

II-236 - AVALIAÇÃO DO DESCARTE DO LODO AERÓBIO NO DESEMPENHO DO REATOR UASB OPERANDO EM PLENA ESCALA E NA QUALIDADE DO EFLUENTE GERADO PARA O PÓS-TRATAMENTO

Bruno Sidnei da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental graduado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro do Departamento de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.

Roque Passos Piveli

Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, nº 300 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-900 – Brasil. Tel: +55 (11) 3388-9751 – Fax: +55 (11) 3388-8695 – e-mail: bsidnei@sabesp.com.br.

RESUMO

Nesse trabalho, está sendo avaliado o efeito do retorno do lodo aeróbio no desempenho do reator UASB e na qualidade do efluente gerado para o processo de pós-tratamento no Reator de Fluxo Alternado. O retorno de lodo aeróbio para o reator UASB não vem impactando o processo de digestão desse reator, apesar de eventuais perdas de sólidos com seu efluente ter influenciado negativamente sua qualidade em termos de DQO Total. Apesar do arraste de sólidos do reator UASB para o RFA, o efluente final da ETE vem apresentando boa clarificação, com concentração de sólidos menor que 25 mg/L, que pode estar relacionado a boa capacidade de sedimentação dos decantadores lamelares instalados na zona de sedimentação do reator de fluxo alternado. Além disso, observou-se que a concentração de sólidos no efluente do reator UASB aumenta com o descarte de lodo aeróbio, porém, a sua intensidade está relacionada com a gestão da fase sólida da ETE, especialmente com a capacidade de remoção de lodo de excesso da ETE.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo Aeróbio em Excesso, Reator UASB, Fase Sólida.

INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas combinados (anaeróbio e aeróbio) de tratamento de esgotos é uma solução bastante interessante, já que reduz a carga orgânica do esgoto e diminui os custos operacionais da planta com energia elétrica, além de propiciar na unidade de tratamento anaeróbio um lodo digerido e, portanto, menos agressivo ao meio ambiente. Contudo, além do reator anaeróbio prejudicar o desempenho da desnitrificação no reator aeróbio, devido à baixa disponibilidade de matéria orgânica rapidamente biodegradável para o processo de redução do nitrato, diversos pesquisadores apresentam conclusões contraditórias, principalmente quanto à viabilidade do uso da unidade anaeróbia para estabilização do lodo gerado na unidade de pós-tratamento aeróbio. Alguns autores entendem ser viável o descarte de lodo aeróbio na unidade anaeróbia, por permitir que este lodo seja parcialmente estabilizado e adensado na unidade anaeróbia, melhorando seu aspecto e facilitando as etapas posteriores de desaguamento e higienização. Outros pesquisadores afirmam que este descarte de lodo aeróbio deveria ocorrer após uma etapa de adensamento. Quem defende esta última corrente, alega que este descarte diretamente no reator UASB provoca eventuais perdas de sólidos junto com o efluente final, prejudicando, portanto, a eficiência do processo de tratamento, e causando efeitos deletérios indesejáveis no corpo receptor.

Esse trabalho tem por objetivo avaliar essa condição operacional no desempenho do reator UASB, e por consequência na qualidade do seu efluente que é gerado para o pós-tratamento em sistema de lodos ativados, configurado através de reatores de fluxo alternado. Ao final da pesquisa pretende-se verificar se o retorno de lodo aeróbio para o reator UASB é uma estratégia operacional que deve ser evitada, ou se pode ser contornada através de diferentes estratégias operacionais, como a sua alimentação no reator UASB apenas em períodos de baixa vazão, por exemplo. Além disso, pretende-se verificar o impacto do arraste de sólidos na operação do sistema de lodos ativados subsequente, e na qualidade global do efluente final produzido na estação de tratamento.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é avaliar o efeito do descarte de lodo aeróbio no desempenho do reator UASB e na qualidade do seu efluente gerado para o pós-tratamento em Reator de Fluxo Alternado.

METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo está sendo desenvolvido em uma ETE do interior paulista, com capacidade nominal de final de plano de 580 litros por segundo, sendo que atualmente a vazão média encontra-se na ordem de 300 litros por segundo. A figura a seguir apresenta uma visão geral da estação.



Figura 1: Vista Geral da ETE

O processo de tratamento da ETE é uma combinação entre um processo anaeróbio (reator UASB) e um processo aeróbio (reator RFA – lodos ativados).

Os reatores UASB possuem as seguintes características principais:

- Profundidade útil: $h = 4,5$ a $6,0$ m;
- Tempo de detenção hidráulico ≥ 5 a 6 h para vazão máxima;
- Tempo de detenção hidráulico ≥ 8 h para vazão média.

A fase líquida do processo de tratamento da ETE Várzea Paulista inicia pelo gradeamento grosseiro localizado à montante da elevatória final, conforme figura a seguir.

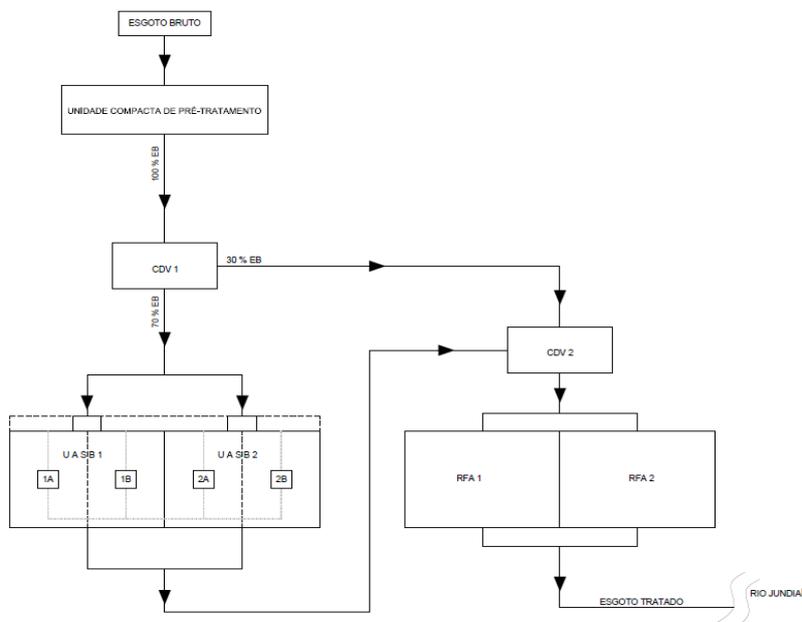


Figura 2. Fluxograma da Fase Líquida da ETE Várzea Paulista / Campo Limpo Paulista. Fonte: Elaboração Própria.

Da elevatória final, o esgoto é recalcado para o sistema de pré-tratamento para remoção de sólidos finos, areia e gordura. Após o pré-tratamento, o esgoto segue para a primeira caixa divisora de vazão – CDVI, onde é distribuído para o processo secundário de tratamento. Da CDVI, dois terços da vazão são encaminhados para tratamento em dois módulos de reatores anaeróbios do tipo UASB. Cada módulo é dividido em dois reatores UASB. As linhas de efluente tratado nos reatores UASB são encaminhadas através de tubulações para a segunda caixa divisora de vazão – CDVII. A CDVII recebe, além da vazão de efluente tratado pelos reatores UASB, um terço do esgoto bruto proveniente do pré-tratamento, de modo a fornecer matéria orgânica rapidamente biodegradável como doadora de elétrons para o processo de redução do nitrato formado nos tanques de aeração. A vazão afluenta à CDVII é então distribuída para o sistema de lodos ativados composto de dois reatores de fluxo alternado, seguindo os ciclos de operação descritos a seguir.

O RFA possui os princípios do reator biológico de lodos ativados sequencial (reator por batelada) - RBS, com algumas características peculiares, tais como: o sistema trabalha com nível constante e dispensa o sistema de flutuador para descarte de efluente tratado; a fase de alimentação de esgoto e o descarte do efluente tratado ocorrem simultaneamente, porém em tanques distintos, dispensando tanques de amortecimento de vazões de descarte; permite o emprego de módulos de decantação acelerada, reduzindo significativamente a área para implantação. O reator opera de acordo com os seguintes ciclos (fases) apresentados nas figuras a seguir. As figuras 3 e 4 representam, respectivamente, a fase principal A e a fase de transição de A para B.

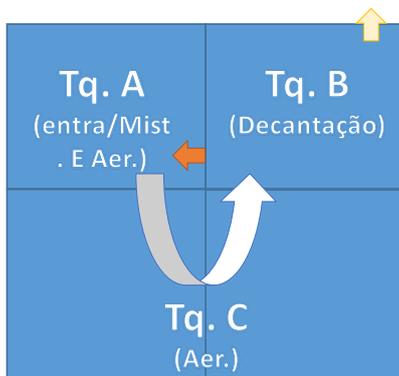


Figura 3 – Fase Principal A: 120 a 240 min.

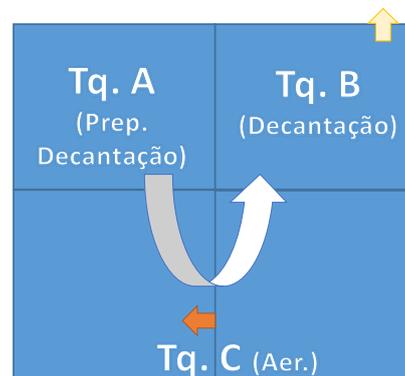


Figura 4 – Fase de Transição A → B :30 a 45 min.

Na fase principal ‘A’, o esgoto afluenta é alimentado no Tanque ‘A’, percorrendo um fluxo A→C→B, mantendo-se o tanque ‘B’ na fase de decantação. O tempo do ciclo é flexível, podendo variar de 120 a 240 min, sendo que nos primeiros 45 minutos do ciclo o tanque ‘A’ permanece apenas em agitação através de misturadores mecânicos. O tanque central ‘C’ permanece constantemente em aeração. Na fase de transição de ‘A’ para ‘B’, o esgoto afluenta é alimentado no Tanque ‘C’, percorrendo um fluxo C→B. Durante essa fase, o tanque ‘B’ ainda se encontra na fase de decantação e o tanque ‘A’ inicia o processo de decantação. O tempo do ciclo é flexível podendo variar de 30 a 45 min. O tanque central ‘C’ permanece constantemente em aeração.

As figuras 4 e 5 a seguir, representam, respectivamente, as fases principal B e a fase de transição de B para A.

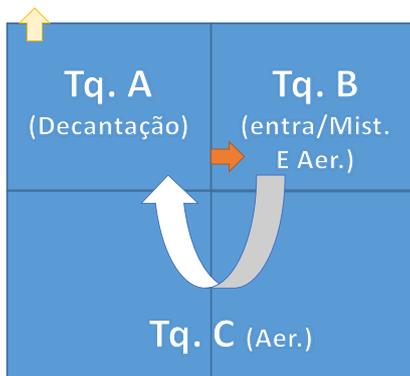


Figura 5 – Fase Principal B – 120 a 240 min.

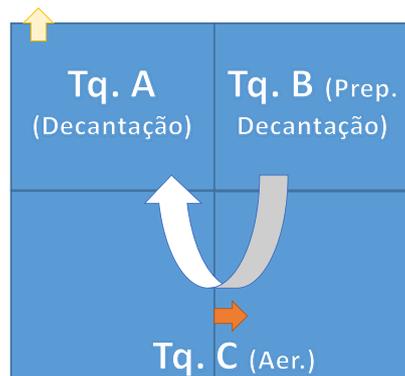


Figura 6 – Fase de Transição B → A –30 a 45 min.

Na fase principal 'B', o esgoto afluyente é alimentado no Tanque 'B', percorrendo um fluxo B→C→A, mantendo-se o tanque 'A' na fase de decantação. O tempo do ciclo é flexível, podendo variar de 120 a 240 min, sendo que nos primeiros 45 minutos do ciclo o tanque 'B' permanece apenas em agitação através de misturadores mecânicos. O tanque central 'C' permanece constantemente em aeração. Na fase de transição de 'B' para 'A', o esgoto afluyente é alimentado no Tanque 'C', percorrendo um fluxo C→A. Durante essa fase, o tanque 'A' ainda se encontra na fase de decantação e o tanque 'B' inicia o processo de decantação. O tempo do ciclo é flexível, podendo variar de 30 a 45 min. O tanque central 'C' permanece constantemente em aeração.

A fase sólida da estação é composta pelo lodo de excesso do sistema de lodos ativados (reatores RFA) e dos reatores UASB, além das unidades físicas utilizadas para o adensamento e desaguamento do lodo. Nos RFAs, o lodo em excesso pode ser removido através de dois mecanismos: remoção de lodo sedimentado, através do tanque 'A' e 'B' ou remoção de lodo misto diretamente do compartimento 'C'. O excesso de lodo aeróbio pode ser encaminhado diretamente para digestão e adensamento no reator UASB, ou ser encaminhado para adensamento mecânico. Quando utilizado o adensador mecânico, o lodo aeróbio em excesso é encaminhado para o poço de lodo adensado, que depois de misturado com o lodo de excesso do reator UASB, é encaminhado para desaguamento através das centrífugas de lodo.

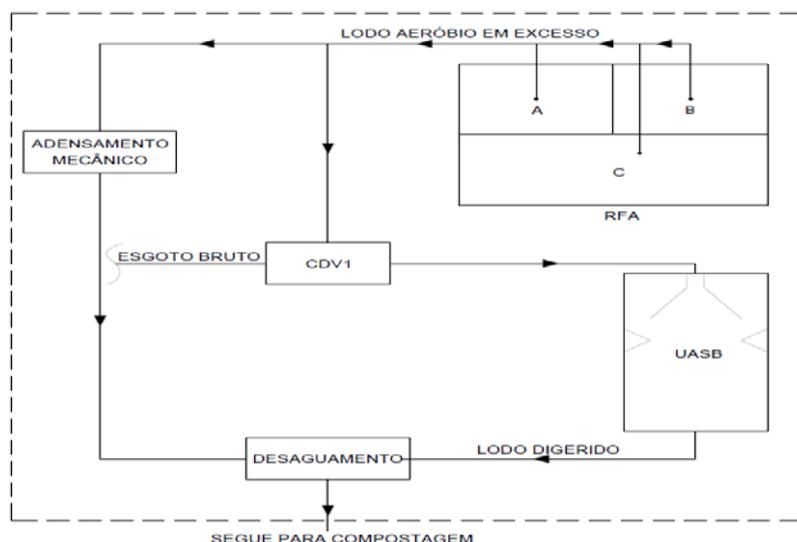


Figura 7. Fluxograma da Fase Sólida da ETE Várzea Paulista / Campo Limpo Paulista. Fonte: Elaboração Própria.

Para avaliar o efeito do descarte de lodo do reator aeróbio para o reator UASB, o sistema foi operado no ano de 2016 com descarte de lodo aeróbio do compartimento central do RFA, que é mantido continuamente em aeração, ou seja, a concentração do lodo de descarte é igual à concentração de sólidos desse compartimento. Durante esse período, houve períodos com descarte de lodo aeróbio e sem descarte de lodo aeróbio para o reator UASB, de modo que os resultados levantados foram agrupados por períodos, conforme será apresentado no próximo tópico.

Nos primeiros meses de 2017, adotou-se a estratégia de realizar o descarte de lodo aeróbio em excesso apenas em período noturno, a fim de verificar se essa estratégia reduziria a concentração de sólidos em suspensão no efluente do reator UASB, que durante o ano de 2016 apresentou valores bastante significativos.

RESULTADOS OBTIDOS

A figura a seguir apresenta a variação da concentração de sólidos em suspensão no efluente do reator UASB durante o ano de 2016. Durante esse período de monitoramento, iniciado no dia 08/01/2016 (Dia 0), houve períodos com descarte de lodo aeróbio para o reator UASB e períodos sem descarte, além de períodos com remoção de lodo em excesso do reator UASB para a unidade de desaguamento e períodos sem remoção de lodo em excesso, devido a paradas da unidade de desaguamento, geralmente ocasionada por falhas do equipamento decanter centrífugo.

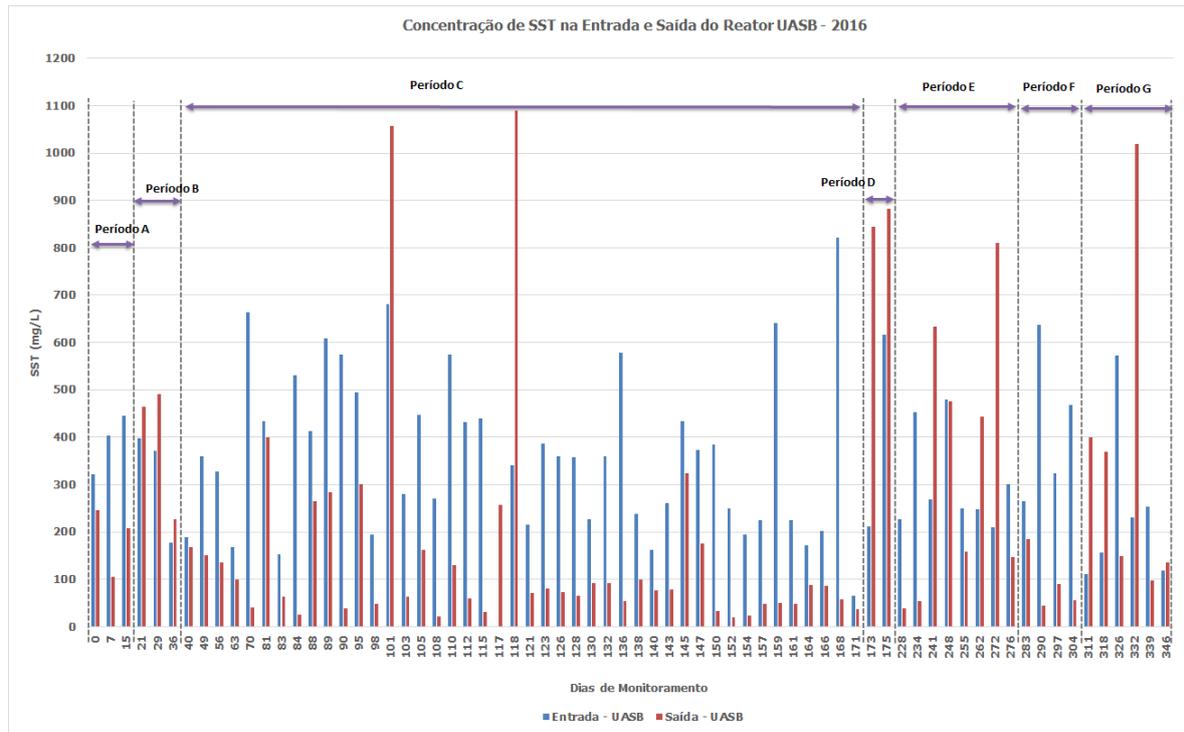


Figura 8: Variação da concentração de SST ao longo de 2016.

Os diferentes períodos da figura anterior representam a seguinte condição de operação a que foi submetida à fase sólida da ETE:

- Período A, C: Sem descarte de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB e sem remoção de lodo do UASB
- Período B, D: Com descarte de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB e sem remoção de lodo do UASB
- Período E, G: Com descarte de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB e períodos com remoção parcial de lodo de excesso do UASB
- Período F: Sem descarte de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB e períodos com remoção parcial de lodo de excesso do UASB

Da figura anterior é possível observar que ocorreram picos significados de SST no efluente do reator UASB tanto no período com descarte de lodo aeróbio quanto no período sem descarte. Contudo, o número de eventos onde a concentração de SST no efluente do reator UASB se apresentou superior a concentração de SST na entrada é muito superior nos períodos com descarte de lodo aeróbio para o reator UASB do que nos períodos sem descarte de lodo aeróbio. Nesses períodos sem descarte de lodo aeróbio para o reator UASB, os eventos com picos acima de 1000 mg/L de SST devem estar associados com o acúmulo excessivo de lodo no reator UASB, devido a longos períodos sem remoção do lodo de excesso da ETE. Já os picos de SST no efluente desse reator durante períodos de descarte de lodo aeróbio para o reator UASB podem estar associados a essa condição operacional, mas influenciados por períodos anteriores onde não houve remoção de excesso de lodo do reator UASB. A hipótese é que com o reator na sua capacidade de retenção de sólidos, qualquer lançamento adicional de lodo no reator acaba por ser expulso com seu efluente.

Devido às condições a que foram submetidas à fase sólida da ETE durante o ano de 2016, cada dia monitorado foi classificado, com base em diários operacionais da ETE, da seguinte forma: Quando o sistema operava com descarte de lodo aeróbio para o reator UASB, o dia monitorado recebia o código S (Sim), quando não operava com descarte de lodo aeróbio, o dia recebia o código N (Não). Da mesma forma se procedia quando ocorria a remoção de lodo de excesso do reator UASB (S) e quando não recebia (N). Em suma, cada dia monitorado foi classificado em até quatro combinações possíveis, da seguinte forma:

- SS: Com descarte de lodo aeróbio para UASB e com remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento
- SN: Com descarte de lodo aeróbio para UASB e sem remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento
- NS: Sem descarte de lodo aeróbio para UASB e com remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento
- NN: Sem descarte de lodo aeróbio para UASB e com remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento

A tabela a seguir apresenta os resultados para o período monitorado na figura 08, em termos de valores mínimo, médio e máximo.

Tabela 1 – Resultados Operacionais Reator UASB – Ano 2017

Condição Operacional da Fase Sólida em 2016	Saída do Reator UASB												Eficiência (%)	
	DQO Total (mg/L)			DQO solúvel (mg/L)			SST (mg/L)			SSV (mg/L)			DQO Total (mg/L)	DQO Solúvel (mg/L)
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Média	Média
SS	173	533	962	57	79	148	98	407	1020	48	242	520	18	48
SN	138	432	901	62	74	93	39	419	882	31	215	527	15	42
NS	97	141	248	57	58	70	24	66	185	20	43	95	75	59
NN	62	215	807	57	68	134	20	172	1090	20	100	620	65	58

Observa-se da tabela anterior que a eficiência média de remoção de DQO total foi bastante inferior durante os dias com sistema operado com descarte de lodo aeróbio para o reator UASB (SS e SN), devido a maior concentração de sólidos no efluente final. A eficiência de remoção de DQO filtrada também foi menor durante esse período. Na figura a seguir, observa-se a DQO média total do efluente do reator UASB foi até 5 vezes superior a DQO média observada no efluente do reator UASB durante o período sem descarte de lodo aeróbio para o reator UASB e com remoção de excesso de lodo do reator UASB (NS) para a unidade de desaguamento.

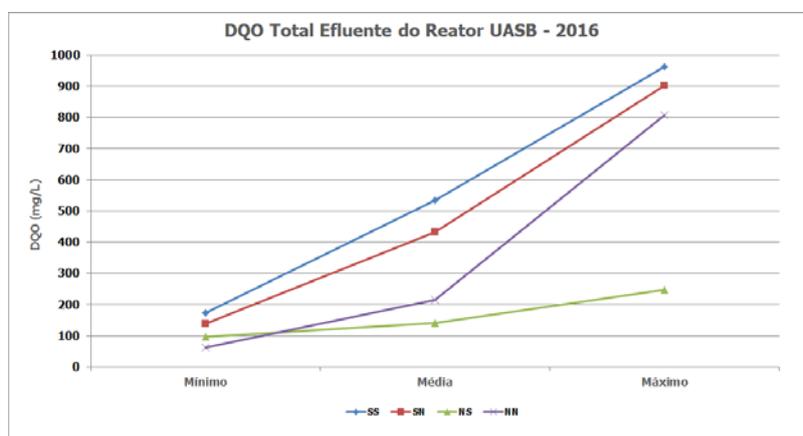


Figura 9: Variação da DQO Total no Efluente do Reator UASB em 2016

Na figura a seguir, observa-se que os picos de máxima concentração de SST no efluente final coincidem com os períodos onde ocorreram descarte de lodo aeróbio para o reator UASB (SS e SN) e com o período sem nenhum descarte de lodo aeróbio e sem nenhuma remoção de lodo de fundo (NN).

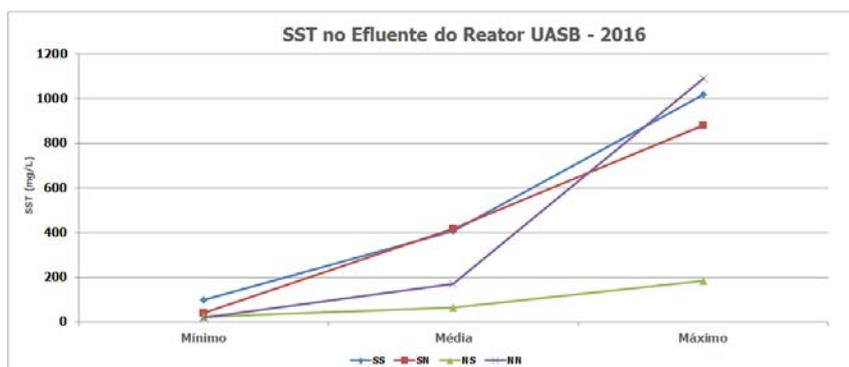


Figura 10: Variação da SST no Efluente do Reator UASB em 2016

Apesar das concentrações médias de SST nos períodos sem descarte de lodo aeróbio em excesso (NS e NN) terem sido menor que a metade da concentração de SST observada nos períodos com descarte de lodo aeróbio em excesso para o reator UASB (SS e SN), é possível que esses resultados tenham sido majorados devido ao acúmulo de lodo no reator UASB.

Assim, nos primeiros meses de 2017, o sistema vem operando numa melhor condição de operação da fase sólida, ou seja, com remoção diária de lodo de excesso do reator UASB. A figura a seguir apresenta esse período monitorado, também agrupado em períodos com descarte de lodo de excesso e períodos sem descarte. Nesses primeiros meses, adotou-se como condição o descarte de lodo aeróbio apenas em períodos noturnos, ou seja, nos períodos de baixa vazão afluente à ETE.

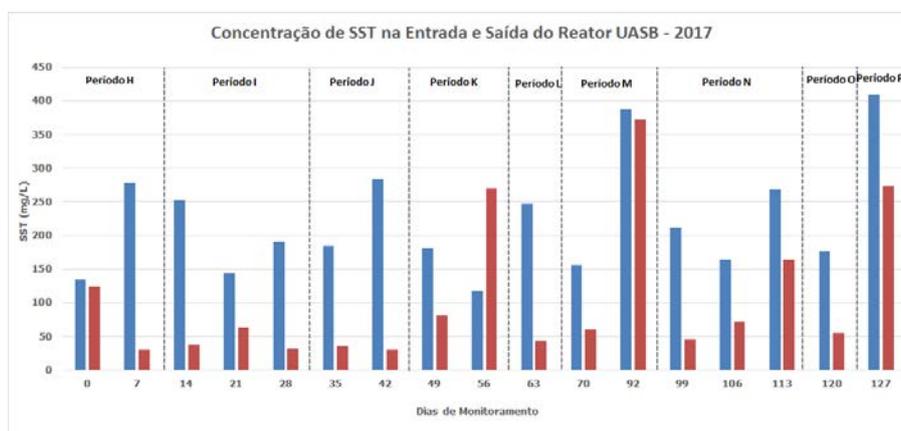


Figura 11: Variação da concentração de SST ao longo de 2017.

Os períodos referentes ao ano de 2017 da figura anterior representam a seguinte condição de operação a que foi submetida à fase sólida da ETE:

- Período H, K, M, N, P: Com descarte noturno de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB
- Período I, J, L, O: Sem descarte noturno de lodo aeróbio de excesso para o reator UASB

Como durante o período monitorado ocorreu remoção de lodo de excesso do UASB para a unidade de desaguamento, os dias monitorados foram classificados, com base nos diários operacionais, da seguinte forma:

- SS: Com descarte de lodo aeróbio para UASB e com remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento
- SN: Com descarte de lodo aeróbio para UASB e sem remoção de excesso de lodo do UASB para Unidade de Desaguamento

A tabela a seguir apresenta os resultados desse período, ou seja, durante os primeiros 127 dias de monitoramento do ano de 2017.

Tabela 2 – Resultados Operacionais Reator UASB – Ano 2017

Condição Operacional da Fase Sólida em 2017	Saída do Reator UASB												Eficiência (%)	
	DQO Total (mg/L)			DQO Filtrada (mg/L)			SST (mg/L)			SSV (mg/L)			DQO Total (mg/L)	DQO Filtrada (mg/L)
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Média	Média
SS	101	253	543	57	65	86	30	149	372	23	84	205	57	55
NS	66	106	149	57	63	94	30	42	64	23	30	42	76	49

Observa-se da tabela anterior que a eficiência de remoção de DQO total é menor no período com descarte de lodo aeróbio para o reator UASB (SS) devido a maior concentração de SST e SSV no seu efluente. Contudo, os valores médios de SST encontrados nesses primeiros meses de 2017 são de 149 mg/L, com picos de até 205 mg/L. No período de 2016, os valores médios de SST no efluente do reator UASB foi de 407 mg/L, com picos de até 1020 mg/L. Assim, apesar de haver uma perda de qualidade do efluente final do reator UASB devido a uma maior perda de sólidos com seu efluente final, sua intensidade está diretamente relacionada com a gestão da fase sólida da ETE. As figuras a seguir apresentam na forma de gráfico a variação da DQO total e da concentração de SST no efluente quando o sistema foi operado com e sem descarte noturno de lodo aeróbio em excesso para o reator UASB.

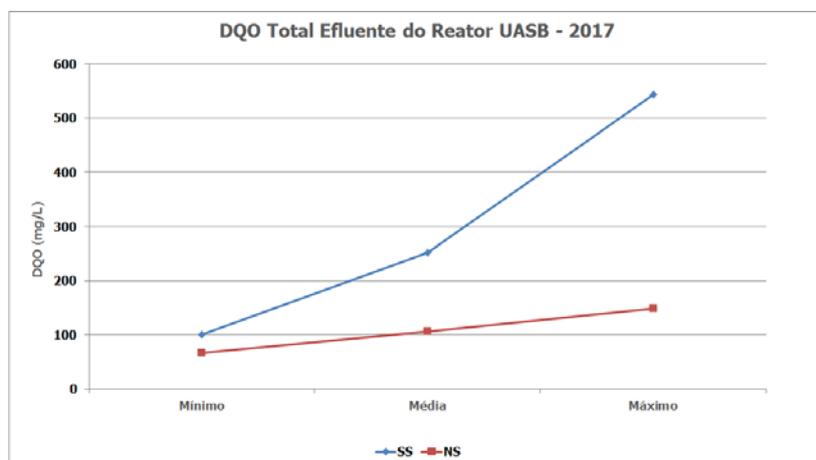


Figura 12: Variação de SST no Efluente do Reator UASB o primeiro semestre de 2017

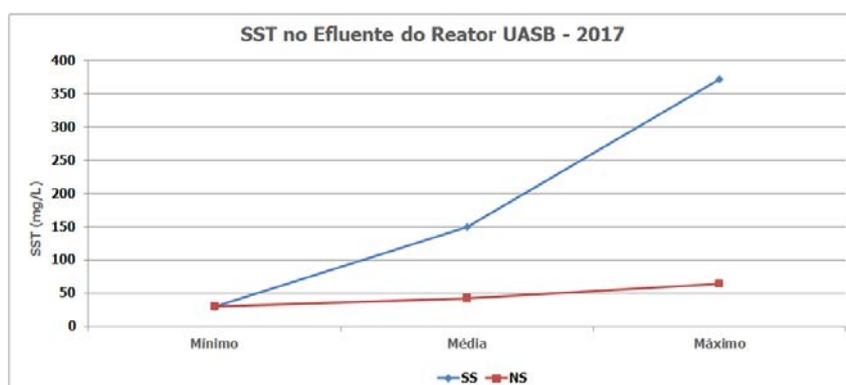


Figura 13: Variação de SST no Efluente do Reator UASB o primeiro semestre de 2017

Nos próximos meses de 2017, o reator UASB voltará a ser alimentado com descarte de lodo aeróbio durante 24 horas do dia, e durante períodos de baixa vazão, a fim de determinar qual a melhor condição para essa

operação. A princípio, com o descarte noturno se reduz o arraste de sólidos no reator UASB, porém o sistema de lodos ativados utilizado como pós-tratamento acabará operando numa condição de maior idade do lodo.

Com relação ao impacto do aumento da concentração de SST no efluente do reator UASB, o controle da idade do lodo no sistema foi bastante problemático, não tendo, porém, apresentado impacto negativo na qualidade do efluente final, cujas concentrações médias de SST no efluente final foram menores que 25 mg/L. As figuras a seguir apresentam as concentrações médias de sólidos em suspensão totais - SST nos dois reatores RFAs, e a concentração de SST no efluente final da estação.

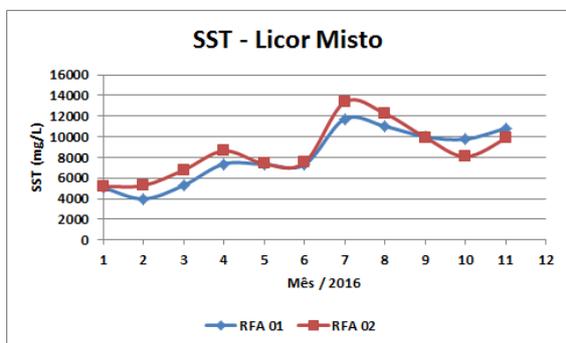


Figura 14 – Concentração de SST no Licor Misto

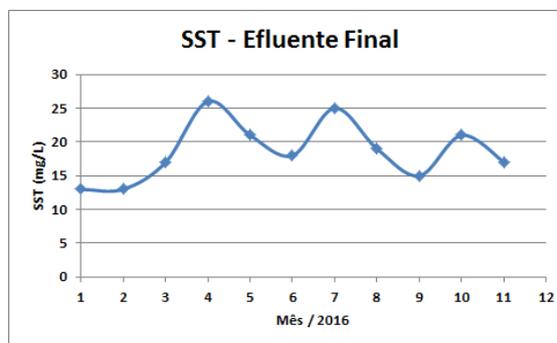


Figura 15 – Concentração de SST no Efl. Final

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

A pesquisa continua em desenvolvimento e os resultados apresentados ainda são indicativos de uma condição operacional que vem sofrendo influência de fatores associados a uma manutenção e operação deficiente da fase sólida da ETE. Porém pode-se afirmar que há impacto do descarte de lodo ativado na qualidade do efluente do reator UASB, devido a uma maior concentração de sólidos. Ainda não é possível afirmar se esse descarte de lodo deve ser evitado, ou se pode ser gerenciado de forma a não causar prejuízos para o sistema aeróbio à jusante, assim como na qualidade do efluente final produzido na estação.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho vem sendo realizado com o apoio dos operadores lotados na ETE Várzea Paulista e na Divisão de Controle Sanitário da Unidade RJ da SABESP, e especialmente dos técnicos em sistemas de saneamento dessa unidade: Thiago Peixoto dos Santos e Cristiane Silva Vitoreti.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASEIRO, A.H.; PIVELI, R.P.; ALEM SOBRINHO, P. Avaliação de desempenho de um digestor anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) tratando esgoto sanitário e digerindo lodo aeróbio excedente. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Belo Horizonte, 2007.
2. CHERNICARO, C.A.L.; VAN HAANDEL, A.; AISSE, M.M.; CAVALCANTI, P.F.F. Capítulo 7, Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. PROSAB, ABES, Rio de Janeiro, 1999.
3. METCALF & EDDY, Inc. (2013). Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. Mcgraw-Hill Education; 5 Edition, P.2048. Versão traduzida, Porto Alegre, AMGH, 2016.
4. VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. V. R (1999). O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado: Teoria e aplicações para projetos e operações. 1ª edição. Campina Grande.
5. VAN HAANDEL, A., SANTOS, S. L., CHAVES, S. R. M. (2014). Influência do projeto do separador de fases sobre o desempenho do reator UASB no tratamento de águas residuárias municipais. <http://doi.org/10.4322/dae.2014.153>.