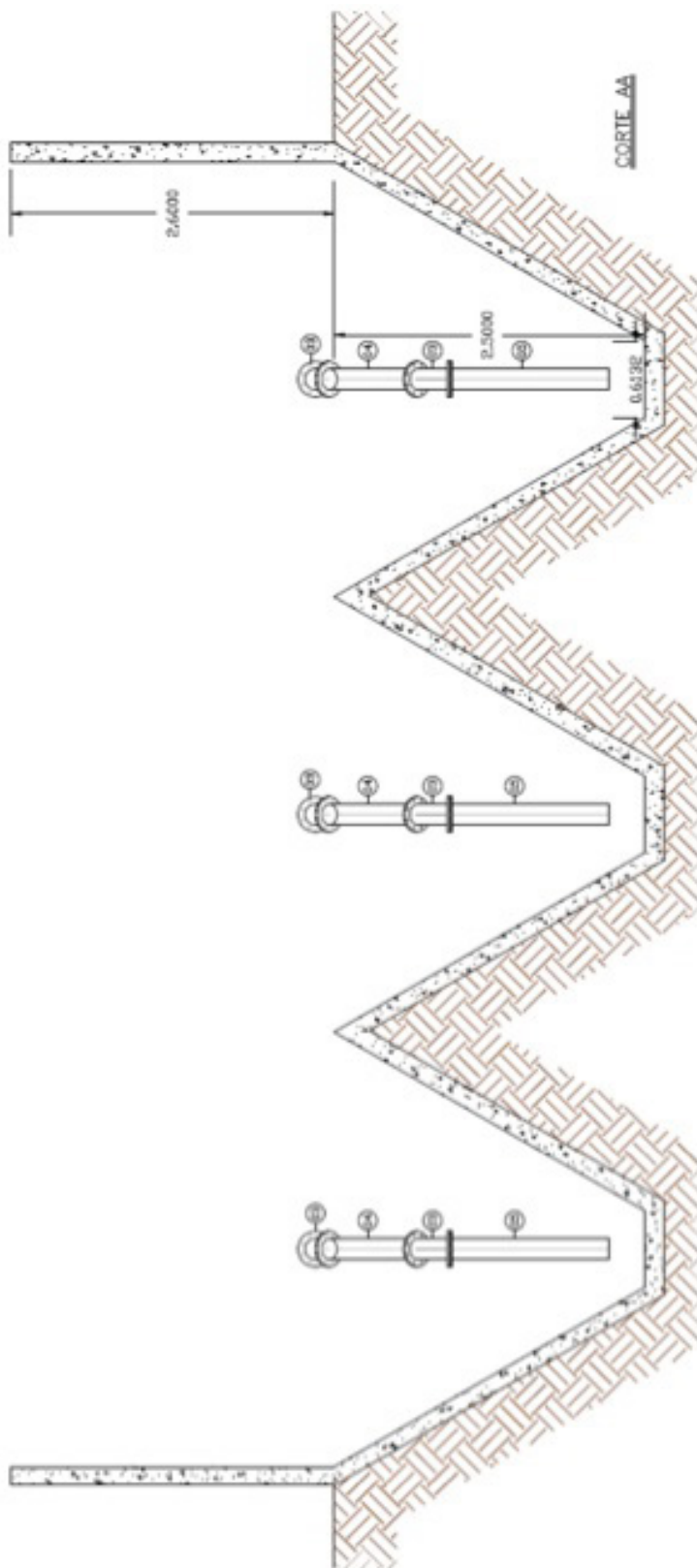


Figura 5 - Corte AA do tanque de sedimentação

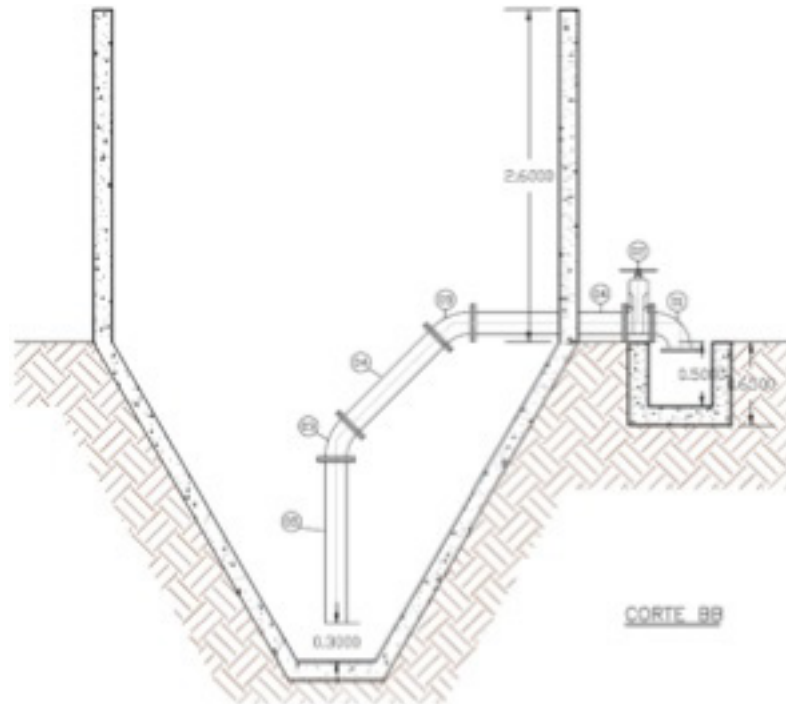


Figura 6 - Corte BB do tanque de sedimentação



Figura 7 - Obra do tanque de decantação e leito de drenagem



Figura 8 - Tanque de sedimentação e tubulações de água de lavagem e de recirculação



Figura 9 - Água clarificada

2.2 Leito de drenagem

Após processo de clarificação, o lodo é direcionado para os leitos de drenagem, que originalmente foram dimensionados para operar em estações de tratamento de esgoto e, devido aos bons resultados, o uso deste projeto foi ampliado para lodos de estação de tratamento de água.

Os leitos de drenagem apresentam algumas vantagens quando comparados aos leitos de secagem tradicionais. A primeira delas é uma maior eficiência na drenagem da água livre, alcançada através da redução da camada drenante. Essa redução foi obtida através de um geocomposto de

drenagem – MACDRAIN 2L e areia grossa, reduzindo-se a altura da camada para a faixa de 15 a 25 cm, sendo a camada drenante protegida através de pré-moldados tipo cobogó.

Outra vantagem é a redução de custo na execução, visto que os leitos foram escavados em solo e protegidos com manta impermeabilizante em PEAD de 2,0 mm de espessura, em substituição aos tanques de armazenamento em concreto.

Por fim, o sistema de recirculação da água drenada permite seu reúso no processo de tratamento e favorece uma drenagem mais rápida do lodo. A água dos lodos passa pelo material filtrante, de onde é encaminhada para pequenos reservatórios laterais que recircularão essa água para o tanque de decantação.

Os leitos de drenagem foram dimensionados levando-se em conta a capacidade de drenagem do geocomposto MACDRAIN 2L e da areia grossa sobre o geocomposto. Neste projeto foram adotados inclinações fundo de 2% e calculando-se a pressão sobre o geocomposto, sendo: a carga de areia (camada de 25 cm – 450kg), do cobogó (4 unidades por m^2 , com 35kg/peça – 140kg) e descarga de lodo (camada máx. de 50 cm – 500kg). Tem-se uma carga de $1090 \text{ kgf}/m^2$ ou $10,9 \text{ kPa}$ sobre o geocomposto.

Para esta situação, obtém-se do catálogo do produto uma capacidade de drenagem de aproximadamente $0,65 \text{ L/s} \times m$. Visto as dimensões de fundo de $8,5 \times 8,5 \text{ m}$ e canal central de drenagem, tem-se uma capacidade de drenagem do geocomposto de $11,05 \text{ L/s}$ ($2 \times 8,5 \times 0,65 = 11,05 \text{ L/s}$). Com esta alta capacidade de percolação, percebe-se que geocomposto não é o limitante para a drenagem e sim a areia grossa. Segundo a NBR 7229/93 a capacidade de percolação para areia grossa é superior a $90 \text{ L}/m^2 \times d$. Neste projeto adotou-se um valor de $120 \text{ L}/m^2 \times d$. Como a área de fundo é

$8,5 \times 8,5 = 72,25 \text{ m}^2$, temos assim capacidade de percolação de projeto de 8.670 L/d.

A Figura 3 apresenta um esquema de funcionamento dos leitos de drenagem. Quando da lavagem dos filtros, seja o de pedregulho ou areia, a água de lavagem é enviada por gravidade ao tanque de sedimentação. Após o período de sedimentação, o lodo adensado é então direcionado para os leitos de drenagem.

A descarga do lodo não é realizada a cada lavagem dos filtros, visto que o volume de sólidos em cada lavagem é inferior ao volume dos poços de sedimentação, pois o grande percentual desse efluente é de água com condições ideais para recirculação (sobrenadante). A remoção do lodo é feita hidráulicamente, apenas com manobras de registros. Foram instaladas duas unidades, que são operadas alternadamente, para proporcionar a retirada do lodo seco. Os leitos de drenagem foram dimensionados com 10 x 10 metros com previsão de descarga de 25 m³ do TSALF o que corresponde a uma altura de 25 cm no leito. As unidades operam alternadamente, conforme abaixo:

- Cada leito recebe lodo por 15 dias, ou seja, uma descarga a cada cinco dias;
- Enquanto o primeiro leito está no período de secagem, as três próximas descargas são direcionadas para o leito 2, e assim os leitos passam 15 dias desidratando o lodo;
- A água que é drenada nesse processo é direcionada para uma caixa que contém uma bomba de pequeno porte que recalca o líquido drenado para o tanque de sedimentação;

- Quando passados os 15 dias de “descanso”, deverá ser feita a raspagem do leito antes de receber a próxima descarga.

A Figura 10 apresenta o leito de drenagem recebendo uma descarga de lodo do tanque de sedimentação. Já as Figuras 11, 12, 13 e 14 exibem o detalhamento desta tecnologia.



Figura 10 - Disposição do lodo no leito de drenagem

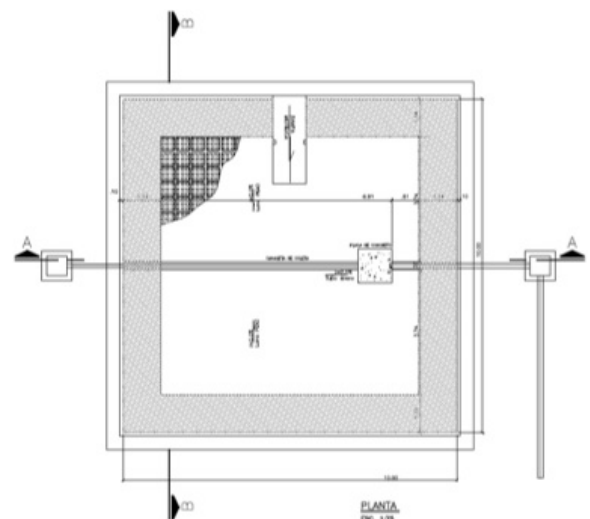


Figura 11 - Planta do leito de drenagem

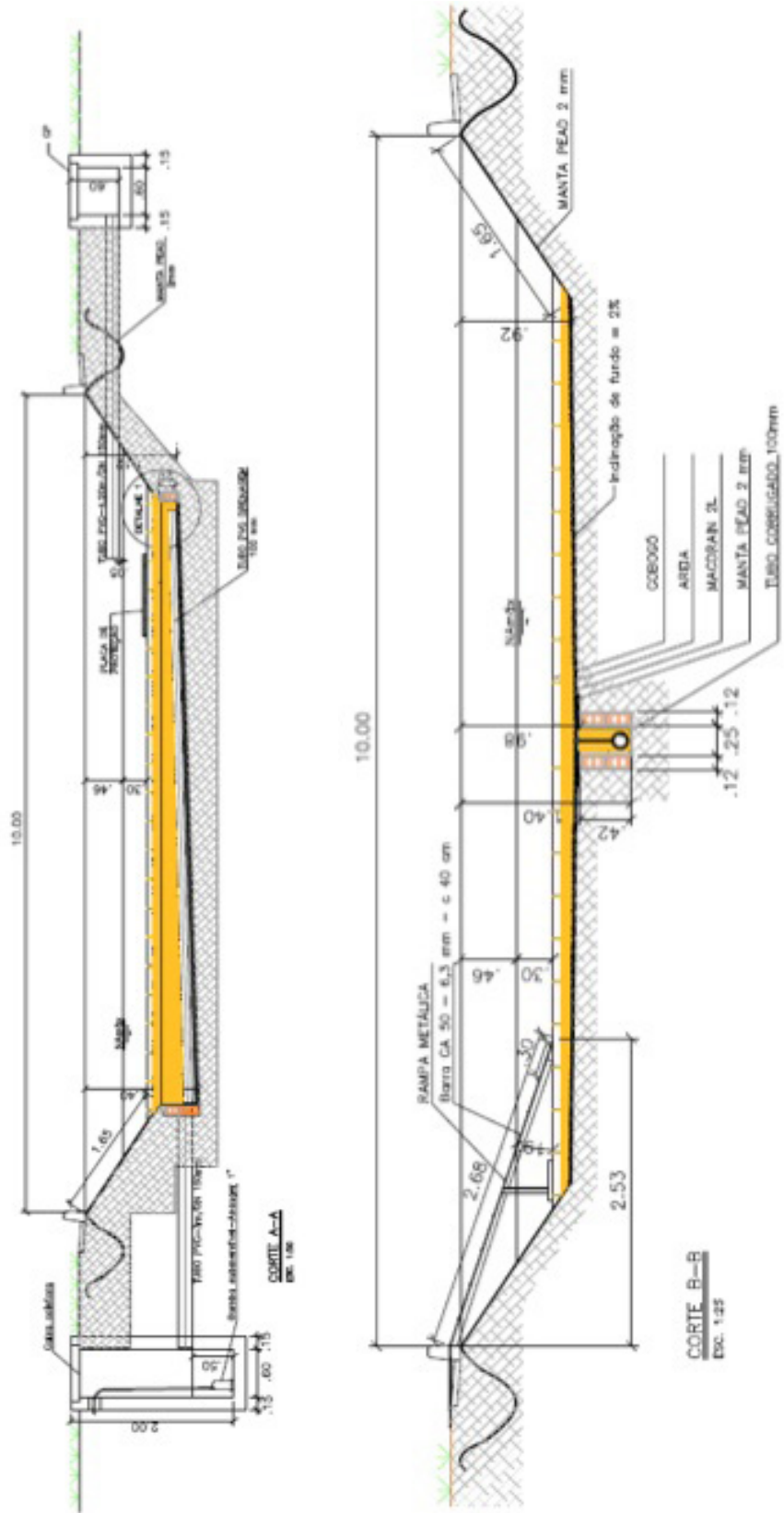


Figura 12 - Cortes AA e BB

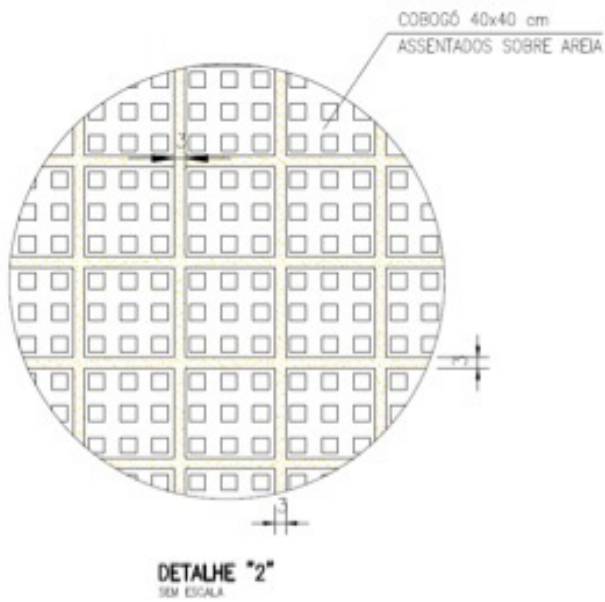


Figura 13 - Detalhe 1

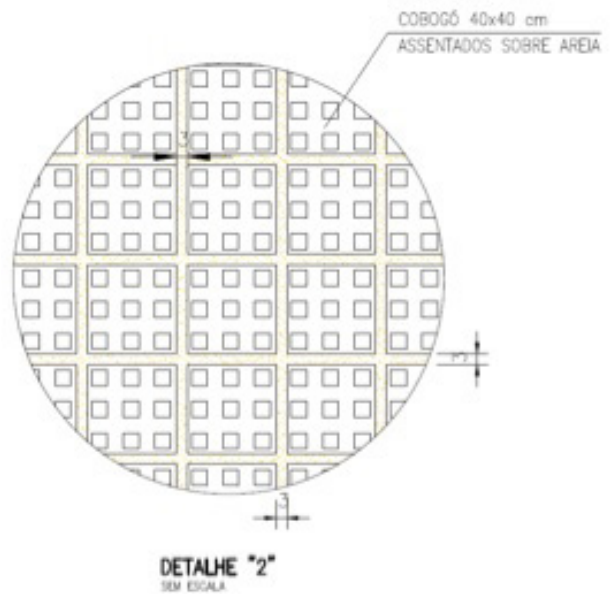


Figura 14 - Detalhe 2

A Figura 15 apresenta o aspecto final da torta de lodo drenada e desaguada no leito de drenagem.



Figura 515 - Lodo após cinco dias

3 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os dados operacionais de 2013 (valores médios mensais), ano em que o sistema de reaproveitamento ainda não havia sido implantado.

Tabela 3 - Dados operacionais da ETA de 2013

	Vazão	Tempo de operação	Volume captado	Volume produzi-do	Volume de lavagem dos filtros		Volume perdido
	m³/dia	h/dia	m³/dia	m³/dia	m³/dia	% aduzido	m³/dia
Jan	58	21	1210	1062	148	12%	148
Fev	58	20	1117	1003	118	11%	118
Mar	60	20	1192	1076	116	10%	116
Abr	59	20	1149	1026	127	11%	127
Mai	59	21	1235	1127	108	9%	108
Jun	60	22	1304	1199	104	8%	104
Jul	60	21	1249	1158	91	7%	91
Ago	65	22	1459	1376	83	6%	83
Set	64	22	1393	1312	82	6%	82
Out	62	21	1391	1310	81	6%	81
Nov	58	21	1211	1107	108	9%	108
Dez	57	20	1119	1008	111	10%	111
Média Anual	60	21	1252	1147	106	9%	106

Analisando a tabela acima, observa-se que o volume de água perdido no processo de tratamento chegava a até 12% do volume total aduzido. O volume médio mensal de água descartada era de 3.200 m³.

A Tabela 4 apresenta os dados operacionais da ETA de 2014 (valores médios mensais), ano em que o sistema de recirculação iniciou sua operação.

Tabela 04 - Dados operacionais da ETA de 2014

	Vazão	Tempo de operação	Volume captado	Volume produzido	Volume de lavagem dos filtros		Volume reaproveitado
	m³/dia	h/dia	m³/dia	m³/dia	m³/dia	% aduzido	m³/dia
Jan	61	18	1101	1052	115	10%	66
Fev	61	17	932	921	97	10%	76
Mar	62	17	1067	1044	101	9%	78
Abr	64	18	1127	1117	86	8%	74
Mai	64	21	1339	1328	64	5%	52
Jun	63	21	1266	1245	84	7%	59
Jul	62	22	1330	1309	93	7%	73
Ago	62	22	1388	1371	81	6%	64
Set	61	23	1349	1327	74	6%	49
Média Anual	62	20	1211	1190	88	8%	66

Quando da implantação do tanque de decantação, a taxa média de recirculação foi de 75% do volume de lavagem dos filtros. O volume perdido mensal caiu para 660 m³, que consiste basicamente no volume de lodo descartado e na evaporação da água do tanque. Com esse novo sistema, obteve-se um volume produzido maior com um volume captado menor.

Em relação à qualidade da água recirculada, ela apresenta praticamente as mesmas características da água bruta. A exceção se dá para os parâmetros alumínio, dureza e condutividade, que apresentaram valores ligeiramente superiores devido à dosagem de alcalinizante (cal) e coagulante (sulfato de alumínio). Essas alterações favorecem o tratamento da água, pois a mesma já está com as características ótimas para passagem nos filtros de areia.

Vale ressaltar aqui os cuidados que se deve ter com a prática de recirculação da água de lavagem de filtros. Devem ser observados os riscos à saúde da população, devido principalmente à presença de cistos ou oocistos de protozoários. No Brasil não há uma legislação específica sobre o reúso da ALF, entretanto, nos Estados Unidos existe uma regulamentação da EPA (USEPA, 2002) que estabelece que a recirculação seja realizada com cuidado

e observando uma etapa de clarificação, e feito o controle da razão de recirculação para ETA. Freitas *et al.* (2010) estudaram os perigos associados à recirculação de ALF em ETAs de ciclo completo. A principal conclusão dos pesquisadores foi que a etapa de clarificação da ALF com o uso de polímeros é de fundamental importância para minimizar os riscos da recirculação.

Os custos de investimento totalizaram R\$ 119.440,42, sendo R\$ 101.296,95 dispendidos no TSALF e 18.143,47 na elevatória de água clarificada. Esse projeto trouxe redução de custos na operação da ETA de Colmeia, visto que:

- A energia necessária para recirculação da água clarificada é menor que para bombeamento da água bruta;
- Não é necessário realizar a dosagem de produtos químicos (alcalinizante e coagulante) na água recirculada, visto que a mesma já recebeu estes produtos anteriormente.

A Tabela 5 faz uma comparação de custos mensais entre a utilização da água bruta e da água clarificada na ETA, admitindo um volume médio de lavagem de filtros de 3.200 m³/mês. Foram considerados apenas os custos que variam de uma opção para outra: energia e produtos químicos.

Tabela 5 - Comparação de custo entre água bruta e água clarificada

	Energia					Prod. químicos	Custo Total
	Cap.	Potencia	Tempo	Energia	Custo*	Custo	
	m ³ /h	cv	H	kWh	R\$	R\$	R\$
Água bruta	80	40	40	1177	482,50	32,32	514,82
Água clarificada	18	1,5	178	196	80,40	0	80,40

*kWh = R\$ 0,51

Observa-se que a água bruta tem um custo mais que seis vezes superior ao da água clarificada. A utilização da água clarificada traz uma economia mensal média de R\$ 434,42, que representa 84,4% de economia em relação ao custo de utilização da água bruta.

Conforme já mencionado anteriormente, o sistema de reúso de água trouxe os seguintes ganhos:

- Economia na ordem de 6% do volume captado, o que garantiu o aumento do volume de água produzido sem necessidade de aumentar o volume retirado do manancial.
- Economia em energia e produtos químicos;
- Ganho ambiental, com o reúso e correta destinação dos resíduos gerados na ETA;
- Operação da ETA mais atenta ao consumo interno de água, energia e produtos, agregando ações sustentáveis à operação.

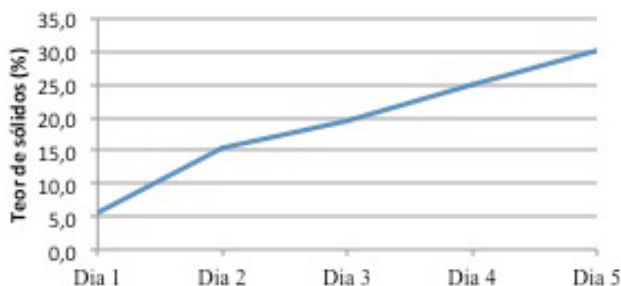
Com o que diz respeito aos resultados dos leitos de drenagem, estes apresentaram um desempenho bastante satisfatório na drenagem e desaguamento do lodo.

Chama-se de drenagem do lodo o processo pelo qual o lodo deixa de ser uma substância praticamente líquida e adquire a consistência de uma pasta. No caso de Colmeia, essa drenagem demora em média 2h, ou seja, uma vez que o lodo líquido é descartado do tanque de decantação e despejado nos leitos, adquire consistência de pasta em 2h. A água drenada é integrada novamente no processo, sendo bombeada para o tanque de decantação. O volume médio da água recirculada por descarga de lodo foi de 3m³.

O desaguamento do lodo também demonstra sua eficiência, conforme ilustra a Tabela 6. Depois de cinco dias no leito de drenagem, o lodo apresenta um teor de sólidos estabilizado da ordem de 30%. Esse valor se equipara a resultados apresentados

por processos mecânicos como centrífugas, filtros prensa e desaguadora, processos com consumo de energia elevado e operação mais complexa.

Tabela 6 - Gráfico de evolução do teor de sólidos x tempo de permanência no leito



Os leitos de drenagem apresentaram diversos resultados que comprovam seus benefícios, desempenho e boa relação custo-benefício.

A primeira delas consiste no investimento a ser realizado. Enquanto os leitos de secagem tradicionais custam em média R\$ 160.000,00 (duas unidades), os leitos de drenagem foram realizados por R\$ 47.097,25, o que representa uma economia de 71%.

O tempo médio de drenagem caiu 99%, passando de seis dias para apenas 2h quando comparado aos leitos de secagem tradicionais. De maneira semelhante, o tempo médio de secagem (quando lodo atinge um teor de sólidos de 30%) caiu de 12 dias para cinco dias, uma redução de 58%. Essa celeridade no processo de desaguamento permite a redução do ciclo operacional, que passou de 18 para 5 dias, e, conseqüentemente, redução das dimensões dos leitos e áreas ocupadas.

A configuração dos leitos permite, também, o reaproveitamento da água de drenagem. Para cada descarga de lodo foi recirculado, em média, 3m³

para o tanque de sedimentação, onde a mesma é reintegrada no processo de tratamento.

Por fim, o leito representa um ganho ambiental importante, visto que permite o tratamento do lodo (redução da umidade, aumento do teor de sólidos) antes de sua destinação final.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como resultado principal a proposição e avaliação de desempenho de um sistema para tratamento e aproveitamento da água de lavagem dos filtros de ETA. A implantação desse sistema em Colmeia permitiu atestar sua eficiência, tanto no reaproveitamento da água quanto no desaguamento do lodo proveniente dessa água.

O sistema apresentou taxas de recirculação de água elevadas, da ordem de 75%, além de propiciar uma redução nos custos operacionais da unidade. A drenagem e desaguamento do lodo foram feitos em um tempo reduzido para tecnologias que não empregam energia, em torno de cinco dias, e conseguiram produzir uma pasta de lodo com alto teor de sólidos. O ganho ambiental dessa solução é apreciável, visto que se reduziu consideravelmente os resíduos produzidos, além da economia de energia e produtos químicos.

5 RECOMENDAÇÕES

Para aprofundamento nos assuntos, recomenda-se as seguintes linhas de desenvolvimento para trabalhos futuros:

- Avaliar a viabilidade técnico-econômica da utilização de polímeros no sistema a fim de se aumentar o volume de água clarificada e o teor de sólidos do lodo.
- Verificar a qualidade microbiológica da água recirculada;

REFERÊNCIAS

- DI BERNARDO, L. (coord.) Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta. Projeto Prosab, Rio de Janeiro, ABES, Rima, 2003.
- DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Editora LDiBe, São Carlos – SP, 2012.
- CORDEIRO, J.S. (2001). Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETA). Curitiba-PA, Projeto PROSAB, Edital 2, Tema 4, Seção 2, 2001.
- FREITAS, A. G. ; BASTOS, R. K. X. ; BEVILACQUA, P. D. ; PÁDUA, V. L. ; PIMENTA, J. F. P. ; ANDRADE, R. C. . Recirculação de água de lavagem defiltros e perigos associados a protozoários. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, p. 37-46, 2010.
- RICHTER, C.A. Tratamentos de lodos de Estações de Tratamento de Água. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). National primary drinking water regulations. Filter backwash recycling rule. Final rule. Washington, DC: EPA (EPA-815-Z-01-001).
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.