

II-057 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA SIMPLIFICADO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA PEQUENAS COMUNIDADES VISANDO O USO NA AGRICULTURA

Daniele Tonon⁽¹⁾

Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Estadual Paulista – UNESP. Mestre em Engenharia Civil - Departamento Saneamento e Ambiente - pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Doutoranda em Engenharia Civil na FEC - UNICAMP pelo departamento de Saneamento e Ambiente.

Bruno Coraucci Filho

Professor Titular da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/UNICAMP Departamento de Saneamento e Ambiente.

Felippe Rodrigues

Graduado em Tecnologia em Saneamento Ambiental no Centro Superior de Educação Tecnológica - CESET/UNICAMP.

Noely Bochi Silva

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental no CESET/UNICAMP. Mestre em Engenharia Civil – Departamento de Saneamento e Ambiente.

Adriano Luiz Tonetti

Professor Doutor em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Primo Teodomiro Sguassábia, 71 – Bairro Recanto do Lago – São João da Boa Vista - SP - CEP: 13874-678 - Brasil - Tel: 55 (19) 3633-5733 ou 55 (19) 9610-3970 - e-mail: daniele_tonon2005@yahoo.com.br

RESUMO

A escassez cada vez maior de água doce devido ao crescimento demográfico, a urbanização e, provavelmente, as mudanças climáticas, tem dado lugar ao uso crescente de águas residuárias na agricultura. Atualmente, essa prática é uma realidade, principalmente, na região sudeste de São Paulo, onde os conflitos pelos usos múltiplos da água são constantes. Frente a essa realidade, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de um sistema simplificado de tratamento de esgoto para pequenas comunidades (composto por filtros anaeróbios e pós-tratamento por filtros de areia com altas taxas de aplicação diárias que variaram de 300 a 800 Lm⁻²) através de parâmetros como pH, alcalinidade, turbidez, condutividade, OD e DQO visando o uso na agricultura, em especial numa cultura de roseiras e/ou para lançamento em corpos hídricos. Verificou-se uma remoção na concentração de matéria orgânica em termos de DQO, acima de 90 % no efluente dos filtros de areia em todas as taxas de aplicação estudadas. Além disso, os outros parâmetros como turbidez, OD e pH estiveram dentro da classificação recomendada pela Resolução CONAMA 430 (2011) para padrões de lançamento em corpos receptores. Como os resultados foram satisfatórios, comprova-se que é possível a aplicação de maiores taxas hidráulicas nos leitos de areia.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuárias, Tratamento anaeróbio, Tratamento aeróbio, Altas Taxas, Roseiras.

INTRODUÇÃO

De acordo com dados publicados pela Organização Mundial da Saúde, atualmente cerca de 1,1 bilhões de pessoas em todo o mundo não possuem acesso a fontes seguras de água potável e 2,4 bilhões não tem acesso a nenhum tipo de instalações adequadas de saneamento. Esses dados alertam para o fato de que cerca de 2,0 milhões de pessoas, a maioria crianças menores de cinco anos, morrem todos os anos devido a enfermidades diarreicas causadas pela falta de saneamento (WHO, 2010).

A escassez cada vez maior de água doce devido ao crescimento demográfico, a urbanização e provavelmente, às mudanças climáticas, tem dado lugar ao uso crescente de águas residuárias na agricultura. Em alguns casos, a água residuária é o único recurso hídrico que as comunidades pobres possuem para garantir sua subsistência

através da agricultura, sendo assim, seu uso deve ser feito de maneira consciente para garantir apenas as vantagens da técnica (WHO, 2010).

Em 1989, a OMS publicou um guia sobre o uso seguro de águas residuárias na agricultura que teve uma repercussão significativa em muitos países que fazem desta prática um meio para resolver, em parte, seu problema de escassez de água. Em consonância a isso, no Brasil a CETESB (2006) publicou uma instrução normativa (número 31) que sugere orientações para a aplicação de água de reúso na agricultura, pois, atualmente essa prática é uma necessidade, principalmente em regiões onde há estresse hídrico. Portanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas em sistemas de tratamento eficientes e com manutenção e operação simplificada para que seja possível a acessibilidade dos grupos sociais menos favorecidos e que garanta a sustentabilidade econômica e ambiental.

Desde 1996, a Unicamp juntamente com o Programa de Pesquisas em Saneamento – PROSAB - vêm realizando pesquisas aplicadas principalmente em pequenas comunidades, dentre elas, o tratamento de esgotos domésticos por filtros anaeróbios com recheio de Anéis de Bambu (CAMARGO, 2000 e COSTA COUTO, 1993) e também com recheio de cascas de Coco Verde (CRUZ, 2009). Este método possui baixo custo, consome pouca energia e produz uma pequena quantidade de lodo, sendo extremamente viável para as regiões que possuem disponibilidade deste tipo de vegetação. Porém, apenas essa etapa de tratamento não atende aos padrões da Legislação Brasileira (CONAMA, 430, 2011), demandando um pós-tratamento para o efluente.

Por essa razão, estudos realizados por TONETTI (2008) e TONON (2011) com os filtros de areia como pós-tratamento para o efluente. Com Tonetti (2008) os filtros de areia receberam taxas de aplicação diárias de até 200 L m^{-2} e os resultados obtidos foram satisfatórios em relação à produção de efluente adequados aos padrões de lançamento em corpos receptores (CONAMA 430/11). Por outro lado, verifica-se que o efluente produzido nesse sistema poderia se ter uma aplicação agrícola, visto que, ao final do processo possuía concentrações satisfatórias de nutrientes como nitrogênio, fósforo, entre outros.

Portanto, é possível a construção de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, com manutenção e operação simplificada, desde que haja uma quantidade suficiente de efluente produzido para a irrigação e que o mesmo obedeça aos padrões de lançamento e/ou ao reúso.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência de um sistema simplificado de tratamento de esgoto para pequenas comunidades através de parâmetros como pH, alcalinidade, turbidez, condutividade, OD e DQO visando o uso na agricultura.

METODOLOGIA UTILIZADA

O projeto foi instalado no terreno ao lado do Laboratório de Protótipos Aplicados ao Tratamento de Águas e Efluentes (LABPRO) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. O esgoto bruto empregado nesta pesquisa foi proveniente de uma região da universidade na qual circulam diariamente cerca de 10 mil pessoas e é conhecida como Área da Saúde. A Figura 1 apresenta a vista geral da área das instalações de pesquisa.



Figura 1 – Vista geral da área das instalações de pesquisa.

Dentro do terreno do LABPRO há um ponto onde essa água residuária gerada é coletada através de uma bomba submersa (Marca Anauger, Modelo 800) que foi adaptada dentro de um recipiente com capacidade de 50 L. Essa bomba é responsável por enviar uma parcela de esgoto bruto através de um tubo de 0,016 m de diâmetro até as caixas de armazenamento e distribuição do efluente do sistema experimental.

FILTROS ANAERÓBIOS

É nos filtros anaeróbios que ocorre a degradação da matéria orgânica presente no esgoto por meio de bactérias que se fixam ao material suporte, que neste caso, foi os anéis bambu (*Bambusa tuldoides*) e as cascas de coco verde (*Cocos nucifera*). Nesses filtros, foi mantida a vazão constante de 110 mL.s^{-1} , com tempo de detenção hidráulica em 9 horas. A Figura 2 apresenta o esquema do reator anaeróbio e a grade suporte instalada no fundo cônico dos reatores.

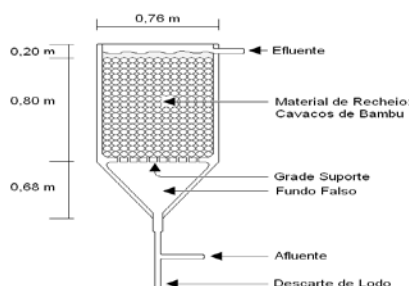


Figura 2 - Esquema de um reator anaeróbio e grade suporte instalada no fundo cônico dos reatores (adaptado de TONETTI, 2008).

Os cinco reatores anaeróbios foram preenchidos com materiais suporte distintos. Três reatores foram constituídos de anéis de bambu da espécie *Bambusa tuldoides*, com diâmetro de 4 cm e tamanho aproximadamente de 5 cm de comprimento, e dois dos reatores foram preenchidos com casca de coco verde da espécie *Cocos nucifera*, que foram cortadas em 4 partes após estarem secas.

FILTROS DE AREIA

O líquido afluente é enviado para a caixa de armazenamento e posteriormente enviado a quatro filtros de areia (conforme as taxas de aplicações diárias predefinidas), com a intenção de se completar a remoção da matéria orgânica, de nutrientes e de organismos patogênicos a fim de se obedecer a legislação CONAMA 430 (2011).

Com relação ao leito de areia foi adotada a profundidade de 0,75 m, que segundo TONETTI (2004) era o valor mais adequado para o tratamento. A areia empregada foi denominada média, classificada de acordo com o procedimento apresentado pela NBR 6502 (1995), possuindo um diâmetro efetivo de 0,18 mm, coeficiente de uniformidade de 3,14 e coeficiente de vazios de $28,58 \pm 0,87 \%$. Por sua vez, caso a base de classificação seja a NBR 7211 (2004), utilizada para qualificar materiais para a construção civil, esta areia possui Dimensão Máxima Característica de 2,38 mm e Módulo de Finura de 2,14 mm (TONETTI, 2008). A Figura 3 apresenta um esquema geral dos filtros dos filtros de areia e uma vista lateral do filtro de areia.



Figura 3 – Esquema geral dos filtros de areia e uma vista lateral do filtro de areia.

TAXAS DE APLICAÇÃO HIDRÁULICAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

O efluente proveniente dos filtros anaeróbios foi aplicado sob o leito dos filtros de areia de segunda à sexta-feira em cargas de $50 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Para cada um dos filtros, este valor foi disposto em diferentes frequências de aplicações. Taxas de aplicação hidráulicas de 300, 400, 500, 600, 700 e $800 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ foram testadas, afim de se obter resultados mais expressivos sobre o funcionamento dos filtros de areia e também fornecer subsídios para a irrigação da cultura de roseiras.

As amostras coletadas foram analisadas a partir de testes de pH, alcalinidade, turbidez, condutividade elétrica, OD e, DQO. Análises essas realizadas no laboratório de saneamento da FEC/UNICAMP de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - AWWA/APHA (2005). A Tabela 1 apresenta os parâmetros analisados e a indicação do método empregado.

Tabela 1 – Parâmetros analisados e a indicação do método empregado.

Nome	Metodologia	Denominação
Alcalinidade	Ripley <i>et al.</i> (1986)	-
Condutividade	2510 – A	Conductivity
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	5220 – D	Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxigênio Dissolvido	4500 – O G	Membrane Electrode Method
pH	4500 – pH Value B	Electrometric Method
Turbidez	2130 - B	Nephelometric Method

AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais de cada um dos parâmetros foram submetidos à análise estatística e confrontados com os limites apresentados nas legislações pertinentes. Deste modo, utilizou-se a CONAMA 430 (2011) para avaliar a conformidade do efluente quanto ao seu lançamento em corpos receptores. Porém, quanto à possibilidade de reúso do efluente obtido, foi realizada uma comparação com a recomendação da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 1994), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006) e Organização Mundial da Saúde (OMS, 2000).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos ao tratamento estatístico fazendo-se uso do Programa Bioestat 5.0 (AYRES, 2008). Os dados foram analisados quanto à variância e as médias comparadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal - Wallis (Teste Dunn) ao nível de 5% ($p \leq 0,05$). Além da análise estatística, os resultados obtidos foram representados em gráficos gerados pelo programa Microsoft Office Excel.

PERÍODO ANALÍTICO

O período experimental do trabalho foi de 23 meses, totalizando 101 semanas de coleta de dados. Em alguns momentos houve a necessidade de paralisações no projeto para a lavagem dos filtros com água potável. Além disso, outras paralisações momentâneas ocorreram devido a problemas operacionais do sistema, tais como entupimento das tubulações, colmatção dos filtros de areia, interrupção do funcionamento da bomba e ajuste à instalação da automatização.

Além disso, de acordo com a frequência compreendida entre 6 meses e 10 meses promoveu-se a remoção de uma quantidade de lodo dos filtros anaeróbios. Houve essa necessidade, pois como o controle dos parâmetros era realizado semanalmente, quando a eficiência do sistema baixava, tornava-se necessário esse procedimento. A quantidade retirada era de 5 litros de lodo de cada reator, essa quantidade não comprometia o funcionamento dos filtros anaeróbios.

RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo de todo o trabalho foram registradas a temperatura ambiente e a do leito de areia. A média obtida para o ambiente do local da instalação do projeto foi de $24,2 \pm 5,1$ °C, enquanto que no interior do leito de areia, a média chegou a $21,9 \pm 4,6$ °C.

Os resultados obtidos foram submetidos ao tratamento estatístico fazendo-se uso do Programa Bioestat 5.0 (AYRES, 2008). Os dados foram analisados quanto à variância e as médias comparadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal - Wallis (Teste Dunn) ao nível de 5% ($p \leq 0,05$). A princípio, os resultados foram apresentados na Tabela 1 através dos valores médios e dos desvios padrão de cada parâmetro avaliado.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão para os parâmetros analisados.

Parâmetro Analisado		EB ⁽¹⁾	EA ⁽²⁾	Taxa de aplicação diária sob o leito dos filtros de areia (L. m ⁻² . dia ⁻¹)					
				300	400	500	600	700	800
pH	Média	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	7,0	6,0	7,0
	D. Padrão	0,4	0,3	1,4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,7
Alc.Total (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	Média	162	245	180	106	105	196	179	237
	D. Padrão	30,1	62,3	283	183	122	283	247	242
Condutividade Elétrica (µS. cm ⁻²)	Média	791	906	1159	909	868	995	882	961
	D. Padrão	108,1	114,4	620,6	386,4	285	484,1	329	424,4
Turbidez (UT)	Média	116	75	3,0	2,0	2,0	3,0	4,0	7,0
	D. Padrão	67,7	35,4	2,2	2,0	1,5	2,4	3,4	10,1
Oxigênio Dissolvido (mg. L ⁻¹)	Média	2,0	2,0	6,0	6,0	6,0	5,0	5,0	4,0
	D. Padrão	1,2	1,0	0,7	0,8	0,8	1,2	1,1	1,5
DQO (mgO ₂ . L ⁻¹)	Média	982	399	52	40	48	54	54	68
	D. Padrão	424,7	199,2	37,7	18,6	24,9	27,2	32,8	49,5

ONDE: EB – Esgoto Bruto e EA – Efluente Anaeróbio

pH

Por meio da Figura 4 verificou-se a variação do pH em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas, verificou-se que para o esgoto bruto a média do pH para todas as semanas analisadas foi de $7,0 \pm 0,4$ e para o efluente dos filtros anaeróbios a média do pH foi de $7,0 \pm 0,3$, indicando que o pH tanto do esgoto bruto quanto dos filtros anaeróbios ficou próximo da neutralidade.

As médias de pH encontradas apresentam-se no intervalo de pH entre 6,0 e 8,0 considerados ótimos para o processo anaeróbio, pois permite que as archeas produtoras de metano tenham seu crescimento ótimo (CHERNICHARO, 2007). Para Speece (1996) o pH deve variar entre 6,5 e 8,2 para que o reator tenha seu desempenho considerado ótimo.

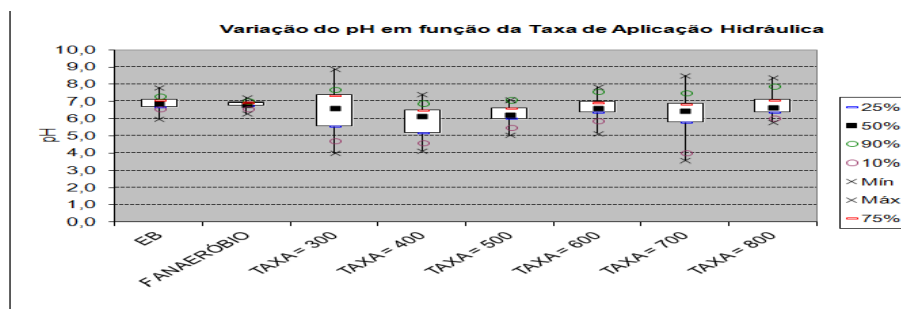


Figura 4 - Variação do pH em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas

Conclui-se a partir a análise estatística que em todas as fases do projeto os valores de pH do Esgoto Bruto e do Filtro Anaeróbio não possuem diferença estatística, mas esses valores quando comparados com os pH dos filtros de areia possuem significância estatística, ou seja, são diferentes. Quando o pH dos filtros são comparados entre si também não há diferença estatística.

Portanto, de acordo com a resolução CONAMA 430/2011 valores de pH entre 6,0 e 9,0 são considerados próprios, ou seja, os resultados obtidos obedecem à norma vigente com relação a padrões de lançamento em corpos receptores.

CONDUTIVIDADE

O valor médio da Condutividade para o esgoto bruto foi de $791,5 \pm 108,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ ($0,791 \text{ dS m}^{-1}$), enquanto que para o efluente anaeróbio, a média da Condutividade alcançada foi de $906,3 \pm 114,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ ($0,906 \text{ dS m}^{-1}$). Em todo o período experimental, a condutividade do efluente anaeróbio foi superior ao valor alcançado pelo esgoto bruto.

Segundo Tonetti (2008), essa característica é explicada pela maior mineralização das substâncias presentes no esgoto bruto após a passagem pelo reator anaeróbio, que degradava as moléculas complexas transformando-as em monômeros, tais como ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal, os quais acabavam contribuindo com o aumento dos valores de condutividade. A Figura 5 apresenta o diagrama da condutividade em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

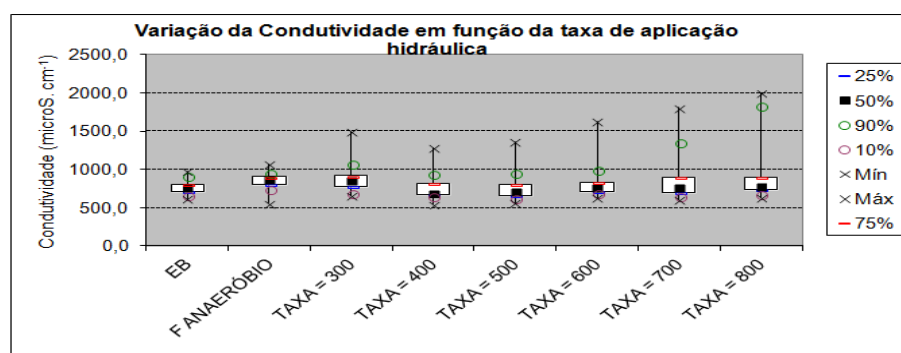


Figura 5 - Diagrama da condutividade em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

Pelos resultados apresentados tanto na Figura 5, é possível perceber que a grande maioria dos efluentes dos filtros de areia tem a condutividade acima do limite máximo de $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ ($0,700 \text{ dS m}^{-1}$) e $750 \mu\text{S cm}^{-1}$ ($0,750 \text{ dS m}^{-1}$) estipulados, respectivamente, pela FAO (1994) e pela CETESB (2006) para o uso na irrigação sem nenhum grau de restrição. Entretanto, todos os valores encontrados estão abaixo de $3000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (3 dS m^{-1}), ou seja, podem ser usados sem grau de restrição severo em solos bem drenados, com cultivo de espécies que tenham tolerância salina (FAO, 1994).

TURBIDEZ

O valor médio da Turbidez do esgoto bruto foi de $115,9 \pm 67,7$ UT, enquanto que para o efluente anaeróbio, a média da Turbidez alcançada foi de $75 \pm 35,4$ UT. Houve uma remoção de 35,3 % da turbidez do esgoto bruto para o efluente dos filtros anaeróbios. Atribui-se este desempenho a pouca degradação da matéria orgânica, combinado a isso, nesse período experimental não ocorreu manutenção e limpeza da caixa de armazenamento do efluente anaeróbio. Com o decorrer dos anos de pesquisa (desde 2007 com Tonetti), nessa caixa ficou armazenada uma quantidade considerável de lodo que não foi descartado e que ficou acumulado, aumentando a turbidez do efluente anaeróbio. A Figura 6 apresenta o diagrama da turbidez em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

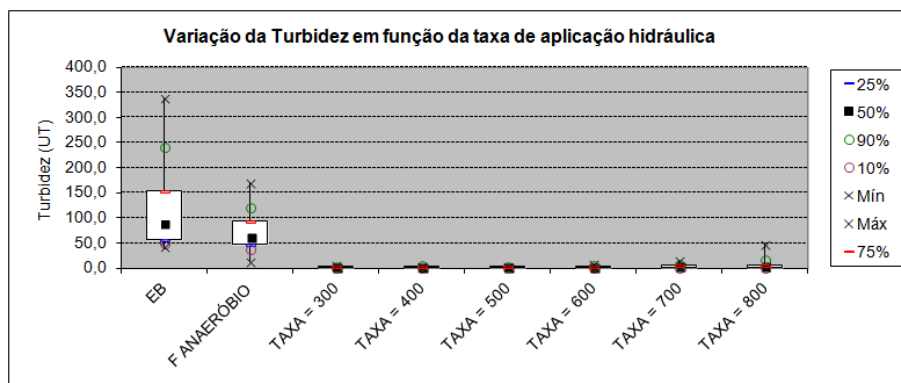


Figura 6 - Diagrama da turbidez em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

Observa-se a partir da Figura 6 que a grande maioria dos resultados da turbidez estão abaixo do limite máximo de 100 UT estipulado para padrão de qualidade de água, em rios de classe 2 e 3 (CONAMA, 430, 2011). Em relação a porcentagem de remoção da turbidez, no caso do efluente dos filtros de areia, que tiveram uma turbidez média geral de 4,0 UT, houve uma remoção de 96,5 % em relação ao esgoto bruto.

A Turbidez também foi monitorada devido a sua conhecida interferência sobre processos de desinfecção, pois por meio das partículas suspensas há oclusão dos organismos patogênicos. Diversos autores destacam que uma boa remoção de turbidez contribui na posterior desinfecção do efluente, visto que a presença de sólidos em suspensão podem servir de proteção para os microrganismos patogênicos.

A estatística revela que o esgoto bruto e o efluente anaeróbio não apresentaram diferença estatística entre os dados encontrados, mas quando comparados esses dois efluentes com os dos filtros de areia, eles possuem diferença estatística. Para o efluente dos filtros de areia, não houve diferença significativa entre os dados encontrados (Kruskal – Wallis 5 %), sendo que todos possuíam valores abaixo do limite máximo exigido tanto para corpos receptores de classe 2 e 3 quanto para de classe 1 que é 40 UT. Desse modo, garante-se condições, quanto a este parâmetro, para seu emprego na recreação de contato primário e na irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e parques, além da aquicultura e a pesca.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O valor médio da concentração de Oxigênio Dissolvido para o esgoto bruto foi de $2,0 \pm 1,0$ mgO₂ L⁻¹, enquanto que para o efluente anaeróbio, a média da concentração de Oxigênio Dissolvido alcançada foi de $1,8 \pm 1,2$ mgO₂ L⁻¹. A Figura 7 apresenta o diagrama da concentração de OD em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

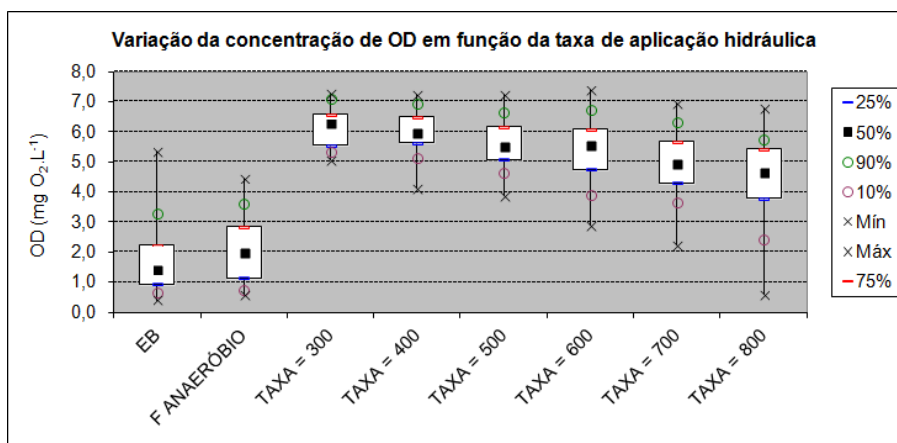


Figura 7 - Diagrama da concentração de OD em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

Verifica-se através dos resultados expressados tanto na Figura 7 com exceção da taxa de 800 L m⁻² dia⁻¹, os valores para a concentração de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite mínimo permitido para o enquadramento em um corpo de classe 2, podendo estar ainda, um corpo de classe 1 (CONAMA, 430).

Pela estatística, observou-se que os valores da concentração de OD tanto do esgoto bruto quanto do filtro anaeróbio não tiveram diferença significativa, assim como para as diferentes taxas de aplicação empregadas os valores de OD são iguais estatisticamente. Verificou-se que as taxas de aplicação hidráulica de 300 a 600 L m⁻² dia⁻¹ foram consideradas iguais estatisticamente, o mesmo pode ser visto entre as taxas de 700 e 800 L m⁻² dia⁻¹, portanto, para a estatística, há diferença entre as taxas de aplicação hidráulica.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

O valor médio obtido para a DQO_{total} do esgoto bruto foi de $982 \pm 424,7$ mgO₂ L⁻¹, enquanto que para o efluente anaeróbio, a média da DQO_{total} alcançada foi de $389,8 \pm 199,2$ mgO₂ L⁻¹. Deste modo, observa-se uma remoção média de 60,3 %. Para o esgoto bruto, von Sperling (1996) recomenda para águas residuárias de origem doméstica que os valores de DQO devem estar entre a faixa de 400 a 800 mgO₂ L⁻¹, portanto, nesse trabalho, a DQO_{total} está ligeiramente acima dessa faixa considerada ótima. A Figura 8 apresenta o diagrama da DQO em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

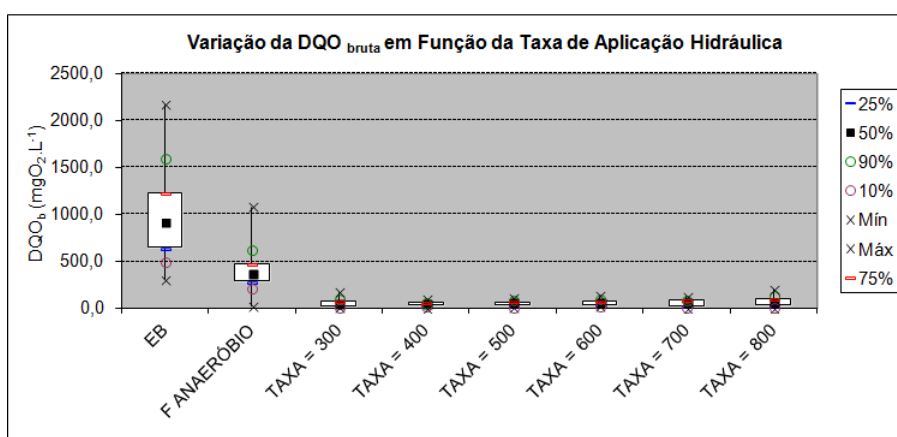


Figura 8 - Diagrama da DQO em função das taxas de aplicação hidráulica empregadas.

Avaliando os resultados de DQO_{total} obtidos nesse trabalho, a porcentagem de remoção da DQO_{total} foi de 60,3 % no filtro anaeróbio, estando dentro do esperado e recomendado por Chernicharo (2007) que indica uma porcentagem de remoção de 60 a 70 % de matéria orgânica como sendo ideal ao processo.

Quando esses valores foram comparados com os resultados dos filtros de areia a porcentagem de remoção de matéria orgânica superou os 92 %. Observou-se que, em geral, ao seu aumentar as taxas de aplicação diárias a remoção da matéria orgânica foi menos eficiente.

Com relação ao cumprimento da Legislação COPAM nº 10 (1986) de Minas Gerais, a concentração máxima permitida de DQO não deve ultrapassar $90 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$, valor este, para lançamentos em corpos receptores. Em todos as taxas de aplicação estudadas os valores obtidos foram inferiores ao permitido pela legislação, portanto, poderiam ser lançados nos corpos hídricos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A partir dos objetivos propostos nesse trabalho conclui-se que:

- Para os filtros anaeróbios houve uma remoção de matéria orgânica em termos de $\text{DQO}_{\text{total}}$ a em torno de 61 %, em relação ao Esgoto Bruto;
- Com relação aos filtros de areia, independente da taxa de aplicação estudada (300, 400, 500, 600, 700 e 800 L m^{-2}), verificou-se uma excelente remoção da matéria orgânica, em termos de DQO, superiores a 90 % em relação ao Esgoto Bruto, obedecendo as normas vigentes (COPAM nº 10, 1986), (DECRETO nº 8.468, 1976) para o lançamento desse efluente aos corpos hídricos;
- Com relação aos demais parâmetros, estes também se apresentaram aptos aos padrões de lançamento em corpos receptores.

AGRADECIMENTOS

FAPESP – Pelo apoio financeiro para construção do sistema protótipo.

CNPq – Edital CT – Hidro - pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos bolsistas de Iniciação Científica que contribuem com a parte experimental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p. 2005
2. AYRES, M. **BIOESTAT**. Universidade Federal do Pará. Belém - Pará. 2008.
3. BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução número 430**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2011.
4. CETESB. Instrução técnica nº 31. **Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo. 2006.
5. CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2^a ed, volume 5. Belo Horizonte - MG: SEGRAC. 2007.
6. CRUZ, L.M.O. **Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio preenchido por casca de coco verde (*Cocos nucifera*) combinado com filtro de areia**. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campinas, 2009.
7. COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação Normativa nº 10**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências. 1986.
8. FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO . **Water quality for agriculture - Irrigation and drainage paper**. 1994.
9. TONETTI, A.L. **Método para tratamento de esgotos e produção de água de reúso: filtro anaeróbio combinado com filtro de areia e reator de desnitrificação**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) –

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 192p. 2008.

10. TONON, D.D. **Tratamento de Efluente Anaeróbio: Condicionamento em Filtros de Areia Visando Lançamento e Reúso**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 278p. Universidade Estadual de Campinas, 2011.
11. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 1996, 243p. 2ª Edição, Belo Horizonte.
12. WHO (2010). **O abastecimento de água, o saneamento e o uso de águas residuárias**. Em: <http://www.who.int>. Acessado em 26/07/2010 às 10:32h.