

Aplicabilidade de sistema reator anaeróbico compartimentado seguida de filtro anaeróbico no tratamento de efluentes de suinocultura de pequeno porte

Applicability of compartmentalized anaerobic reactor system followed by anaerobic filter on small swine wastewater treatment

Luciano Santos Rodrigues^{1*} , Ednardi Pereira Torres¹ , Lucas Alves Rodrigues¹ , Joyce da Cruz Ferraz Dutra¹ , Renata Rodrigues Sampaio¹ , Israel José da Silva¹ 

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema composto de reator anaeróbico compartimentado (RAC) seguido por filtro anaeróbico (FA), tratando águas residuárias de uma granja suinícola de pequeno porte. Foram analisados os parâmetros: pH, ácidos voláteis totais (AVT), demanda química de oxigênio total (DQO_t), demanda química de oxigênio dissolvida (DQO_{diss}), demanda química de oxigênio devida aos sólidos suspensos (DQO_{ss}), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV) e nitrogênio total kjeldhal (NTK). Os valores efluentes no RAC e no FA, de DQO_t, SST e NTK, foram 6.633 e 4.361 mg.L⁻¹, 2.418 e 595 mg.L⁻¹ e 888 e 954 mg.L⁻¹, respectivamente, para uma carga orgânica volumétrica (COV) de 701 kgDQO(m³.d)⁻¹ no RAC e 28,3 kgDQO(m³.d)⁻¹ no FA, e tempo de detenção hidráulico de 70,5 e 17,8 h no RAC e no FA, respectivamente. O sistema RAC seguido de FA mostrou eficiência de remoção média de 88,8% para DQO_t e 80,5% de SST. Conclui-se que o sistema de tratamento anaeróbico, composto por RAC seguido de FA, foi eficiente na remoção de DQO e SST, possibilitando, nas condições operacionais impostas, alcançar valores médios de remoção acima de 80%, tornando-se uma ótima alternativa de tratamento de efluentes de suinocultura para granjas de pequeno porte.

Palavras-chave: impacto ambiental; dejetos de suínos; digestão anaeróbia.

ABSTRACT

The aim of this work was to assess the performance of a system composed by a compartmentalized anaerobic reactor (CAR) followed by anaerobic filter (AF) in the treatment of the wastewater of a small pigfarm. The following parameters were analyzed: pH, total volatile fatty acids (VFA), total demand of chemical oxygen (DCO_t), dissolved chemical oxygen demand (COD_{diss}), chemical oxygen demand due to suspended solids (COD_{ss}), total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS) and total kjeldhal nitrogen (TKN). The effluents and AF values for the CAR, the DCO_t, TSS and TKN were 6,633 and 4,361 mg.L⁻¹, 2,418 and 595 mg.L⁻¹, and 888 and 954 mg.L⁻¹, respectively, for a volumetric organic load (VOL) of 701 kgDCO(m³.d)⁻¹ in CAR and 28.3 kgDCO(m³.d)⁻¹ in AF, and hydraulic detention time of 70.5 and 17.8 h in CAR and AF, respectively. The CAR system followed by FA presented a mean removal efficiency of 88.8% for COD and 80.5% for TSS. It is concluded that the anaerobic treatment system consisting of CAR followed by AF was efficient in removing DCO and TSS, allowing with the imposed operating conditions to achieve average removal values above 80%, becoming a great alternative for wastewater treatment in small swinefarms.

Keywords: environmental impact; swine manure; anaerobic digestion.

INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes em granjas de pequeno porte é feito de forma empírica em muitas propriedades, sendo o produtor não raramente atuado pelos órgãos reguladores da legislação ambiental. A avaliação de *performance* de um sistema reator anaeróbico compartimentado

(RAC) seguido de filtro anaeróbico (FA) mostra uma significativa redução de parâmetros físico-químicos impactantes ao meio ambiente, além de ser uma alternativa de baixo custo e viável para pequenos produtores.

O setor agroindustrial é de extrema importância para a economia brasileira. Em relação à suinocultura, de acordo com dados publicados pela Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora

¹Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

*Autor correspondente: lsantosrodrigues@gmail.com

Recebido: 13/07/2014 - Aceito: 20/09/2017 - Reg. ABES: 137661

de Carne Suína (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2013), o Brasil ocupa o quarto lugar no *ranking* de exportação de carne suína, com 582.000 toneladas por ano, ficando atrás do Canadá, da União Europeia e dos Estados Unidos (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2013).

Considerando que a carne suína é a mais produzida do mundo e que Brasil é um dos principais exportadores, prevê-se que uma parcela significativa desse crescimento na produção deverá ser atendida por meio da expansão da produção de suínos no país (SANTOS FILHO; SCHLINDWEIN; SCHEUERMANN, 2009).

Em contrapartida, a suinocultura possui grande potencial poluidor, o que traz preocupações em relação ao aumento dos dejetos produzidos. Estes, quando inadequadamente tratados, podem causar poluição ambiental, o que torna necessário o estudo de alternativas para o tratamento de efluentes provenientes da suinocultura (RODRIGUES, 2003).

Os dejetos suínos podem apresentar grandes variações quantitativas e qualitativas em seus componentes, o que depende do sistema de manejo adotado e da quantidade de água e nutrientes em sua composição (RODRIGUES, 2003). Segundo Isbizuka (1998), cada suíno criado em sistemas de confinamento produz, em média, 2,35 kg.d⁻¹ de fezes. Considerando a quantidade de urina, esse valor passa para 5,80 kg.d⁻¹; além disso, somando-se a água excedente empregada nas mais diversas formas de manejo, totaliza-se 8,60 kg.d⁻¹ por animal.

O reator anaeróbio de chicanas foi desenvolvido primeiramente por Bachmann et al. demonstrando grande capacidade de retenção da biomassa (*apud* VOSSOUGH; SHAKERI; ALEMZADEH, 2003). Ele combina as vantagens do FA, que apresenta alta estabilidade e segurança, e do reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), no qual a própria biomassa agregada facilita a sua retenção no reator, mostrando excelente desempenho para tratamento de resíduos de suinocultura.

Isso se explica porque a configuração desse reator é altamente eficiente para a retenção da fração orgânica (sólidos voláteis) desses resíduos, constituída por uma grande porção de partículas de diâmetro menor que 0,21 mm, cujos constituintes bioquímicos, que incluem proteínas, lipídeos e celulose, contribuem com mais de 50% da potencialidade de produção de metano (BOOPATHY, 1998). Yang e Moengangongo (1987) verificou que a remoção de matéria orgânica em RAC ocorre também por meio de sedimentação e floculação, portanto o reator funcionaria como processo físico-químico e biológico de remoção de sólidos.

Com essas características, os RAC têm se apresentado como boa alternativa para o tratamento de águas residuárias com altas frações de sólidos suspensos orgânicos, como são os efluentes da produção agropecuária, entre eles, as águas residuárias de suinocultura.

O RAC possui como vantagens o projeto simples, não há necessidade de separador de gás ou de lodo, ocorre baixa produção de lodo,

alto tempo de retenção de sólidos (TRS), pode ser operado com baixo tempo de detenção hidráulica (TDH) e com alta estabilidade quando submetido à choque hidráulico ou orgânico, porém sua maior vantagem é a habilidade de separar as fases acidogênica e metanogênica. Isso permite que diferentes populações dominem cada compartimento: as bactérias acidificantes predominam no primeiro compartimento e as metanogênicas dominam as seções subsequentes. A separação de fases causa aumento na proteção contra materiais tóxicos e alta resistência a mudanças ambientais, como pH, temperatura e carregamento orgânico (KUSÇU; SPONZA, 2005).

Os reatores anaeróbios de alta taxa, assim como os reatores UASB, apresentam limitações para tratamento de efluentes com altas concentrações de sólidos orgânicos; um dos motivos é a dificuldade de hidrólise dos sólidos orgânicos. A utilização de dois estágios em processo anaeróbio visa à melhoria do desempenho da remoção de sólidos, incrementado a hidrólise no primeiro e fazendo uma estabilização no segundo (OLIVEIRA; FORESTI, 2004; OLIVEIRA; SANTANA, 2011; VAN LIER *et al.*, 2001; PEREIRA, 2003).

Song, Gu Shin e Hwang (2010), operando reator UASB de 35 m³ com temperatura de 35°C, usando TDH variando de 7,0 a 3,5 dias e carga orgânica volumétrica (COV) de 1,3 a 5,8 kgDQO(m³.d)⁻¹, obtiveram eficiências de remoção de 74,0 a 78,7% para demanda química de oxigênio (DQO).

Fernandes e Oliveira (2006), utilizando reator compartimentado (ABR) seguido de reator UASB no processo anaeróbio em dois estágios, tratando águas residuárias de suinocultura com concentrações em torno de 6.000 mg.L⁻¹, com TDH de 18 a 56 h no primeiro reator, obtiveram produções volumétricas de metano de até 0,755 m³ CH₄ (m³ reator d)⁻¹ e eficiências de remoção no sistema de tratamento (ABR + UASB) de DQO, sólidos suspensos totais (SST) e coliformes termotolerantes de 95, 96 e 99,99%, respectivamente.

Assim, para tratar efluente da suinocultura que possui altas concentrações de fração orgânica particulada, pode ser vantajoso aplicar o processo anaeróbio em mais estágios (SEGHEZZO *et al.*, 1998).

Considerando essa possibilidade, avaliou-se, neste trabalho, o desempenho de dois reatores anaeróbios (reator compartimentado seguido de FA) no tratamento de efluentes de suinocultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma suinocultura comercial localizada no município de Congonhas, situado na região central do estado de Minas Gerais.

A suinocultura no qual foi realizado o trabalho possui um plantel de aproximadamente 350 animais, em ciclo completo, com 30 matrizes. A estação de tratamento era composta por caixa coletora de 1 m³, bomba centrífuga de rotor semiaberto, peneira rotativa centrífuga de

diâmetro de 1 mm, RAC com volume total de 18 m³ (três compartimentos de 7,5, 5,25 e 5,25 m³, respectivamente) e, por último, um filtro anaeróbio de 3 m³. Na Figura 1 é mostrado o perfil do reator compartimentado seguido de FA.

O sistema de tratamento foi monitorado durante o período de um ano por meio da coleta dos afluentes e dos efluentes do esgoto bruto, da peneira, do RAC e do FA, sendo realizadas as seguintes análises físico-químicas: temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis totais (AVT), DQO, demanda química de oxigênio filtrada (DQOf), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF), SST, sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos sedimentáveis, nitrogênio total kjeldhal (NTK) e fósforo total, de acordo com *Standard methods for the examination of water and wastewater* (AWWA; APHA; WEF, 2005). As análises foram processadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas básicas das COV, do TDH, dos valores afluentes e efluentes de pH e das concentrações AVT, obtidas durante o período experimental na peneira estática (P), na fossa séptica (RAC) e no FA. Já na Tabela 2, são apresentados os valores médios, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) da demanda química de oxigênio total (DQO_t), dissolvida e devida aos sólidos suspensos, aos SST, aos SSV e NTK afluentes e efluentes das unidades que compõem a estação de tratamento de esgoto (ETE) durante o período experimental.

Os valores de pH no afluente variaram de 6,57 a 7,81, e no efluente do RAC e do FA, de 7,06 a 7,47 e de 7,12 a 7,89, respectivamente. A maioria dos sistemas de tratamento anaeróbio é operada na faixa de pH de 6,5 a 7,5, sendo recomendado valores superiores a 6,2 (LETTINGA, 1995; SANTANA; OLIVEIRA, 2005).

Os resultados de pH observados apresentaram valores crescentes do afluente para os efluentes do RAC e do FA, situando-se dentro da

faixa ótima para a digestão anaeróbia (6,5 a 7,5), não atingindo valores considerados prejudiciais à atividade metanogênica das arqueas (LETTINGA, 1995; SANTANA; OLIVEIRA, 2005).

A concentração média de AVT no RAC foi de 167 mg.L⁻¹ e no FA de 161 mg.L⁻¹, valores inferiores ao recomendado (200 mg.L⁻¹), indicando estabilidade nos dois reatores anaeróbios, confirmando as condições

Tabela 1 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação do tempo de detenção hidráulico, da carga orgânica volumétrica, do pH e dos ácidos voláteis totais nos afluentes e nos efluentes da peneira, da fossa séptica (reator anaeróbio compartimentado) e do filtro anaeróbio.

Parâmetros	Estatísticas básicas		
	Média	DP	CV (%)
TDH (h)			
Afluente	-	-	-
Peneira	-	-	-
RAC	2,94	0,24	8,13
FA	0,74	0,06	8,13
COV (kgDQO _t .m ⁻³ .d ⁻¹)			
Afluente	-	-	-
Peneira	-	-	-
RAC	7,01	3,04	43,36
FA	28,30	15,71	55,52
pH			
Afluente	7,16	0,45	6,32
Peneira	7,00	0,41	5,91
RAC	7,20	0,15	2,03
FA	7,43	0,21	2,86
AVT (mg.L ⁻¹)			
Afluente	-	-	-
Peneira	-	-	-
RAC	167	93	55,7
FA	161	126	78,2

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; TDH: tempo de detenção hidráulico; COV: carga orgânica volumétrica; AVT: ácidos voláteis totais; RAC: reator anaeróbio compartimentado; FA: filtro anaeróbio.

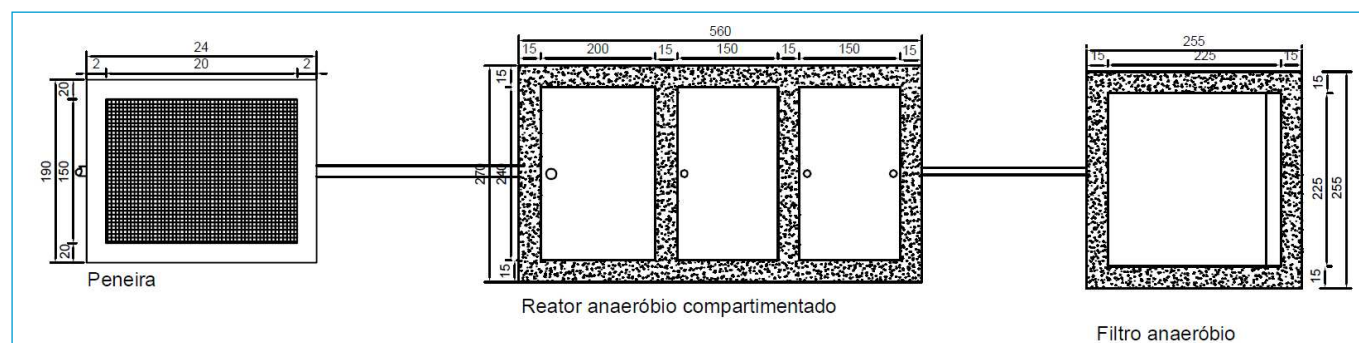


Figura 1 - Layout do sistema de tratamento.

favoráveis para a atividade microbiana das arqueas metanogênicas e propiciando bons resultados no desempenho do sistema.

Os valores médios de DQO_t no afluente foram de 35.416 $mg.L^{-1}$, diminuindo ao passar pelo RAC e pelo FA. Esses valores foram superiores aos obtidos por Santana e Oliveira (2005), Fernandes e Oliveira (2006), Abreu Neto e Oliveira (2009) e Oliveira e Santana (2011),

Tabela 2 - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação da demanda química de oxigênio total e dissolvida, dos sólidos suspensos totais e dos sólidos suspensos voláteis, e nitrogênio total kjeldhal nos afluentes e nos efluentes da peneira, do reator anaeróbio compartimentado e do filtro anaeróbio.

Parâmetros	Estatísticas básicas		
	Média	DP	CV (%)
DQO_t ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	35.416	14.210	40,1
Peneira	20.955	9.521	45,4
RAC	6.633	4.044	60,9
FA	4.361	2.581	59,2
DQO_{diss} ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	4.445	2.331	52,4
Peneira	3.210	648	20,2
RAC	657	243	36,9
FA	538	271	50,3
DQO_{ss} ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	30.971	15.339	49,53
Peneira	17.746	9.350	52,69
RAC	5.976	4.176	69,88
FA	3.823	2.786	72,88
SST ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	7.554	9.979	132,1
Peneira	4.339	3.621	83,5
RAC	2.418	2.009	83,1
FA	595	190	31,9
SSV ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	3.428	4.489	130,9
Peneira	4.140	4.172	100,8
RAC	1.938	1.635	84,4
FA	538	191	35,5
NTK ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	2.030	1.529	75,3
Peneira	1.106	703	63,5
RAC	888	258	29,1
FA	954	207	21,6

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; DQO_t : demanda química de oxigênio total; DQO_{diss} : demanda química de oxigênio dissolvida; SST: sólidos suspensos totais; SSV: sólidos suspensos voláteis; NTK: nitrogênio total kjeldhal; RAC: reator anaeróbio compartimentado; FA: filtro anaeróbio.

que trabalhando com efluentes de suinocultura encontraram DQO_t afluente média de 8.818, 11.640, 28.770 e 17.334 $mg.L^{-1}$, respectivamente. Apesar do alto valor de DQO_t no referido estudo, a eficiência global de remoção de DQO_t no sistema anaeróbio foi superior a 80% (Figura 2).

Os valores médios de demanda química de oxigênio devida aos sólidos suspensos (DQO_{ss}) no afluente e nos efluentes da peneira, do RAC e do FA corresponderam a 87,4, 84,7, 90,1 e 87,7% da DQO_t , respectivamente. Esses valores são similares aos obtidos por Pereira (2003), Santana e Oliveira (2005) e Fernandes e Oliveira (2006), que obtiveram, para águas residuárias de suinocultura, valores da relação DQO_{ss}/DQO_t de 75, 76,5 e 73,6%, respectivamente, indicando a predominância de sólidos suspensos orgânicos no afluente e nos efluentes da peneira, do RAC e do FA. Foi observada uma diminuição da concentração de demanda química de oxigênio dissolvida (DQO_{diss}) ao longo do tempo, como mostrado na Figura 3, obtendo-se eficiência de remoção global de 84,3% (Tabela 3).

No RAC, operando com valores de COV variando de 2,0 a 10,5 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ e TDH de 70,5 h, foram obtidas eficiências de remoção de DQO_t variando de 56 a 89% (Tabela 3, Figura 2). As eficiências de remoção média de DQO_{diss} e DQO_{ss} foram de 81,3 e 71,7%, respectivamente.

No FA, as eficiências de remoção de DQO_t , DQO_{diss} e DQO_{ss} variaram de 7,1 a 77,8%, 8,3 a 60,0% e 7,1 a 84,6%, respectivamente, para COV aplicadas variando de 10,9 a 51,4 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ e TDH médio de 17,8 h.

Observa-se que os valores de COV aplicados no FA foram elevados comparados com outros autores que também trabalharam com reatores anaeróbios tratando águas residuárias de suinocultura, o que explica a baixa eficiência de remoção de DQO_t , DQO_{diss} e DQO_{ss} no FA. Por outro lado, o TDH obtido no FA foi muito baixo, também afetando o seu desempenho.

A eficiência de remoção global do sistema variou de 79,6 a 95,2% para DQO_t , 69,1 a 97,1% para DQO_{diss} e 79,6 a 96,2% para DQO_{ss} . Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com dois reatores anaeróbios UASB em série com COV aplicadas variando de 14,8 a 24,4 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ no primeiro reator e de 10,2 a 17,4 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ no segundo, obtiveram eficiências de remoção de DQO_t variando de 87 a 94%.

Abreu Neto e Oliveira (2009) avaliaram dois reatores anaeróbios em série (reator ABR seguido de reator UASB) em série tratando efluentes de suinocultura, submetidos a TDH de 60 a 24 h no reator ABR e de 13,6 a 5,4 h no reator UASB, com COV variando de 11,5 a 18 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ no reator ABR e de 4,2 a 13,4 $kgDQO_t.(m^3.d)^{-1}$ no reator UASB, obtendo eficiências médias de remoção de 72 e 40% nos dois reatores, respectivamente.

Os valores das concentrações de SST (Figura 4) no afluente variaram de 720 a 25.265 mg.L⁻¹. Essa diferença deveu-se às variações pronunciadas provocadas pelas alterações no manejo da água

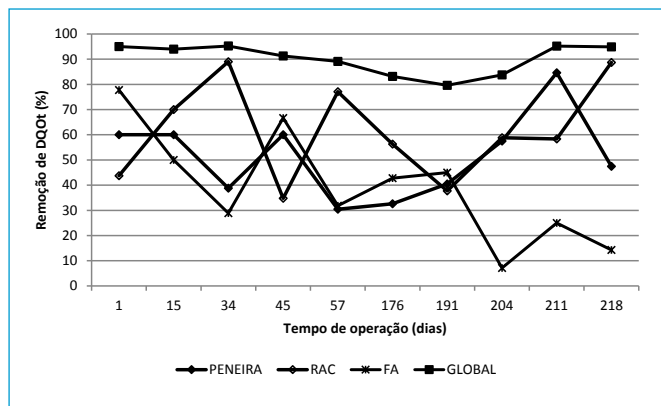


Figura 2 - Eficiência de remoção de demanda química de oxigênio total (DQOt) na peneira, no reator anaeróbio compartimentado (RAC), no filtro anaeróbio (FA) e no global do sistema, durante o período experimental.

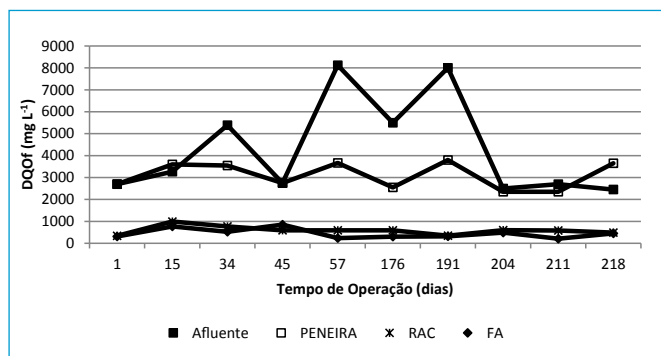


Figura 3 - Concentração de demanda química de oxigênio filtrada (DQOf) do afluente, da peneira, do reator anaeróbio compartimentado (RAC) e do filtro anaeróbio (FA) durante o período experimental.

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão da demanda química de oxigênio total, da demanda química de oxigênio dissolvida, da demanda química de oxigênio devida aos sólidos suspensos, dos sólidos suspensos totais, dos sólidos suspensos voláteis e NTK das unidades que compõem a estação de tratamento de esgoto.

Parâmetro	Peneira	RAC	FA	Global
DQO _t	51,7 ± 20,3	71,4 ± 15,5	39,3 ± 24,2	88,8 ± 5,8
DQO _{diss}	27,4 ± 38,8	81,3 ± 3,8	30,8 ± 21,8	84,3 ± 11,3
DQO _{SS}	49,4 ± 22,7	71,7 ± 16,1	40,8 ± 27,6	89,0 ± 6,3
SST	40,9 ± 41,6	53,1 ± 8,4	57,8 ± 38,6	80,5 ± 17,8
SSV	15,8 ± 7,8	54,2 ± 6,8	54,8 ± 36,8	67,5 ± 5,8
NTK	62,4 ± 14,3	34,0 ± 22,0	5,0 ± 3,5	56,3 ± 14,2

RAC: reator anaeróbio compartimentado; FA: filtro anaeróbio; DQO_t: demanda química de oxigênio total; DQO_{diss}: demanda química de oxigênio dissolvida; DQO_{SS}: demanda química de oxigênio devida aos sólidos suspensos; SST: sólidos suspensos totais; SSV: sólidos suspensos voláteis.

residuíria e no número de animais na granja de suínos. Nos efluentes do RAC e do FA, os valores de SST diminuíram para 2.418 e 595 mg.L⁻¹, respectivamente.

As eficiências médias de remoção de SST e SSV, no RAC e no FA, foram de 53,1 e 54,2% e de 57,7 e 54,8%, com eficiência global do sistema de 80,5 e 67,5% de SST e SSV, respectivamente.

O valor médio de NTK afluente foi de 2.030 mg.L⁻¹, diminuindo para 1.106 mg.L⁻¹ na peneira, 888 mg.L⁻¹ no RAC e aumentou para 954 mg.L⁻¹ no FA. Esses valores elevados de NTK são provenientes da alimentação dos suínos, rica em nutrientes.

A eficiência de remoção de NTK variou de 40,1 a 85,3% na peneira, 8,9 a 49,9% no RAC e 1,8 a 8,7% no FA. A eficiência global do sistema na remoção de NTK variou de 34,1 a 78,2%. Observa-se que a unidade que mais contribuiu para a remoção de NTK foi a peneira, pois grande parte dos nutrientes está na forma particulada e acaba sendo retida na malha da peneira.

Os resultados alcançados neste trabalho mostram que o sistema composto RAC seguido de FA se apresenta como alternativa promissora no tratamento de efluentes de suinocultura em granjas de pequeno porte, para o reúso na agricultura. A tecnologia é compatível para a mitigação dos efeitos ambientais de um efluente com altas concentrações de sólidos e matéria orgânica (MO), além do custo acessível ao pequeno produtor.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento anaeróbio, composto por RAC seguido de FA, foi eficiente na remoção de DQO e SST, possibilitando, nas condições operacionais impostas, alcançar valores médios de remoção acima de 80%, tornando-se uma ótima alternativa de tratamento de efluentes de suinocultura para granjas de pequeno porte. Entretanto, os resultados de DQO e nutrientes ainda são elevados para o lançamento em corpos d'água.

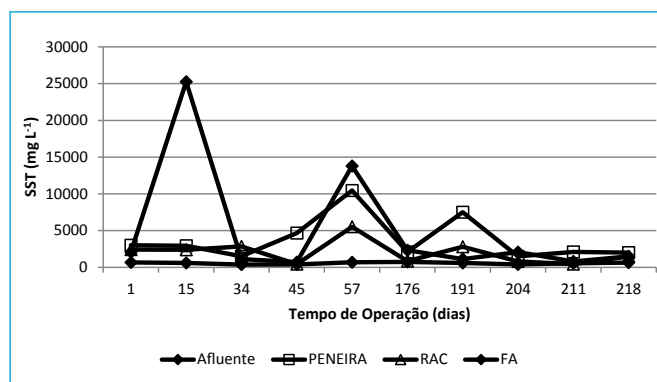


Figura 4 - Concentração de sólidos suspensos totais (SST) do afluente, da peneira, do reator anaeróbio compartimentado (RAC) e do filtro anaeróbio (FA) durante o período experimental.

REFERÊNCIAS

- ABREU NETO, M.S.; OLIVEIRA, R.A. de. (2009) Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 148-161. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000100015>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18. ed. Washington, D.C.: APHA/AWWA/WPCF.
- BOOPATHY, R. (1998) Biological treatment of swine waster using anaerobic baffled reactors. *Bioresource Technology*, Oxford, v. 64, n. 1, p. 1-6. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00178-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00178-8)
- FERNANDES, G.F.R.; OLIVEIRA, R.A. de. (2006) Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 243-256. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100027>
- ISBIZUKA, M.M.A. (1998) Biotecnologia no tratamento de dejetos de suínos. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, p. 16-17.
- KUSÇU, O.P.; SPONZA, D.T. (2005) Performance of anaerobic baffled reactor (ABR) treating synthetic wastewater containing p-nitrophenol. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 36, n. 7, p. 888-895. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.01.001>
- LETTINGA, G. (1995) Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, Dordrecht, v. 67, n. 1, p. 3-28.
- OLIVEIRA, R.A. de; FORESTI, E. (2004) Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 807-820.
- OLIVEIRA, R.A. de; SANTANA, A.M. (2011) Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada seqüencial (RBS). *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 178-192. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000100018>
- PEREIRA, E.R. (2003) *Desempenho e caracterização microbiana do processo de dois estágios com Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura*. 103 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- RODRIGUES, L.S. (2003) *Concepção e avaliação de sistema de tratamento com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) e lagoa de polimento para águas residuárias de suinocultura*. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SANTANA, A.M. da; OLIVEIRA, R.A. de. (2005) Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 817-830. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000300029>
- SANTOS FILHO, J.I. dos; SCHLINDWEIN, M.M.; SCHEUERMANN, G.N. (2009) Fatores determinantes do consumo de ovos no Brasil. *Revista de Economia agrícola*, São Paulo, v. 56, n. 2, p. 37-46.
- SEGHEZZO, L.; ZEEMAN, G.; VAN LIER, J.B.; HAMELERS, H.V.M.; LETTINGA, G. (1998) A review: The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. *Bioresource Technology*, Lausanne, v. 65, n. 3, p. 175-190. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00046-7)
- SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. (2013) *Abipecs: Brasil já exportou carne suína para 69 países*. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/abipecs-brasil-ja-exportou-carne-suina-para-69-paises-ate-agosto-de-2013/>>. Acesso em: 1º dez. 2013.
- SONG, M.; GU SHIN, S.; HWANG, S. (2010) Methanogenic population dynamics assessed by real-time quantitative PCR in sludge granule in upflow anaerobic sludge blanked treating swine wastewater. *Bioresource Technology*, Essex, v. 101, n. 1, Supl., p. S23-S28. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.054>
- VAN LIER, J.B.; TILCHE, A.; AHRING, B.K.; MACARIE, H.; MOLETTA, R.; DOHANYOS, M.; POL, L.W.H.; LENS, P.; VERSTRAETE, W. (2001) New perspectives in anaerobic digestion. *Water Science and Technology*, Kidlington, v. 43, n. 1, p. 1-18. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0001>
- VOSSOUGHI, M.; SHAKERI, M.; ALEMZADEH, I. (2003) Performance of anaerobic baffled reactor treating synthetic wastewater influenced by decreasing COD/SO₄ ratios. *Chemical Engineering and Processing*, Lausanne, v. 42, n. 10, p. 811-816. [https://doi.org/10.1016/S0255-2701\(02\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S0255-2701(02)00107-1)
- YANG, P.Y.; MOENGANGONGO, T.H. (1987) Operational stability of a horizontal baffled anaerobic for diluted swine wastewater in the tropics. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 30, n. 4, p. 1105-1110. <https://doi.org/10.13031/2013.30527>

