

Estudo da eficiência de filtros de esgoto sanitário com diferentes matérias de preenchimento.

Matheus Carvalho e Cunha¹(IC)*, Flávia Martins de Queiroz² (PQ)
matheuscarvalhoecunha@gmail.com

Universidade Estadual de Goiás Campus Cet, BR-153, 3105 - Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis - GO, 75132-903.

Resumo: Este trabalho é um estudo das características hidráulicas da argila expandida e brita, materiais para preenchimento de filtros de esgotos sanitários, e também uma análise da eficiência destes materiais quanto as características de capacidade de remoção de sólidos e diminuição de turbidez de águas residuárias, além de verificação de pH, temperatura e condutividade elétrica, realizada com o efluente de um tanque séptico da Universidade Estadual de Goiás Campus CET, através da montagem de um experimento com reservatórios e filtros circulares de PVC, obtendo resultados satisfatórios de eficiência média dos materiais que foram de 27% para remoção de sólidos totais, 10% para turbidez, valores de pH entre 5 a 9 e temperaturas menores que 40°C atenderam a resolução CONAMA n.430/2011. Os resultados não demonstraram diferenças significativas de eficiência entre os materiais, concluindo na preferência do uso da brita como material de preenchimento de filtros, devido ao seu menor valor econômico comparado ao da argila expandida.

Palavras-chave: Argila Expandida. Brita. Sólidos Totais. Turbidez.

Introdução

O aumento do consumo de água nos centros urbanos gera, simultaneamente, um maior volume de esgotos sanitários. Estes, por sua vez, exigem uma destinação adequada; caso contrário, haverá o risco de poluição do solo e contaminação dos ecossistemas aquáticos. Essa realidade corrobora a necessidade urgente de se desenvolverem e adaptarem tecnologias economicamente viáveis de tratamento de águas residuárias. (SOUSA, HAANDEL, *et al.*, 2004)

Uma alternativa muito utilizada para o tratamento de esgotos segundo (Andrade Neto, 2006) são os filtros, que consistem, inicialmente, de um tanque contendo material de enchimento, que forma um leito fixo, alimentado com esgoto ou efluente de outra unidade de tratamento. Na superfície do material de enchimento ocorre a fixação e o desenvolvimento de microorganismos, que também se agrupam,

na forma de flocos ou grânulos, nos interstícios deste material. O fluxo através do meio filtrante é que confere alta eficiência aos filtros.

Os filtros podem ter várias formas, configurações e dimensões, desde que se obtenha fluxo bem distribuído pelo meio percolador e bom desempenho funcional. Podem ter fluxo ascendente, descendente ou horizontal (Ávila, 2005).

Busca-se, portanto, um material capaz de manter ao longo do tempo condições adequadas de escoamento que se reflete na condutividade Hidráulica, aliado a um potencial reativo, ou seja, capaz de promover adsorção de compostos inorgânicos presentes das águas residuárias, tais como amônia (NH_4) e ortofosfato (PO_4). Contudo, esta associação não se dá com facilidade, ou melhor, materiais filtrantes como a areia possuem ótimo potencial de fluxo, porém, nenhuma ou muito pouca capacidade adsorativa; por outro lado, argilas possuem alto potencial de adsorção, mas são praticamente impermeáveis (Sezerino, 2006).

Segundo Ávila (2005) o material de enchimento do filtro pode ser de vários tipos, sendo mais usual a brita n.º 4. Podem ser utilizados outros materiais como anéis de plástico, bambu, escória de alto forno, etc. Para fazer a seleção do meio suporte, deve-se levar em consideração a disponibilidade local de material adequado, seus custos de transporte e montagem e as propriedades físicas do material que são: peso unitário – devem ser leves e estruturalmente resistentes; superfície específica alta; elevado índice de vazios; e não devem apresentar formato achatado ou que propicie encaixe ou superposição.

Tendo em vista que um dos aspectos que merecem maior atenção nos projetos e construção de filtros é a busca de alternativas para o material de enchimento, estudar materiais inovadores podem trazer grandes avanços no tratamento de esgotos por filtros.

O objetivo deste trabalho foi realizar estudos comparativos de características hidrodinâmicas tais como permeabilidade hidráulica, massa específica, índice de vazios, porosidade, utilizando argila expandida e brita como material de enchimento para filtros e também analisar a remoção de sólidos e turbidez, condutividade elétrica, pH e temperatura do efluente produzido na Universidade Estadual de Goiás Campus CET.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Campus CET, Anápolis. Foram utilizados os laboratórios de materiais de construção e mecânica dos solos sendo avaliadas as características hidráulicas: granulometria, índice físicos e condutividade hidráulica do material de enchimento do filtro de leito fixo composto de argila expandida 1506 em comparação as brita de numeração 0 e numeração 2.

Com os ensaios realizados, foi montado o experimento para análise do efluente de uma unidade de fossa séptica do campus.

GRANULOMETRIA

Para determinar a composição granulométrica do material filtrante, foi realizado ensaios de peneiramento conforme a NBR NM – 248/2003 para agregados graúdos.

ÍNDICES FÍSICOS

Para a determinação do índice de vazios, porosidade e peso específico, foi utilizado um tubo de PVC, com volume conhecido, preenchido com os materiais em estudo (brita e argila expandida) e adicionou-se a água até que essa atingisse a superfície, sendo aferido o volume adicionado, esse correspondente ao volume de vazios. O índice de vazios foi estimado pela relação entre o volume de vazios e o volume do sólido. A porosidade foi determinada pela divisão do volume de vazios pelo volume total, e expressa em porcentagem. A massa específica dos grãos foi calculada pela divisão da massa dos sólidos pelo volume do sólido. A massa específica aparente foi obtida pela divisão da massa total pelo volume total. Para obter o índice de forma foram separados de cada material 100 unidades, sendo a amostra retirada durante o ensaio de granulometria em quantidade proporcional a porcentagem que ficava retida em cada peneira, após a separação da amostra, foram medidas com um paquímetro as dimensões de comprimento e espessura, e com a divisão dessas dimensões foi obtido o índice de forma.

PERMEABILIDADE

O ensaio de permeabilidade foi realizado segundo a norma ABNT NBR 13292/1995.

MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Primeiramente foram confeccionados os filtros, fabricados de PVC, com dimensões sendo altura 1,34 m, diâmetro 0,2 m e camada filtrante de 0,4 m e com o fluxo descendente do efluente. Logo após foi preciso criar um suporte para sustentar os filtros, suporte esse feito de metalon e que separava os filtros à uma distância de 0,5 m, como mostra a Figura 1:



FIGURA 1 - Filtros de pvc e suporte
FONTE: DO AUTOR

Para o reservatório do efluente foi escolhido uma caixa de 5 m³ de capacidade, foi preciso também um segundo reservatório de 0,25 m³ para manter a carga hidráulica do experimento sempre constante com o uso de uma boia. O afluente foi transportado de um dos tanques sépticos para o reservatório maior através de um caminhão limpa-fossa.



FIGURA 2 - Reservatórios do efluente
FONTE: DO AUTOR

As ligações entre os reservatórios e os filtros foram realizadas com canos soldáveis de PVC.

Com a estrutura montada iniciaram as coletas, que foram realizadas durante três dias nos horários de 9:00, 11:00 e 15:00, após as coletas foram realizadas as análises de sólidos, ph, condutividade elétrica, temperatura e turbidez.

ANÁLISE DE pH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TEMPERATURA

Foram utilizados três aparelhos digitais diferentes para essas análises, o condutivímetro, o phmetro e o termômetro, em que o procedimento consistia em mergulhar os sensores dos aparelhos em um béquer que continha a amostra, logo após a leitura os valores eram anotados e os aparelhos lavados com água destilada para uma próxima leitura.

REMOÇÃO DE SÓLIDOS

Foram utilizados cadinhos, béquer de 100 mL, estufa, mufla e balança. Primeiramente os cadinhos foram levados vazios a estufa de convecção forçada por 30 minutos a 105°C para secagem dos mesmos. Sendo posteriormente pesados e preenchidos com 100 mL de esgoto afluente e efluente ao filtro. O material foi levado a estufa por 24 horas a 105°C para determinação dos sólidos totais por diferença de pesagem sendo utilizada balança digital de precisão de $\pm 0,001$ g conforme Equação (1).

$$ST = (M_s - M_r) \times \frac{1000}{V_{am}} \quad (1)$$

Em que:

ST – sólidos totais, mg.L⁻¹

M_s – massa da amostra seca + M_r, mg

M_r – massa do recipiente, mg

V_{am} – volume da amostra, mL

O resíduo dessa secagem foi queimado em mufla a 500°C por 20 min e os sólidos remanescentes dessa queima foram determinados por diferença de pesagem, sendo obtidos os sólidos fixos (Equação 2), e os sólidos voláteis (Equação 3)

$$SF = (Mc - Mr) \times \frac{1000}{V_{am}} \quad (2)$$

$$SV = ST - SF \quad (3)$$

Em que:

SF – sólidos fixos em mg.L⁻¹

SV – sólidos voláteis em mg.L⁻¹

Mc – massa da cinza mais massa do cadinho

TURBIDEZ

A turbidez foi medida com turbidímetro digital com faixa de medição de 0 a 1000 NTU e resolução de 0,01 NTU.

Resultados e Discussão

Com o ensaio de granulometria foi determinado o diâmetro máximo das partículas da brita e da argila expandida, sendo encontrado o valor de 12,5 mm para os dois materiais.

Quanto aos valores de índice físicos e permeabilidade estão apresentados na Tabela 1:

TABELA 1 – PERMEABILIDADE E ÍNDICES FÍSICOS DA BRITA E ARGILA EXPANDIDA

| | BRITA 0 | ARGILA | BRITA 2 |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Índice de vazios | 0,966±0,021 | 0,923±0,026 | 0,945±0,028 |
| Porosidade | 49,12%±0,5% | 47,98%±0,7% | 48,83%±0,8% |
| ρ dos grãos (Kg.m⁻³) | 2937±43,84 | 1100±24,81 | 2910±32,45 |
| ρ aparente (Kg.m⁻³) | 1489±16,05 | 572±14,7 | 1495±19,02 |
| Fator de forma | 2,3±1,17 | 1,71±0,4 | 2,21±0,82 |
| Permeabilidade (m.s⁻¹) | 0,00107±0,003 | 0,00106±0,002 | 0,00180±0,003 |

FONTE: DO AUTOR

Ao realizar os ensaios com os dois materiais, percebeu-se que eles têm características semelhantes.

Os valores de permeabilidade encontrados estão de acordo com a classificação de autores como Pinto (2008), que classifica solos com permeabilidade maior que 10⁻³ m.s⁻¹ como pedregulhos.

Quanto ao índice de vazios e porosidade, foram encontrados valores bastante próximos entre a brita e a argila, valores estes relativamente altos, pois apresentaram aproximadamente metade de seus volumes ocupados por vazios, o que correlaciona com a alta permeabilidade dos dois materiais e uma boa característica para o material de enchimento de filtros.

A massa específica dos grãos e aparente dos dois materiais mostraram uma grande diferença, sendo a argila mais leve que a brita.

O fator de forma da brita apresentou característica laminar, o que pode gerar sobreposição das partículas durante a montagem de um filtro, diferentemente da argila que apresentou maior uniformidade em sua forma.

Os valores médios com o desvio padrão de cada dia de coleta dos dados de pH, condutividade, temperatura, turbidez, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis foram organizados na Tabela 2.

TABELA 2 - PH, CONDUTIVIDADE, TEMPERATURA, SÓLIDOS TOTAIS, SÓLIDOS FIXOS, SÓLIDOS VOLÁTEIS E TURBIDEZ DO EFLUENTE BRUTO E FILTRADO.

| | AFLUENTE | EFLUENTE BRITA 0 | EFLUENTE ARGILA-EXP | EFLUENTE BRITA 2 |
|---|------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| DIA 1 | | | | |
| pH | 7,41±0,13 | 7,36±0,07 | 7,38±0,11 | 7,35±0,11 |
| Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) | 1498±50 | 1450±50 | 1460±34 | 1446±47 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 20,4±1,8 | 22,6 ±1,5 | 22,7±1,4 | 22,3±1,4 |
| Turbidez (NTU) | 99,7±3,2 | 81,7±0,8 | 93,3±1,4 | 94,2±2,3 |
| Sólidos Totais (mg.L^{-1}) | 1036±25 | 757±48 | 753±107 | 793±95 |
| Sólidos Fixos (mg.L^{-1}) | 722±55 | 434±45 | 460±137 | 430±17 |
| Sólidos Voláteis(mg.L^{-1}) | 314±73 | 323±75 | 293±153 | 363±80 |
| DIA 2 | | | | |
| pH | 7,50±0,11 | 7,57±0,07 | 7,55±0,11 | 7,51±0,11 |
| Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) | 1448±27 | 1421±7 | 1434±12 | 1483±27 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 20,40±1,85 | 20,5±1,2 | 20,6±1,1 | 20,4±1,3 |
| Turbidez (NTU) | 88,1±2,1 | 76,7±1,4 | 77,63±1,8 | 85,5±2,1 |
| Sólidos Totais (mg.L^{-1}) | 1150±63 | 783±47 | 783±50 | 796±110 |
| Sólidos Fixos (mg.L^{-1}) | 690±52 | 466±63 | 440±44 | 420±52 |
| Sólidos Voláteis(mg.L^{-1}) | 460±48 | 316±47 | 343±35 | 376±56 |
| DIA 3 | | | | |

| | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| pH | 7,72±0,18 | 7,58±0,04 | 7,55±0,11 | 7,43±0,09 |
| Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) | 1448±50 | 1450±50 | 1483±34 | 1486±47 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 20,40±1,85 | 22,40±1,47 | 21,84±1,63 | 22,25±1,52 |
| Turbidez (NTU) | 109±4,2 | 95,7±1,3 | 96,2±1,4 | 96,3±2,3 |
| Sólidos Totais ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 1010±44 | 740±53 | 747±42 | 773±41 |
| Sólidos Fixos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 610±32 | 410±55 | 440±36 | 453±40 |
| Sólidos Voláteis($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 400±27 | 330±30 | 307±77 | 320±58 |

FONTE: DO AUTOR

A resolução do CONAMA n.430/2011, que diz a respeito das condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, determina que o efluente deve ter o pH entre 5 e 9 e temperatura abaixo de 40°C , algo atendido pelo sistema de fossa séptica da universidade e mantido pelos filtros.

A turbidez teve uma redução média ao longo dos três dias de 10%, 14% e 7% nos filtros de argila, brita 0 e brita 2 respectivamente, apesar dessa redução ter sido pequena, foi importante para a adequação do efluente à resolução CONAMA n.430/2005 que determina turbidez máxima de 100 NTU para efluentes de sistemas de tratamento de esgoto sanitário.

Os resultados para os sólidos totais também foram dispostos em um gráfico (Figura3).

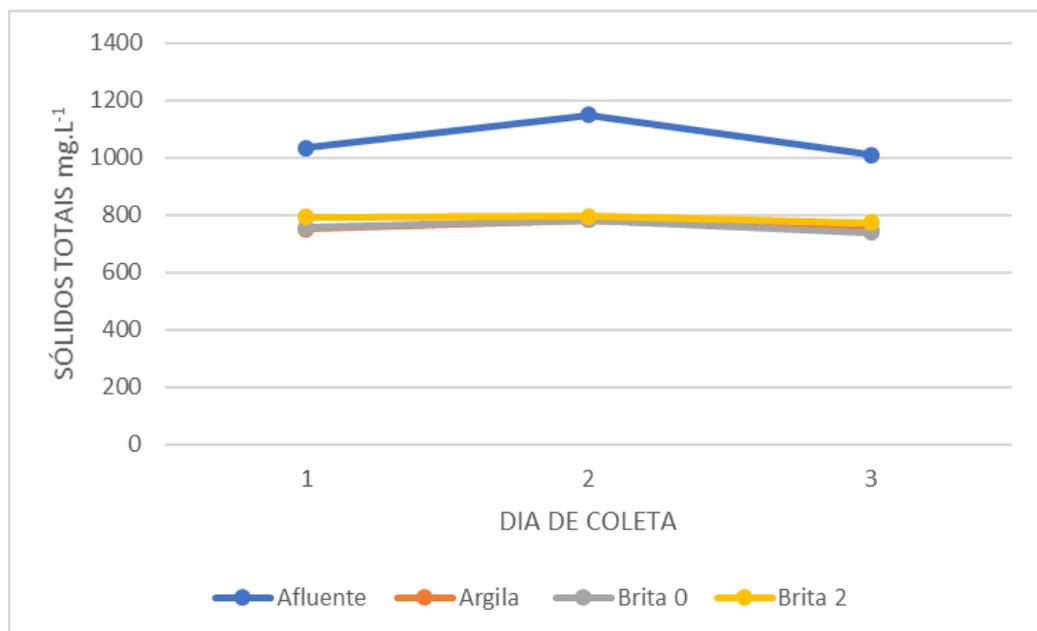


FIGURA 3 - Sólidos totais nos 3 dias de coleta

Observando este gráfico verifica-se que houveram reduções de ST semelhantes entre os 3 materiais, a redução média ao longo dos 3 dias de coleta foi 28%, 28% e 26% nos filtros de argila, brita 0 e brita 2 respectivamente, valores de

eficiência inferiores aos encontrados por Colares (2013) que analisou brita 2 e cascalho como meio suporte para leitos cultivados com leitos longitudinais de 6 metros de comprimento por 2 de largura e 1 de profundidade. Porém o presente trabalho analisou somente a eficiência dos filtros com os diferentes meios suportes, desconsiderando a eficiência do tanque séptico. Para o lançamento de esgoto sanitário, a resolução CONAMA n.430/2011 determina que os sólidos totais devem apresentar eficiência mínima de remoção de 20%, após desarenação e os sólidos grosseiros e materiais flutuantes devem estar visualmente ausentes. Portanto, os filtros atendem aos limites estabelecidos por esta resolução.

Considerações Finais

O sistema de tratamento composto por filtros aeróbicos mostrou eficiência satisfatória, aplicado ao tratamento de esgoto gerado na CCET/UEG com os três diferentes materiais de preenchimento. A eficiência de remoção média dos três materiais de meio suporte foram de 27% para sólidos totais e 10 % para turbidez. O pH, turbidez e ST das amostras atenderam a legislação para lançamento de esgoto em corpos hídricos.

Os três materiais tiveram características semelhantes para todos os parâmetros analisados, sendo a brita por seu menor valor econômico a alternativa ainda mais adequada em comparação à argila expandida para o preenchimento de filtros de efluentes.

Agradecimentos

Meus agradecimentos a instituição UEG pelo financiamento da pesquisa, a minha família que sempre me incentivou a buscar o conhecimento, a minha orientadora Flávia Martins de Queiroz pelo apoio e instrução durante a pesquisa, ao meu colega Vinícius Barros por sua ajuda durante todos experimentos, ao técnico da universidade Valdeir e ao meu colega Gabriel Xavier pela assistência e ajuda durante a montagem dos reservatórios e dos filtros.

Referências

- ANDRADE NETO, C. O. **Uso do filtro anaeróbico para tratamento de esgoto sanitário**, 2006.
- SEZERINO, P. H. **Potencialidade de filtros plantados com macrófitas (constructed wetland) no pós tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima tropical**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental I) Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- ÁVILA, R. O. de. **Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes meios suportes**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia Civil)- Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- SOUSA, J. T. D. et al. **Utilização de Wetland Construído no Pós-Tratamento de Esgotos Domésticos Pré-Tratados em Reator UASB**. Engenharia Sanitária Ambiental, João Pessoa, 2004.
- PINTO, C. d. **Curso Básico de Mênica dos Solos**. Oficina de textos, São Paulo, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 430 de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 maio 2011.
- COLARES, C. J. G.; SANDRI, D. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte**. Anápolis, 2013.