



## II-008 – ANÁLISE DE PROCESSO ALTERNATIVO PARA A SECAGEM DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

### **Raffael de Queiroz Almeida<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Católica de Brasília. Mestrando em Mecatrônica pela Universidade de Brasília (UNB).

### **Mauro Roberto Felizatto**

Engenheiro Químico (UFU - 1985). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UNB - 2000). Engenheiro da Companhia de Saneamento do Distrito Federal (CAESB), atualmente Supervisor das ETE'S Melchior e Samambaia/Coordenadoria Operacional Noroeste (POEON). Professor do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília (UCB).

### **Douglas José da Silva**

Engenheiro Químico pelo Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutor pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Diretor da Escola Politécnica da Universidade Católica de Brasília (UCB).

### **Carlos Alexandre Batista dos Santos**

Bacharel em Química pelo Centro Universitário de Goiás (Uni-Anhanguera, 2009). Técnico Industrial em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás (IFG - Instituto Federal de Goiás, 1997). Atualmente Técnico em Sistema de Saneamento I da Coordenadoria de Operação do Sistema Gama, Alagado e Santa Maria da CAESB, atuando como Supervisor de Operação das ETES Alagado e Santa Maria.

### **Edson da Silva Soares**

Técnico em Química Industrial (DIOCESANO, 1983). Licenciado em Química pela Universidade Federal do Piauí (UFPI, 1996). Especialização em Docência do Ensino Superior pelas Faculdades Integradas de Jacarepaguá (FIJ-RJ, 2006). Técnico em Sistemas de Saneamento II da CAESB, atualmente Supervisor de Operação da ETE Gama.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Quadra 25 casa 11 setor oeste - Gama – Distrito Federal - DF - CEP: 72420-250 - Brasil - Tel: (61) 3556- 1214 - e-mail: [raffaeleng@gmail.com](mailto:raffaeleng@gmail.com)

## **RESUMO**

O artigo propõe uma pesquisa aplicada a uma nova tecnologia de secagem de lodo, chamado bloco filtrante. O bloco filtrante é um painel com ranhuras com conectores, quando interconectados estes painéis formam um leito. Para este foram desenvolvidas duas unidades pilotos e nelas foram inseridas lodo aeróbio e anaeróbio de reatores da unidade de tratamento de esgoto do Gama, as coletas foram realizadas num ciclo de 24 horas e foram analisadas quanto a Sólidos Suspensos Totais, Umidade da Torta e Captura de sólidos. Os resultados obtidos para umidade de torta variam entre 80 e 90% e a captura de sólidos variou acima dos 90%. Conseguindo satisfazer os resultados esperados e comprovando a eficiência do painel. O trabalho foi realizado visando uma possível substituição futura dos equipamentos mecânicos e os resultados obtidos foram satisfatórios, comprovando que este tipo de leito pode ser uma opção futura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bloco Filtrante, Secagem de Lodo, Painel com ranhuras, Equipamentos Mecânicos.

## **INTRODUÇÃO**

Pesquisas estão sendo desenvolvidas constantemente na área sanitária, visando à melhoria da qualidade do tratamento de efluentes e gerando menos impactos ao meio ambiente. Assim causando a substituição dos métodos mais impactantes, por novos métodos que possuam características de tratamento de efluentes semelhantes ao desempenho das já existentes. O sistema de bloco filtrante é uma tecnologia que não demanda um alto custo e também é de baixa operação, atualmente necessita-se de tecnologias que possuam baixos custos e facilite a operação e este pode ser um fator decisivo na escolha de uma nova tecnologia, além disso este sistema não demanda energia elétrica.

São poucos os estudos sobre este tipo de leito no Brasil, portanto a pesquisa realizada obteve dados primários acerca desta nova tecnologia e estes dados foram analisados conforme a eficiência de outros tipos de

tecnologias já existentes, com o objetivo de avaliar a eficiência do painel de secagem de lodo para as condições dos lodos biológico aeróbio não adensado e anaeróbio da Estação Tratamento de Esgotos.

Segundo a USEPA (1987), o sistema de bloco filtrante é um processo fisicamente semelhante ao processo de vácuo assistido. Este sistema consiste de um septo com forma de painel com algumas ranhuras de cerca de 0,25 mm e estes septos servem para suportar a torta de lodo e permitir a drenagem pela ranhuras. De acordo com o manual da USEPA (1987), a água entra sob o leito e penetra nele com uma profundidade de 1 cm acima da superfície do painel e o lodo condicionado por polímeros é aplicado sob o leito. Durante a fase inicial a válvula de drenagem é fechada e então aquela água e lodo permanecem sob o leito, após duas horas esta válvula é parcialmente aberta para haver um controle de taxa de drenagem. Conforme a fase de controle é passada a válvula já pode ser aberta totalmente e a torta de lodo que sedimentou permite uma drenagem natural do lodo, desempenhando um papel de filtro.

Pode-se destacar uma típica taxa de carga de sólidos que fica entre 2 e 5 kg/m<sup>2</sup> por ciclo operacional. O número de ciclos operacionais por ano vão variar de acordo com as condições sistêmicas e locais da região. Numa rotina de 24 horas de ciclo operacional, o desenvolvimento anual pode exceder 1600 kg/m<sup>2</sup>. Esse carregamento excede a carga de sólidos de um leito de areia em ordem de magnitude. Este sistema aparece como o melhor sistema para tratamento de lodo em pequenas plantas e localidades com climas moderados. Em muitos sistemas de operação a torta é removida após a realização da fase de drenagem, que possui alta taxa de produção. Neste ponto a torta vai possuir de 8 a 12% de sólidos após 24 horas, e a produção de lodo drenado pode requerer mais tempo. (USEPA, 1987)

O condicionamento utilizando polímeros é essencial para o sucesso da operação. As dosagens de polímeros requerem uma dosagem similar ao processo de vácuo e a típica profundidade de lodo para uma única aplicação varia entre 10 a 25 cm. A otimização é uma particularidade do sistema e vai ser determinada através de experiências operacionais. É importante que o operador saiba sobre as fases de controle de drenagem, pois a alteração do fluxo pode causar uma alteração no ciclo e na taxa de carregamento de sólidos, podendo entupir os painéis.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram construídas duas unidade piloto em pequena escala do modelo definido pela USEPA (1987), a unidade piloto consiste em um caixote de placas de ferro com um tambor cortado tanto no fundo como no topo com um painel inserido por dentro dos tambores e impermeabilizado nas laterais com silicone. O lodo é inserido dentro do tambor e passa pelo painel, o enchendo o caixote de placas de ferro e este servirá como um medidor de nível e controlador de taxa através de uma válvula localizada na saída da unidade piloto, detalhes da estrutura podem ser observados no apêndice da estrutura. A unidade pode ser representada pela Figura 1.

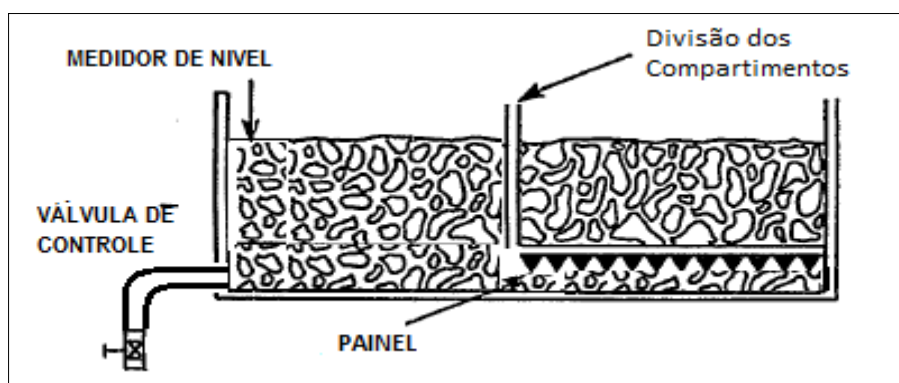
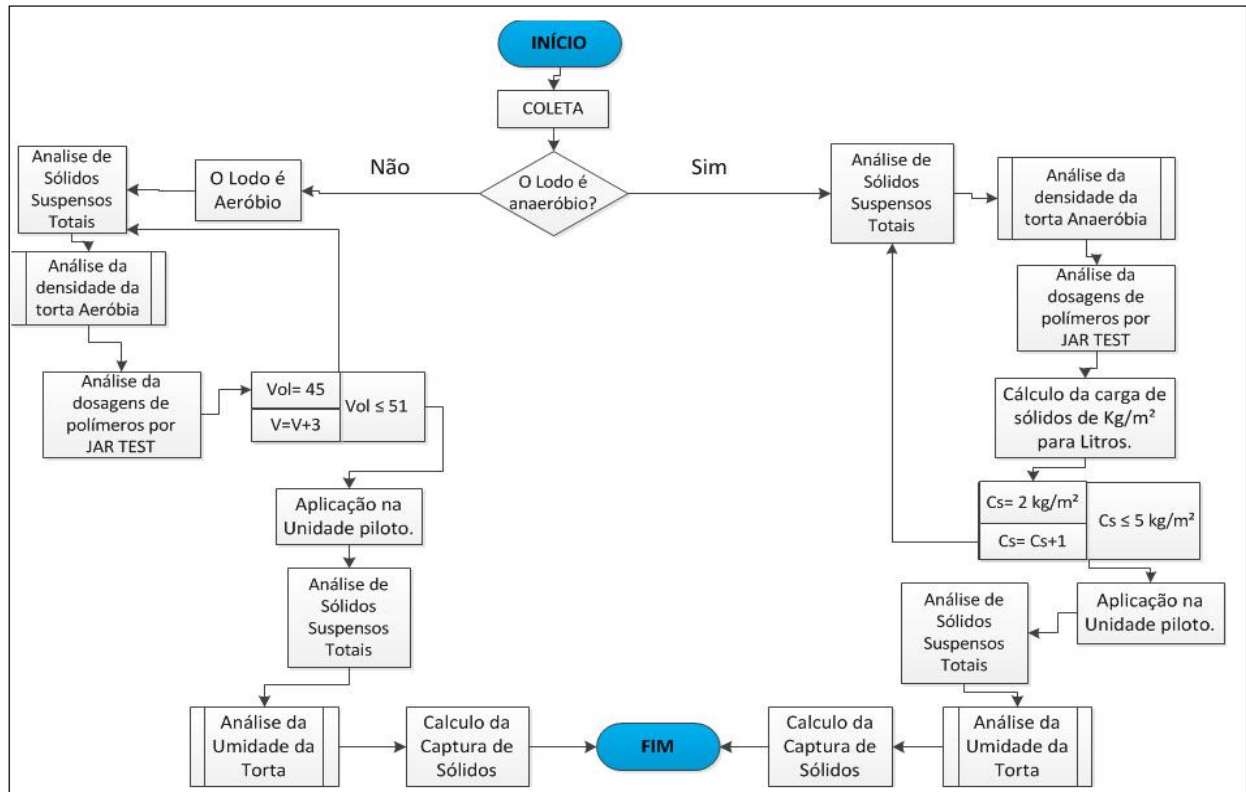


Figura 1: Unidade piloto construída para o tratamento de lodo através de blocos filtrantes.

## METODOLOGIA

A configuração geral do método pode ser observada através do fluxograma do processo, que está representada na Figura 2.



**Figura 2: Fluxograma demonstrando a metodologia utilizada em etapas.**

As análises de sólidos suspensos, umidade de torta e teste de jarros foram realizadas em duas unidades pilotos e os resultados foram obtidos em duplicatas. As coletas foram realizadas a cada 24 horas, tanto para as análises de sólidos suspensos das amostras retiradas dos reatores, como nas análises das amostras coletadas nas unidades piloto. Todas as marchas analíticas seguem preconizados pela APHA/AWWA/WPCF (1999).

A análise de densidade da torta é importante para a definição de uma quantidade base de polímeros a ser adicionada durante o procedimento do teste de jarros. O procedimento de teste de jarros é essencial para se observar a dosagem correta de polímero a ser utilizada na amostra coletada.

Em cada unidade piloto foi utilizado somente um painel filtrante, e as análises foram realizadas em duplicatas. A carga de lodo a ser adicionada para lodo aeróbio será definida somente pelo volume, pois a concentração de sólidos é muito baixa e seria necessária uma amostra de mais de 100 litros de lodo, sendo que a unidade piloto comporta somente até 60 litros de lodo. Logo, para o lodo aeróbio foi adicionado um volume inicial de 45 litros, onde se varia a carga a cada 3 litros podendo chegar a uma carga máxima de 51 litros para cada amostragem. Portanto a carga de sólidos pode ser calculada para cada volume em Litros através do resultado da análise de sólidos suspensos totais.

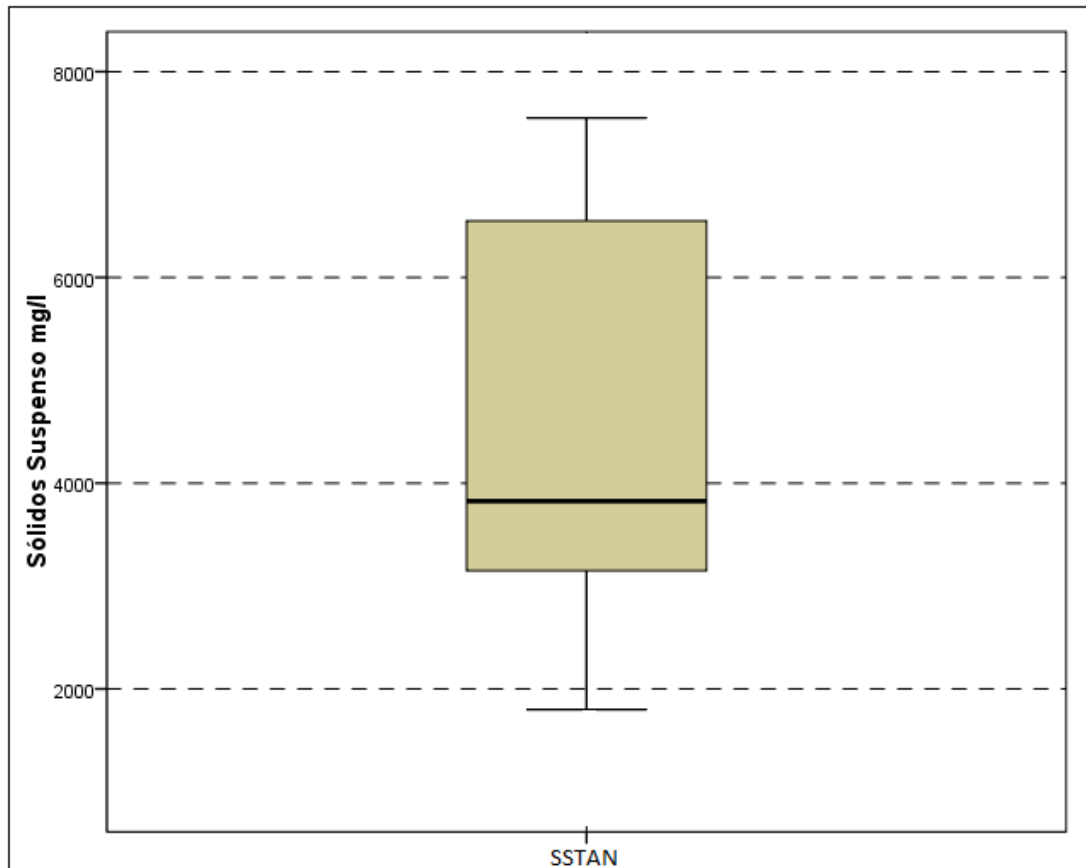
No caso de lodo anaeróbio que possui uma alta concentração de sólidos suspensos totais, a carga de sólidos que é utilizada pode variar de 2 a 5 kg/m<sup>2</sup>, conforme é definido pelo manual da USEPA (1987). Assim foi definido uma amostragem inicial de 2 kg/m<sup>2</sup>, variando a carga a cada 1kg/m<sup>2</sup> e podendo chegar ao máximo de 5kg/m<sup>2</sup>.

A aplicação do lodo na unidade piloto consiste em duas fases distintas, na primeira fase o lodo é aplicado com o registro de saída completamente fechado para que se possa ter um controle de taxa, esta fase permanece durante 2 horas para haver a sedimentação do lodo no painel. Já na segunda fase o registro é aberto completamente e começa um processo de filtração entre o lodo e a água que ficou sobre o painel durante 24 horas.

Após a aplicação do lodo na unidade piloto, são coletadas amostras do efluente e observado o volume de saída do efluente para que se possa calcular a captura de sólidos. E Posteriormente foi analisada a umidade da torta de lodo e sólidos suspensos totais.

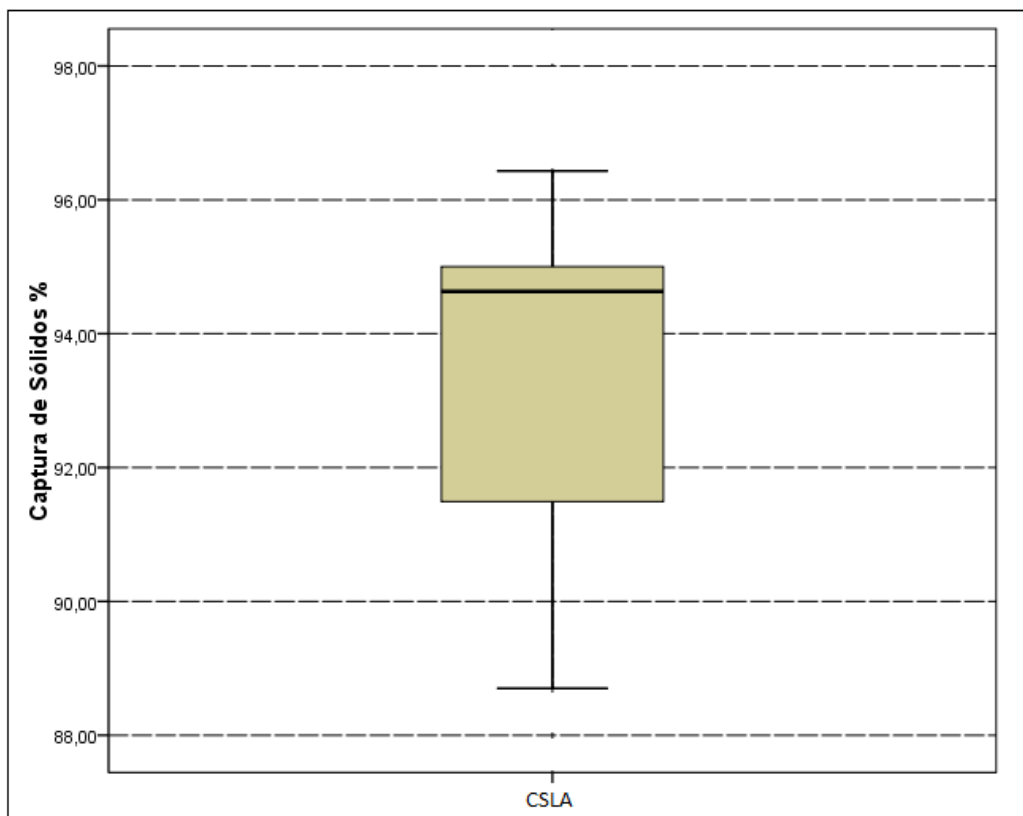
## RESULTADOS

Os resultados apresentados estão divididos em função do tipo de lodo, a Figura 3 representa a concentração de lodo anaeróbico após um período de 24 horas de secagem nos painéis, as amostras foram retiradas do sobrenadante.



**Figura 3: Gráfico da concentração de sólidos suspensos totais resultantes do sobrenadante da unidade piloto após o período de 24 horas.**  
(Legenda: SSTAN... Sólidos Suspensos Totais do Experimento Anaeróbico.)

Os resultados de sólidos suspensos totais para lodo anaeróbio permaneceram em média de 3800 mg/l, com uma variação de 2000 mg/l à 7500 mg/l. Diferentemente de métodos mecânicos que tratam o lodo aeróbico e anaeróbio misturados, o lodo anaeróbio foi tratado individualmente na unidade piloto por isso os resultados não podem ser comparados a métodos como a centrifuga. O lodo anaeróbio se trata de um lodo mais concentrado e digerido, o que explica o valor elevado da concentração após o tratamento do lodo, porém foi observada uma redução média de 80 a 90% na concentração do lodo anaeróbio bruto que foi inserido na unidade piloto, comprovando a eficiência do painel quanto a remoção de sólidos. O gráfico possui extremos bem distantes, isso ocorreu principalmente em função da amostragem que foi realizada sem polímeros, o que acarretou um aumento na quantidade de sólidos suspensos decorrente da falta coagulação do material suspenso. A captura de sólidos para o lodo anaeróbio na unidade piloto foi verificada e pode ser representada pela Figura 4.

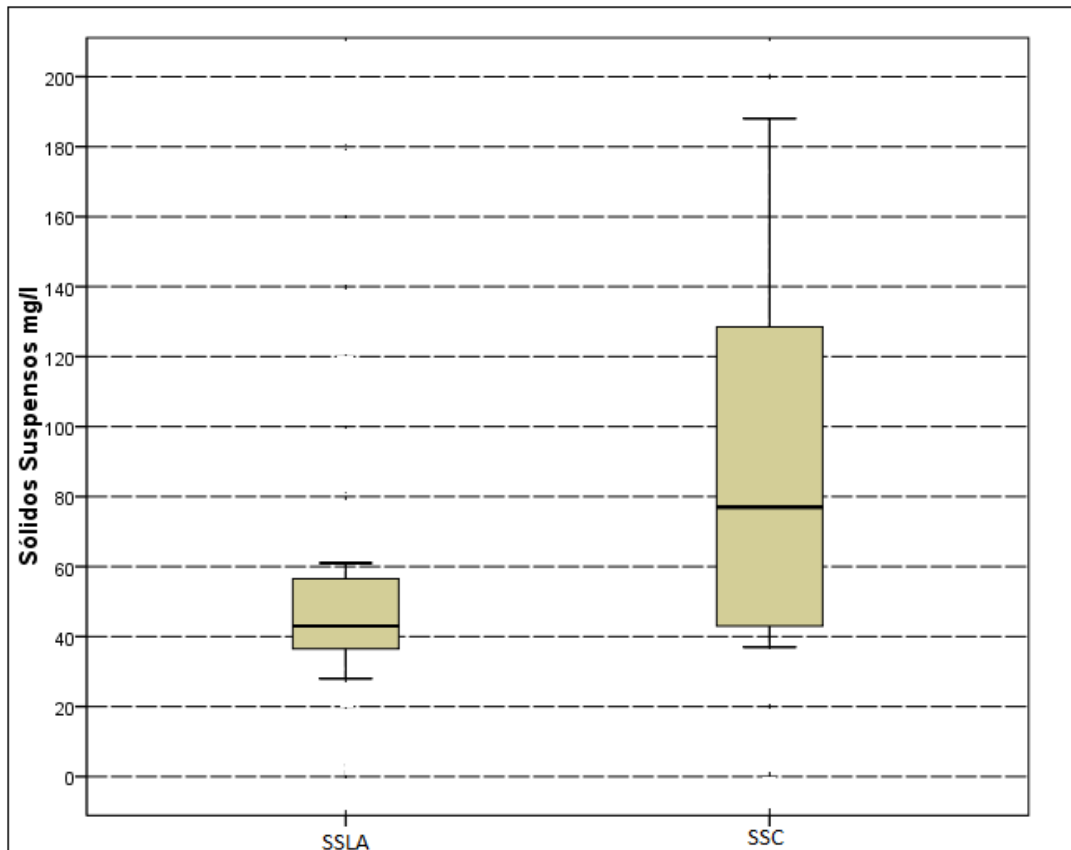


**Figura 4: Gráfico captura de sólidos para lodo anaeróbio na unidade piloto após o período de 24 horas.**

**(Legenda: CSLA... Captura de Sólidos de Lodo Anaeróbio.)**

Pode-se observar que a taxa média de captura de sólidos se encontra entre 94 e 95% e maior parte dos resultados se encontram acima de 92%. Segundo a USEPA (1987), os valores de captura de sólidos em métodos mecânicos como centrifuga de cesta e centrifuga imperfurada variam de 85% a resultados acima de 95%. Logo se observa que os valores de captura de sólidos da experiência para o lodo anaeróbio encontram-se dentro dos padrões dos métodos mecânicos, a maioria dos resultados se encontra acima de 92% caracterizando os painéis como uma opção viável para captura de sólidos. O limite superior do gráfico representam resultados ótimos, e apesar da variação de 10% entre o limite superior e o inferior do gráfico, a captura de sólidos foi eficiente possuindo uma mediana acima de 94%.

No caso dos experimentos para lodo aeróbio, os resultados tanto de sólidos suspensos como captura de sólidos, podem ser comparados aos resultados obtidos da centrifuga da unidade de tratamento de esgoto do Gama. Os resultados de sólidos suspensos para lodo aeróbio foram obtidos através da coleta do sobrenadante resultante da secagem dos painéis da unidade piloto, e estes podem ser demonstrados na Figura 5.

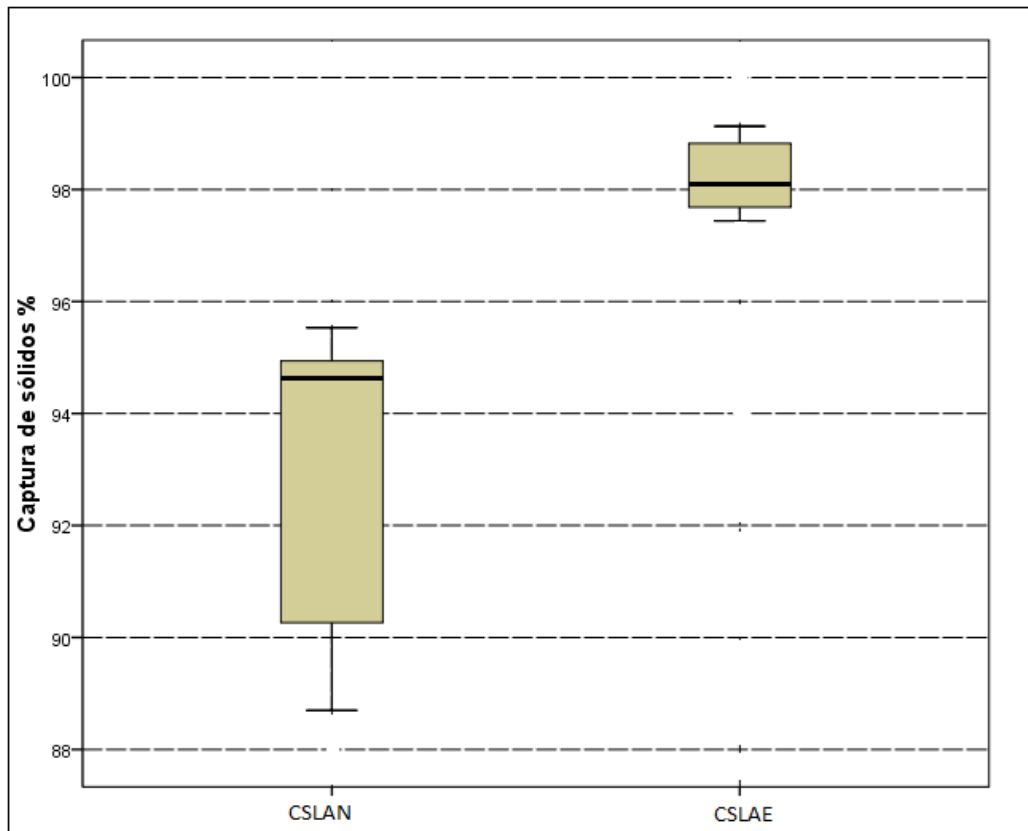


**Figura 5: Gráfico de sólidos suspensos na unidade piloto após o período de 24 horas e da Centrifuga da unidade de tratamento de esgoto do Gama.**

**(Legenda: SSLA... Sólidos Suspensos de Lodo Anaeróbio. SSC... Sólidos Suspensos Centrifuga)**

Os valores de sólidos suspensos encontrados para lodo aeróbio foram satisfatórios, estes se encontram em média entre 40 e 60 mg/l com uma perda de sólidos média de 95% da concentração de sólidos na entrada do lodo aeróbio bruto na unidade piloto. Em comparação com os resultados obtidos da centrifuga da unidade de tratamento de esgoto do gama, os resultados foram em média de 50% menores, onde os resultado médio obtido foi de 120 mg/l. No caso de lodo aeróbio os resultados foram bem abaixo dos esperados e foram satisfatórios. Ao observar o gráfico percebe-se uma diferença de mais de 50% entre a mediana do lodo aeróbio e a mediana da centrifuga, caracterizando cada vez mais os painéis como uma opção viável para uma possível substituição das tecnologias existentes de secagem de lodo.

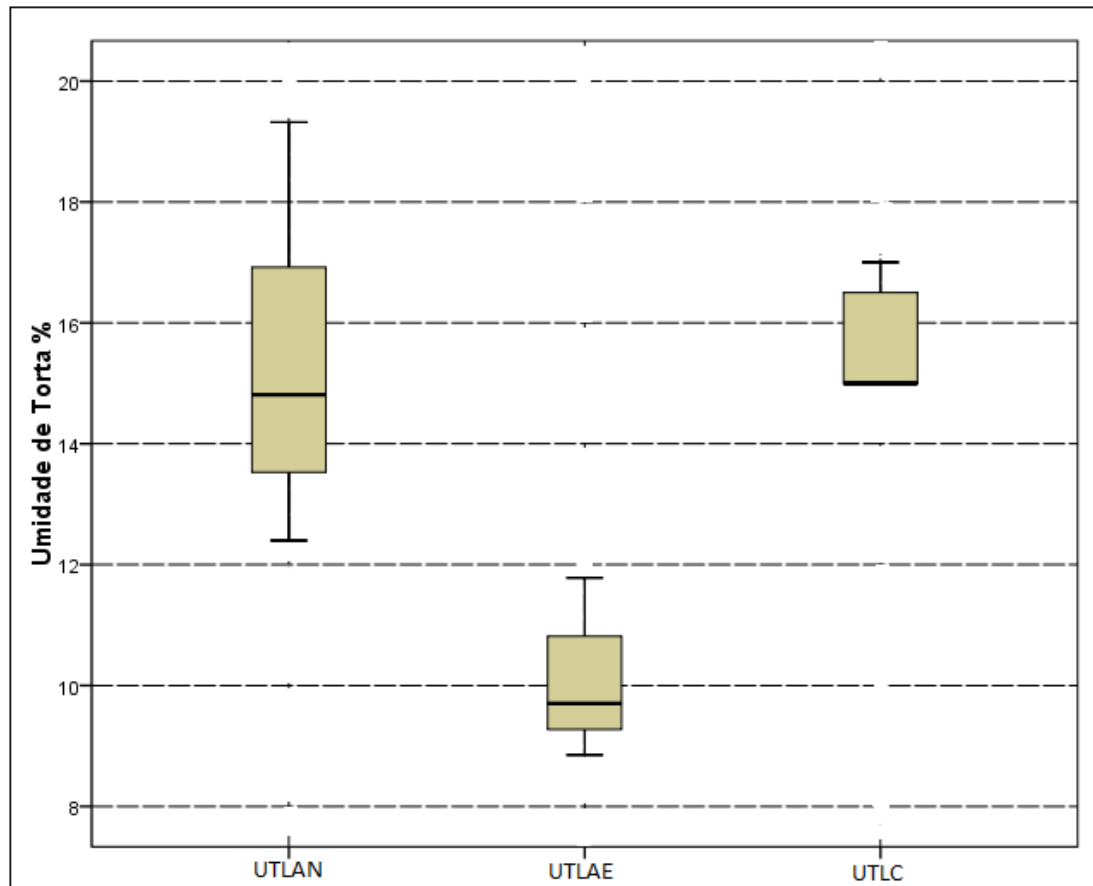
Os resultados de captura de sólidos de lodo aeróbio e anaeróbio podem ser comparados ao observarmos a Figura 6.



**Figura 6: Gráfico da captura de sólidos na unidade piloto após o período de 24 horas.**  
(Legenda: CSLAN... Captura de Sólidos de Lodo Anaeróbio. CSLAE... Captura de Sólidos de Lodo Aeróbio).

Os valores de captura de sólidos para lodo aeróbio são satisfatórios, se tornando melhores do que a captura de sólidos de lodo anaeróbio que já obtia bons resultados. A média da captura para lodo aeróbio se encontra em torno de 98%, o que caracteriza uma captura de sólidos de uma centrifuga de alto desempenho, logo este resultado é mais de 4% maior que a captura para lodo anaeróbio, comprovando que o sistema de painéis possui grande potencial no tratamento de lodo aeróbio. Observando o gráfico percebe-se que os valores de captura de sólidos para lodo aeróbio estão acima do limite superior dos valores de captura de sólidos do lodo anaeróbio, isto pode ser explicado pela maior concentração de sólidos do lodo anaeróbio e também porque o lodo anaeróbio é digerido diferentemente do lodo aeróbio, mas tanto os valores de lodo aeróbio quanto anaeróbio possuem resultados relevantes.

A umidade da torta é essencial para se determinar a eficiência de um mecanismo de tratamento de lodo, o ciclo padrão utilizado na unidade piloto foi, de 24 horas e a umidade da torta foi determinada para lodo aeróbio e anaeróbio. Os resultados de umidade de torta podem ser comparados aos resultados da umidade da centrifuga da unidade de tratamento de esgoto do Gama e estes estão dispostos na Figura 7.



**Figura 7: Gráfico da umidade da torta de lodo aeróbia e anaeróbia na unidade piloto após o período de 24 horas e umidade de torta de lodo da centrifuga.**

**(Legenda: UTLAN... Umidade de Torta de Lodo Anaeróbia. UTLAE... Umidade de Torta de Lodo Aeróbia... UTLC Umidade de Torta de Lodo da centrifuga)**

Os valores de umidade da torta entre a centrifuga da unidade de tratamento e a de lodo anaeróbio são semelhantes, sendo em média 15% e 17% respectivamente. Os valores de umidade de torta de lodo aeróbio estão muito baixos com media entre 9 e 10%, onde o ideal de um método mecânico mais eficiente seria de 25%. Já a umidade de torta anaeróbia se encontra dentro dos padrões de eficiência, estas diferenças de umidades podem ser facilmente compensadas aumentando-se o ciclo da unidade piloto para 48 horas, para que assim o experimento possa obter uma umidade ótima tanto para lodo aeróbio quanto para anaeróbio. No gráfico é demonstrado que o valor mínimo de umidade da centrifuga é igual à mediana, e sendo assim a mediana da umidade da torta anaeróbia e bem semelhante a da centrifuga, porem os valores superiores da umidade da torta anaeróbia podem atingir ate 20% enquanto a centrifuga atinge o maximo de 17%. Já os valores de umidade da torta aeróbia obtiveram uma mediana de 9% e seu limite inferior chegando ate 7%, o que não é considerado um valor satisfatório.





## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados obtidos durante o experimento são satisfatórios, tanto na redução de sólidos suspensos, como na umidade da torta e captura de sólidos.

O lodo aeróbico obteve resultados relevantes, necessitando mais experimentos para confirmação dos resultados obtidos.

Recomenda-se uma atenção maior para lodo anaeróbico, pois o tratamento nos painéis foram satisfatórios, logo necessita-se realizar mais experimentos.

Recomenda-se aumentar o ciclo da unidade piloto, para se observar o tempo correto para umidade de torta do lodo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WPCF. Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. American Public Health Association (CD-ROM), Washington DC, 1999.
2. FELIZATTO, Mauro Roberto; TEIXEIRA, Antonio Carlos; SOARES, Edson da Silva. remoção biológica de nutrientes precedido de reator uasb: o caso da ete gama (df). ABES, Porto Alegre, n. 26, p.1-15, 25 set. 2011.
3. FRANÇA, Josué Tadeu Leite. avaliação do desempenho da modificação de um sistema de tratamento de esgoto composto por tanque séptico e filtro anaeróbico por um modelo de aeração compartimentada. 2012. 254 f. Doutorado - UEC Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
4. USEPA – Environmental Protect Agency. DESIGN MANUAL: Dewatering Municipal Wastewater Sludge. 1a ed. Cincinnati: EPA, 1987.
5. WEF - Water Enviromental Federation. design of municipal waste water treatment plants: WEF Manual of Pratices. VOLUME II Alexandria: WEF, (1992). 1592 p.