

SISTEMA DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Dalton C. Bracarense⁽¹⁾

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).

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.

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).

Endereço⁽¹⁾: Quadra 312 SUL AV. LO 05 - Palmas - TO - CEP: 77.021-200 - Brasil - Tel: +55 (63) 3464-8101 - Celular: +55 (63) 8407-8983 - e-mail: daltonbracarense@odebrecht.com

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 produzidos, se destaca a água empregada nos processos de limpeza dos filtros que, muitas vezes, é lançada indiscriminadamente no meio ambiente. Este trabalho tem por objetivo desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de reuso de água de lavagem de filtros de ETA's seguido de um sistema de drenagem e desidratação de lodo gerado nesse processo implantado no município de Colmeia (TO). A solução apresentada foi a implantação de um tanque de sedimentação que tem como função principal a separação das fases sólida (lodo) e líquida (água de recirculação) da água de lavagem. Para desaguamento do lodo obtido, foi utilizado um leito de drenagem que conta com uma pequena camada drenante e métodos construtivos simplificados. Essa solução permitiu o reaproveitamento de mais de 75% da água de lavagem dos filtros, 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 (da ordem de 30%).

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de água, leito drenante, lodo de ETA.

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. 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. 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 reter 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 (apud Carneiro e Andreoli, 2013) cita que esse lodo é basicamente líquido, com teor de sólidos variando entre 0,1 a 4% na água de descarga dos decantadores e entre 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 da seguinte forma (Von Sperling, 2005):

Umidade (%)	Teor de sólido secos (%)	Propriedades mecânicas do lodo
100 a 75	0 a 25	Lodo fluido
75 a 65	25 a 35	torta semi-sólida
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

Tabela 1 - Teor de sólidos x propriedades mecânicas do lodo

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 reuso 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.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e avaliar o desempenho de um sistema de reuso de água de lavagem de filtros de ETA's seguido de um sistema de drenagem e desidratação de lodo gerado nesse processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A tecnologia que será apresentada foi implantada em Colmeia, município tocantinense que se encontra a 200 km de Palmas capital 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, estimando-se que grande parte das necessidades de tratamento de água no Brasil poderiam ser satisfeitas com o seu uso. A ETA opera atualmente 21 horas por dia, com vazão média de 17 L/s, sendo seu funcionamento original ilustrado no fluxograma abaixo.

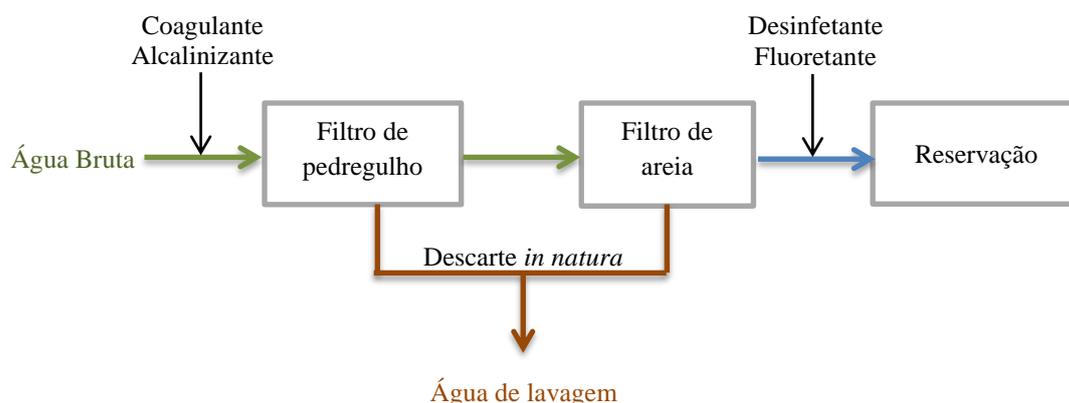


Figura 1 - Fluxograma com a configuração original da ETA de Colmeia

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 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 descartada 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 e 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, ao invés de ser descartada, é reutilizada no próprio tratamento; e, nos leitos de drenagem, onde o lodo do tratamento é drenado e desaguado, conforme ilustra o fluxograma abaixo.

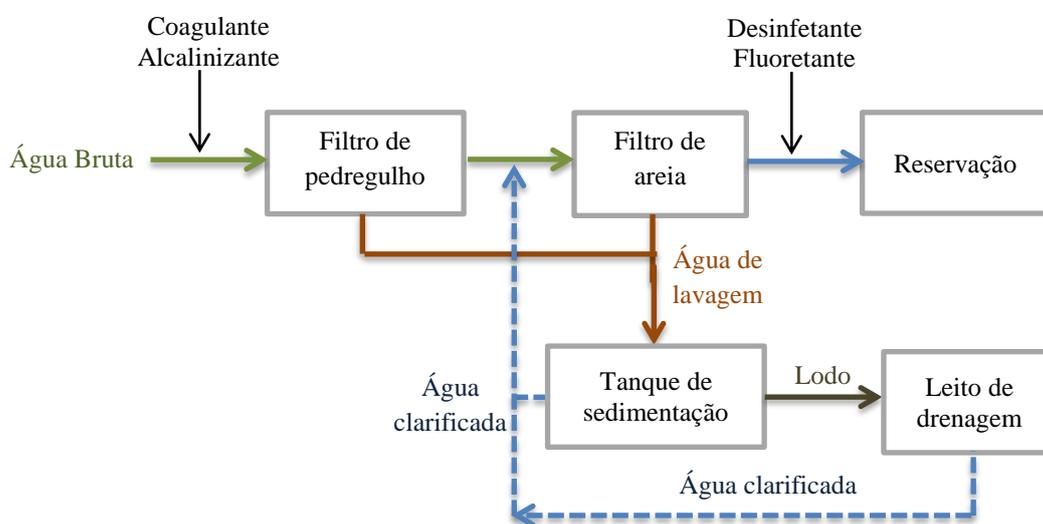


Figura 2 - Fluxograma com a configuração atual da ETA de Colmeia

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 tecnologia implantadas: tanque de sedimentação da água de lavagem dos filtros (TSALF) e leito de drenagem.

Tanque de Sedimentação da água de lavagem dos filtros (TSALF)

O Tanque de Sedimentação da água de lavagem dos filtros (TSALF) irá funcionar em batelada, ou seja, irá receber o volume correspondente à lavagem de um filtro e, após o tempo de sedimentação (aproximadamente 60 minutos), será feito o recalque da água clarificada para a entrada dos filtros de areia da ETA. Como a qualidade da água clarificada é melhor que a da água bruta aduzida, não é necessário passar pelo filtro de pedregulho tampouco adicionar coagulantes e alcalinizantes. 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) será bombeado novamente para o tratamento na ETA. O lodo sedimentado, após ser adensado no tanque, é direcionado para os leitos de drenagem.

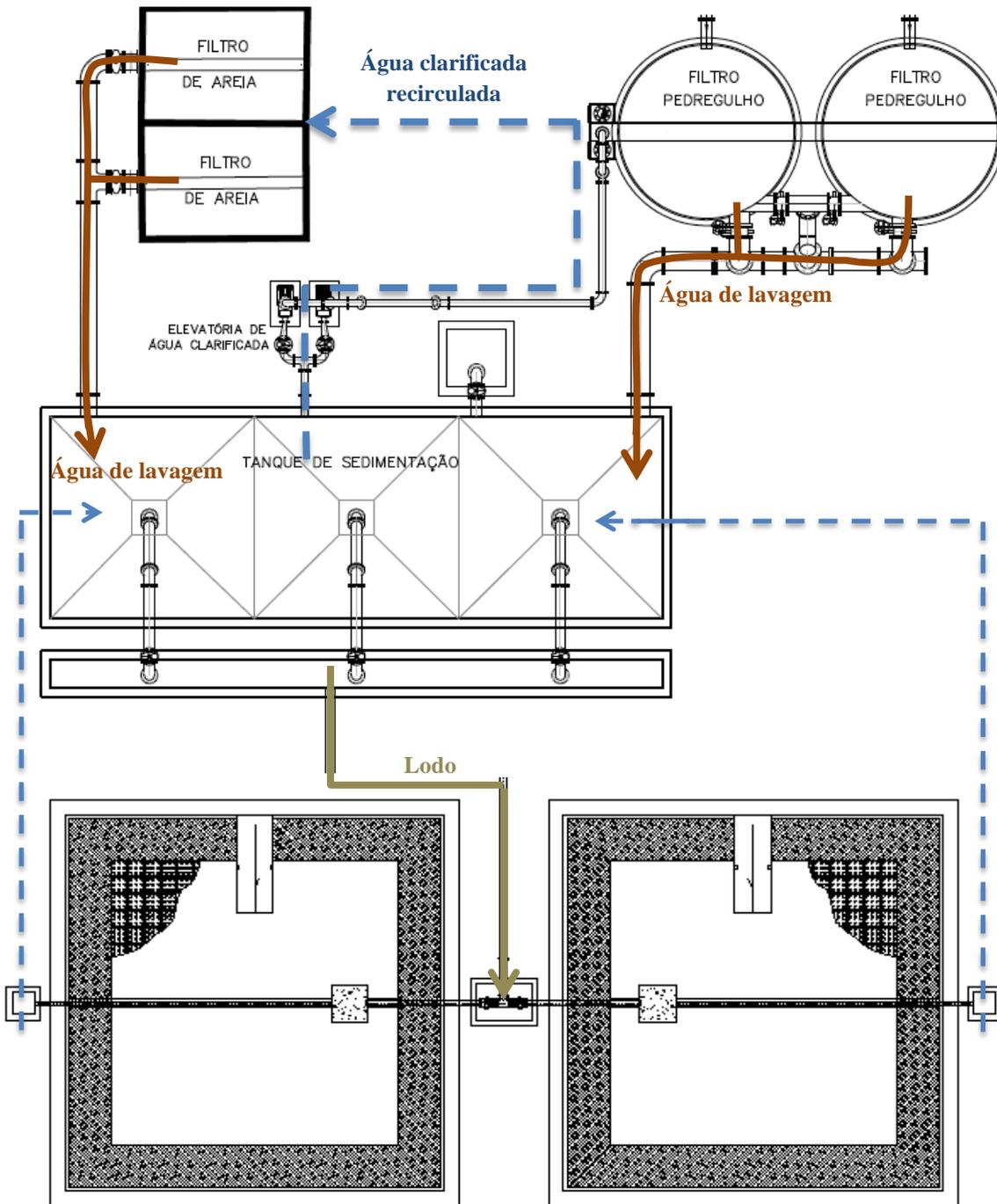


Figura 3 - Esquema de funcionamento do sistema de reaproveitamento de água e desaguamento do lodo

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 será efetuado através de bombeamento 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 tanque, poços estes com ângulo de 60° com a horizontal. Desta forma, para que os poços não resultassem tão profundos, foram previstos 3 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, será 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 deve ser feita 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 flutuante 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 5 dias, o lodo conferia odor e gosto à água, comprometendo sua qualidade.

Na tabela 3 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.

LISTA DE MATERIAIS

ITEM	MAT.	DN	dn	DESCRIÇÃO	QUANT
1	FoFo	150	-	CURVA DE 90° FF	03
2	FoFo	150	-	REGISTRO DE GAV. FF	03
3	FoFo	150	-	CURVA DE 45° FF	06
4	AÇO	150	-	TUBO FF (L = 1,0 M)	06
5	AÇO	150	-	TUBO PF (L = 1,3 M)	03

Tabela 2 - Lista de materiais hidráulicos

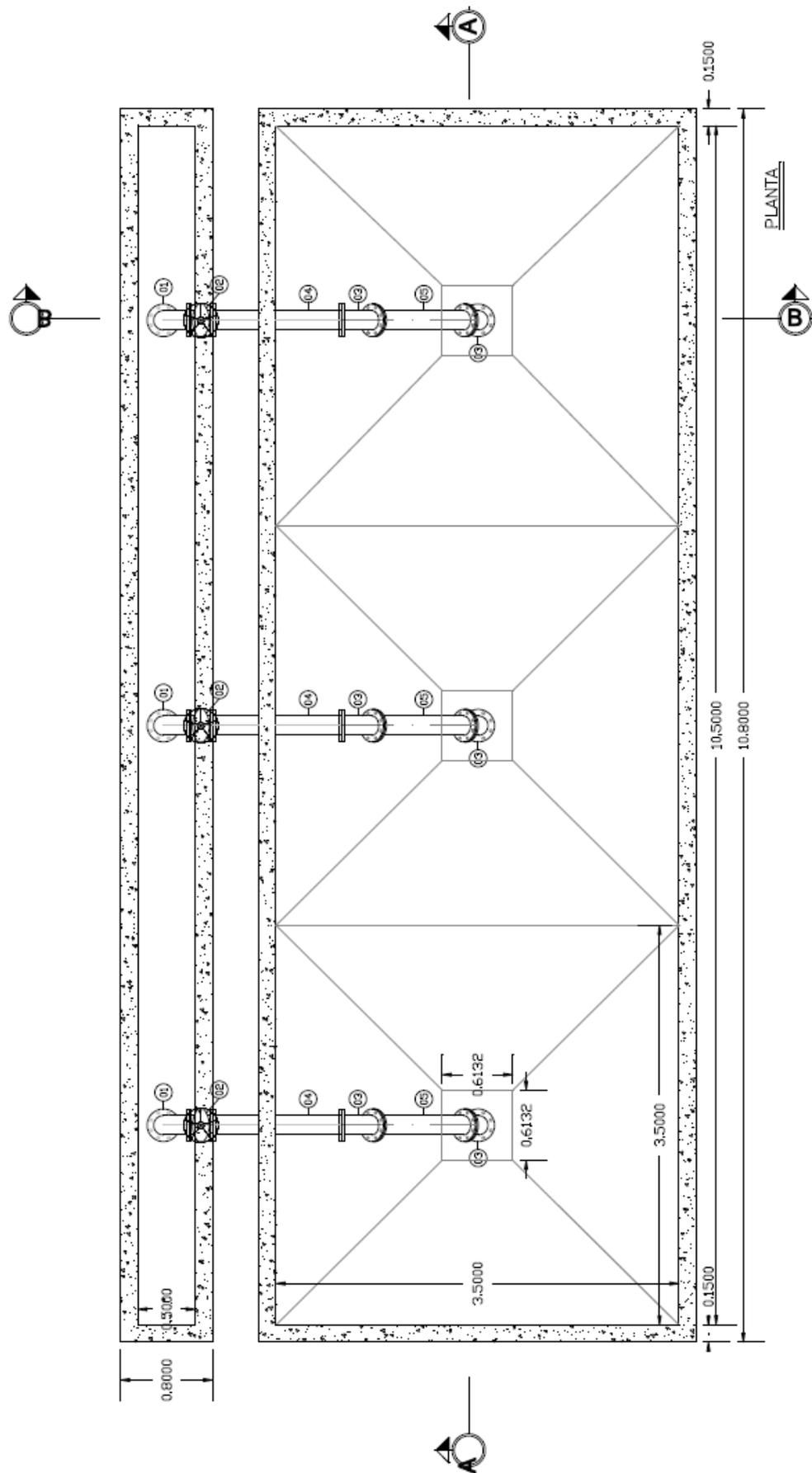


Figura 4 - Planta do tanque de sedimentação

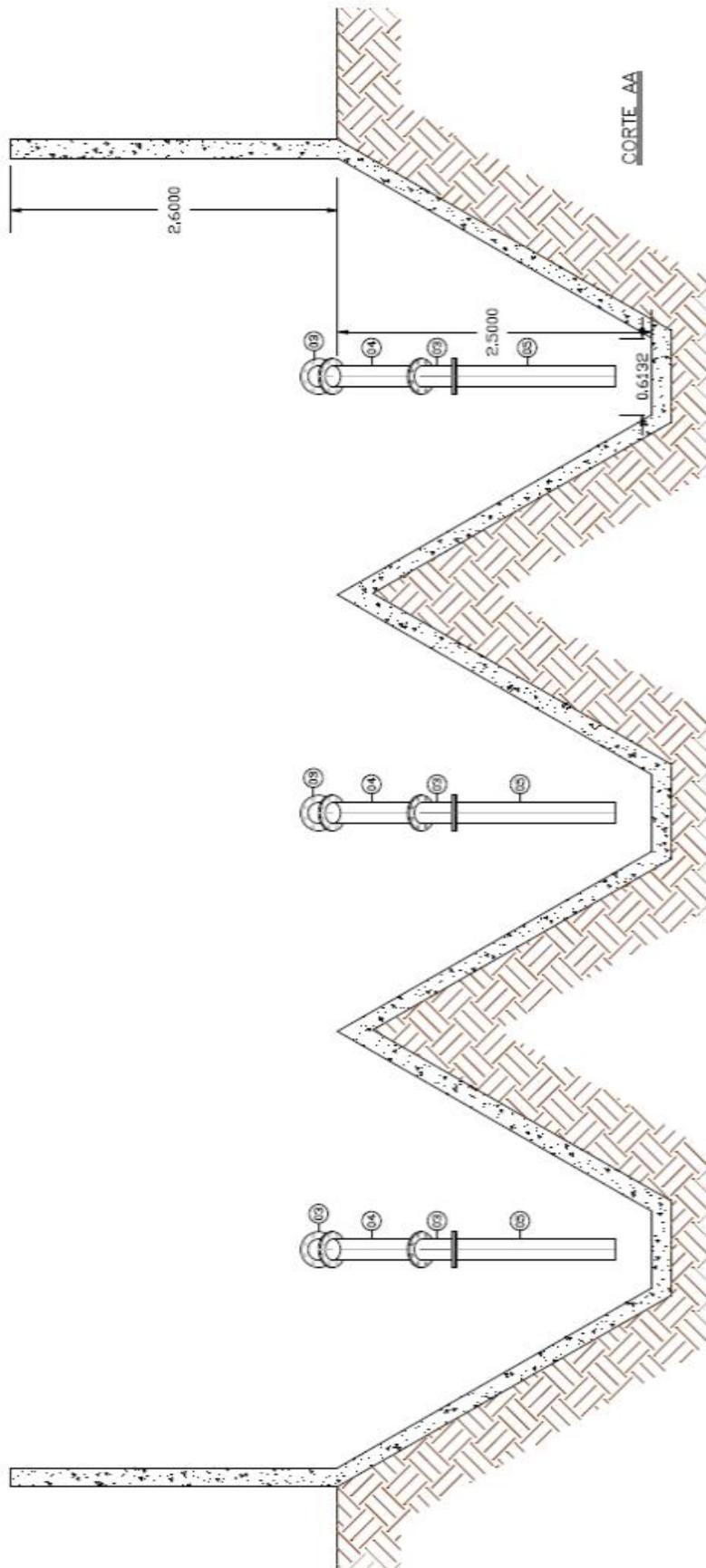


Figura 5 - Corte AA do tanque de sedimentação

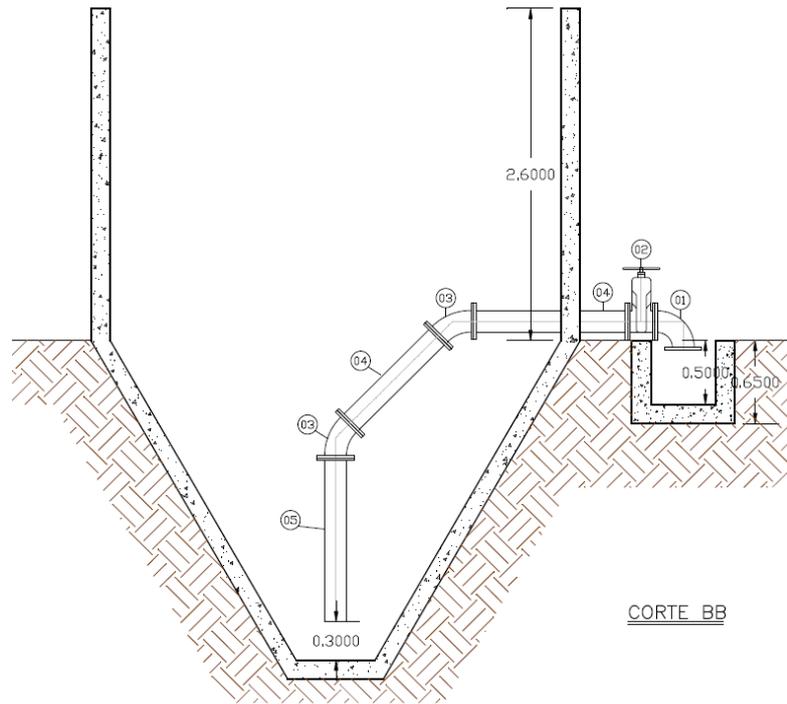


Figura 6 - Corte BB do tanque de sedimentação

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



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

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 reuso 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 m², com 35kg/peça – 140kg) e descarga de lodo (camada máx de 50 cm – 500kg). Tem-se uma carga de 1090 kgf/m² ou 10,9 kPa sobre o geocomposto.

Para esta situação, obtém-se do catálogo do produto uma capacidade de drenagem de aproximadamente 0,65 L/s x m. Visto as dimensões de fundo de 8,5 x 8,5 m e canal central de drenagem, tem-se uma capacidade de drenagem do geocomposto de 11,05 L/s (2 x 8,5 x 0,65 = 11,05 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 L/m² x d. Neste projeto adotou-se um valor de 120 L/m² x d. Como a área de fundo é 8,5 x 8,5 = 72,25 m², 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 hidraulicamente, 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 5 dias;
- Enquanto o primeiro leito está no período de secagem, as 3 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 contem uma bomba de pequeno porte que recalca o liquido 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

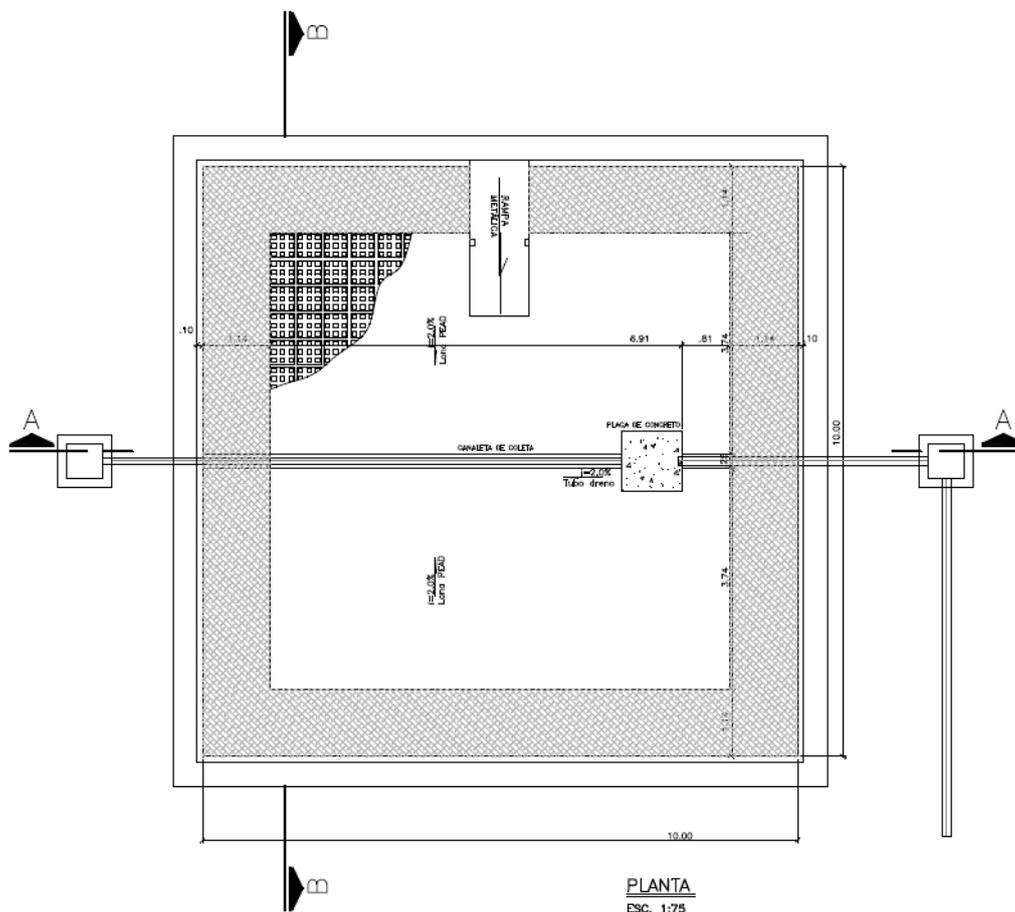


Figura 11 - Planta do leito de drenagem

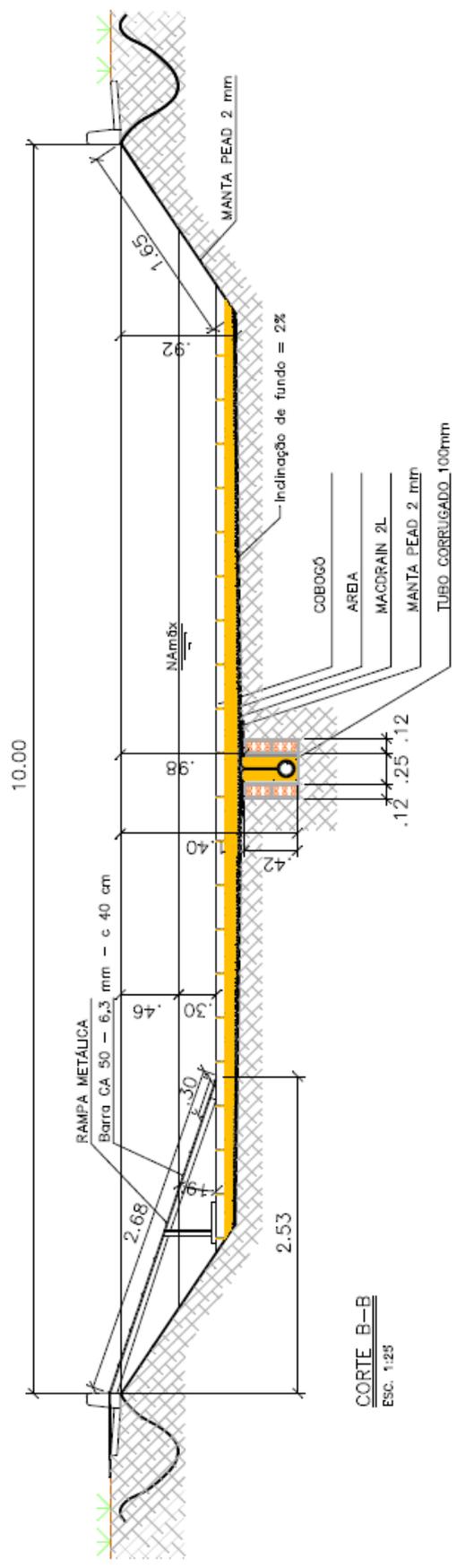
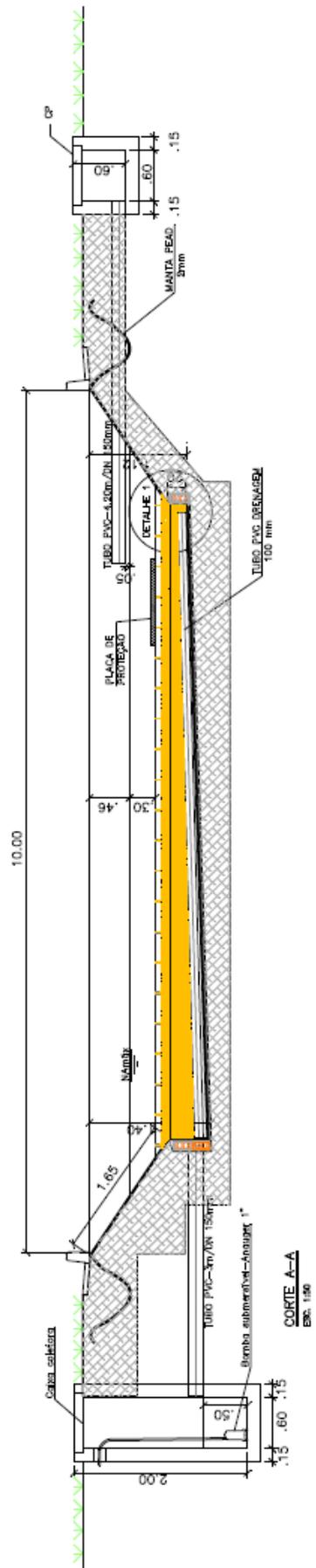


Figura 12 - Cortes AA e BB

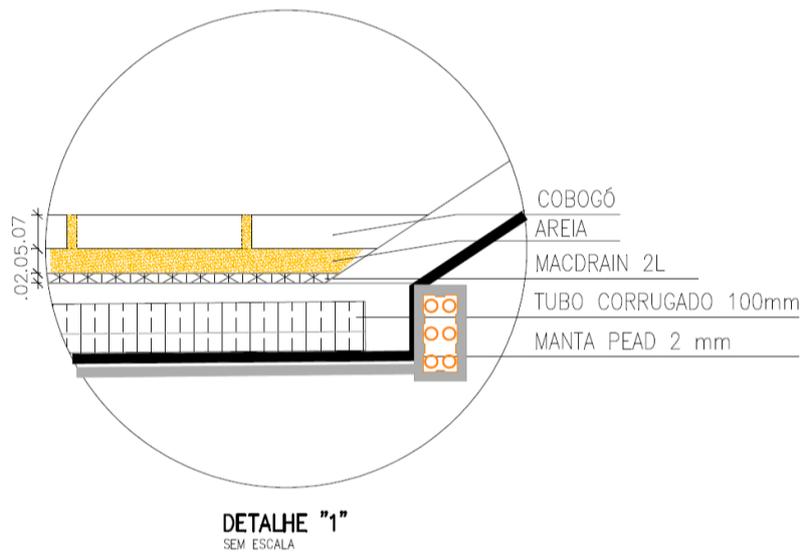


Figura 13 - Detalhe 1

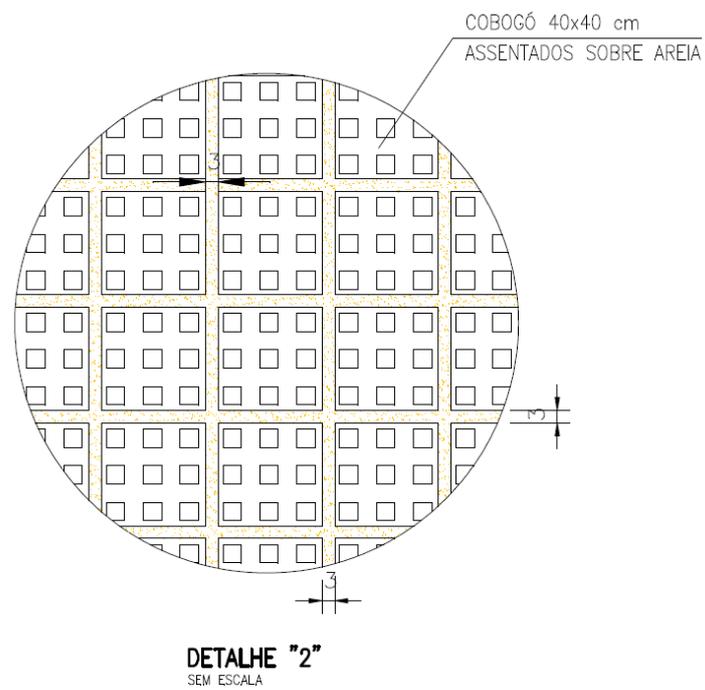


Figura 14 - Detalhe 2

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



Figura 15 - Lodo após 5 dias

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.

	Vazão	Tempo de operação	Volume captado	Volume produzido	Volume de lavagem dos filtros		Volume perdido
	m ³ /dia	h/dia	m ³ /dia	m ³ /dia	m ³ /dia	% aduzido	m ³ /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

Tabela 3- Dados operacionais da ETA de 2013

Analisando as tabelas 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.

	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

Tabela 4 - Dados operacionais da ETA de 2014

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.

No que tange a 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.

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 Colméia visto que:

- A energia necessária para recirculação da água clarificada é menor que para bombeamento a 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.

O quadro abaixo 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.

	Energia				Custo*	Prod. químicos	Custo Total R\$
	Cap. m3/h	Potencia cv	Tempo H	Energia kWh		Custo 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 \cong R\$ 0,51

Figura 16 - Comparação de custo entre água bruta e água clarificada

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 reuso 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 reuso 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 o gráfico 1. Depois de 5 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.

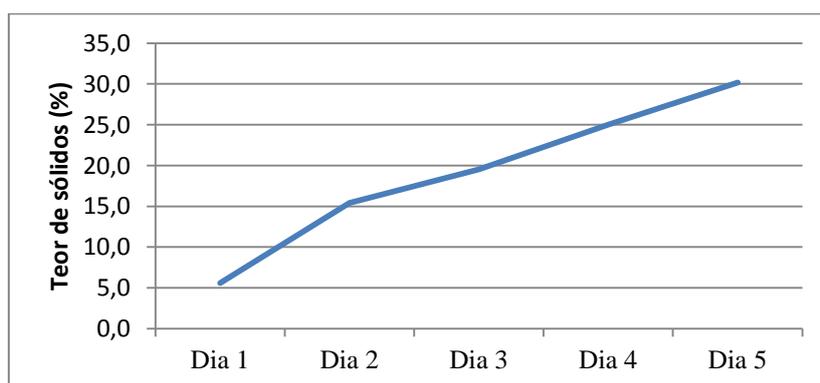


Figura 17 - Gráfico de evolução do teor de sólidos x tempo de permanência no leito

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 6 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 5 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.

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 foi feito em um tempo reduzido para tecnologias que não empregam energia, em torno de 5 dias, e conseguiu 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.

RECOMENDAÇÕES

Para aprofundamento no assuntos, recomenda-se as seguintes linhas de desenvolvimento para trabalhos futuros:

- Desenvolver um Tanque de Sedimentação da água de lavagem dos filtros (TSALF) com estrutura e/ou materiais mais econômicos de maneira a reduzir o custo final do sistema;
- Testar diversos ciclos operacionais (volume descartado, tempo de secagem, tempo de repouso, etc.) no leito de drenagem de maneira a se definir o ciclo ótimo.
- 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. DI BERNARDO, L. et al. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: 2012.
3. RICHTER, C.A. Tratamentos de lodos de Estações de Tratamento de Água.. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001.
4. 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.