

II-155 - AVALIAÇÃO DO BAG TIPO GEOTÊXTIL COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O DESAGUAMENTO DE LODO BRUTO REMOVIDO DE FOSSA SÉPTICA NA REGIÃO AMAZÔNICA

Aldenor de Jesus Queiroz Júnior⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará (2012). Engenheiro da Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA).

José Almir Rodrigues Pereira

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. Professor Associado I da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Mestrado em Engenharia Civil e do Doutorado em Engenharia dos Recursos Naturais da Amazônia. Coordenador do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento – GPHS/UFGA e do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da (LENHS) da Universidade Federal do Pará – UFGA.

Maria de Lourdes S. Santos

Química Industrial pela Universidade Federal do Pará. Mestrado em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutorado em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora do Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

Paulo Fernando Norat Carneiro

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (UFGA). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (UFGA).

Marcus Vinícius Tavares de Miranda

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Engenheiro da Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA).

Endereço⁽¹⁾: Passagem Bambú, 151 - Pedreira - Belém - PA - CEP: 66120-520 - Brasil - Tel: (91) 33497448 - e-mail: aldenorjqj@hotmail.com

RESUMO

Avaliar o desempenho do Bag tipo geotêxtil no desaguamento de lodo bruto gerado em sistemas individuais de tratamento de esgoto no município de Belém – PA. A pesquisa foi desenvolvida no sistema experimental de desaguamento de lodo da Cidade Universitária José da Silveira Netto – Universidade Federal do Pará, desenvolvida no período de Junho de 2012, sendo estruturada em 4 Fases distintas: Lançamento e coleta de amostras; Caracterização laboratorial do lodo bruto, Monitoramento do ciclo de desaguamento e Caracterização laboratorial do lodo em desaguamento. O desaguamento de lodo removido de fossa séptica em Bag tipo Geotêxtil, para a taxa de sólidos de 2,6 KgST/m², apresentou tempo de desaguamento e concentração de sólidos de 18 dias e 23,4%, respectivamente. Assim, a utilização do Bag tipo Geotêxtil mostrou ser uma satisfatória alternativa tecnológica no desaguamento do lodo séptico com as características utilizadas no experimento e para as características climáticas da região amazônica durante o período do experimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Flocculação.

INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos gerados nos processos de esgotamento sanitário é uma atividade relativamente recente em todo o mundo, resultante das pressões ambientais em curso nas últimas 3 décadas. Nesse período, a maioria dos países denominados desenvolvidos avançou no conceito de apenas remover os resíduos do local de geração e depositá-los em locais nem sempre apropriados, para um novo status, no qual se busca a redução da geração, eficientes processos de tratamento, maximização da reciclagem e recuperação energética, além da

busca por alternativas de disposição final que sejam seguras em termos de saúde pública, economicamente viáveis e ambientalmente aceitáveis (TEIXEIRA e VAZOLLER, 2003).

O lodo é considerado como principal subproduto residual dos processos de tratamento de esgoto sanitário, apresentando composição e propriedades bastante variáveis, dependendo da origem do esgoto e do processo de tratamento empregado, porém são tipicamente constituídos de materiais orgânicos e minerais, além de água e da presença de microrganismos patogênicos e elementos tóxicos (SILVA, 2008).

Andreoli e Teixeira Pinto (2001) observam que a produção de lodo de esgoto no Brasil está estimada entre 150 mil e 220 mil toneladas por ano. Devido aos baixos índices de coleta e tratamento de esgoto ainda existentes no país e à pressão da sociedade por melhores condições ambientais, há uma potencial tendência de ocorrer um incremento substancial na quantidade de lodo a ser disposto nos próximos anos.

Diante desse cenário, o Decreto Nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010, que regulamenta a Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, Instituinte a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e altera a Lei no 9.605 (12 de fevereiro de 1998), vem definir os procedimentos para a prevenção, geração, minimização, reutilização, manejo, acondicionamento, coleta, reciclagem, transporte, tratamento, reaproveitamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos.

Dessa forma, surge a necessidade de técnicas que possibilitem tratamento eficiente dos resíduos gerados nos processos de tratamento de esgoto por tanques sépticos e fossas sépticas, seguindo aos critérios de viabilidade econômica e a facilidade de operação e manutenção do sistema.

Para os processos de tratamento de lodo, uma nova técnica utilizando tubos ou bolsas geotêxteis, descoberta na década de 80, tem sido empregada em muitos países europeus. Essa nova tecnologia está sendo utilizada com sucesso na contenção de pequenos ou grandes volumes de material de diferentes naturezas, devido a sua boa capacidade de filtração do geotêxtil, permitindo a percolação do líquido enquanto retém as partículas sólidas (PIEPER, 2008).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do Bag tipo Geotêxtil no desaguamento de lodo bruto gerado em sistemas individuais de tratamento de esgoto no município de Belém – PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na pesquisa foi utilizado lodo coletado em fossas sépticas instaladas em residências do município de Belém. Esse material residual foi removido e transportado por caminhões tipo limpa-fossa até o Sistema Experimental de Desaguamento e Compostagem de Resíduos (SEDCR) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Na área do SEDCR de 288m², estão instaladas 12 células de secagem, sendo 6 cobertas com telhas translúcidas e seis descobertas. As células dos leitos de secagem apresentam 1,00 m de largura, 1,00 m de comprimento e 1,40 de altura, tendo área superficial de 1 m², fundo com declividade de 2% em direção a tubulação de coleta do líquido percolado (PVC 32 mm) e camadas drenantes constituídas por materiais de diferentes granulometrias.

O Bag tipo geotêxtil foi instalado dentro de uma célula de secagem coberta e sem meio filtrante, conforme representado na Figura 1, a qual destaca a unidade de secagem utilizada na pesquisa.

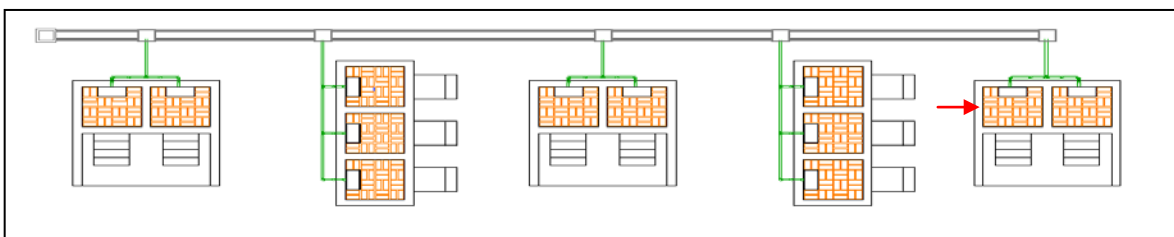


Figura 1: Disposição das células de secagem no sistema experimental.

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2008).

A pesquisa foi desenvolvida no período de Junho de 2012, sendo estruturada em 4 Fases distintas: Lançamento e coleta de amostras; Caracterização laboratorial do lodo bruto, Monitoramento do ciclo de desaguamento e Caracterização laboratorial do lodo em desaguamento.

FASE 1 – LANÇAMENTO E COLETA DE AMOSTRAS

Nessa etapa, foi realizado o lançamento do lodo séptico do caminhão limpa-fossa para o Bag tipo geotêxtil. Antes do lançamento do lodo na unidade de desaguamento, foi solicitado para o operador do caminhão limpa-fossa que realizasse “agitação” no material residual armazenado no caminhão, por meio de sua bomba de descarga, visando à homogeneização do material residual coletado, tendo em vista que o tempo em que o lodo permanece no tanque do caminhão é suficiente para que as partículas de maior peso específico sedimentem, ficando depositadas no tanque de armazenamento do caminhão.

Os ensaios experimentais foram realizados com lodo bruto na altura final de 1,50m no Bag tipo geotêxtil, sendo dividida em três partes iguais de 0,50m, com objetivo de avaliar se a homogeneização do lodo antes de seu lançamento foi realizada com sucesso. Para o controle operacional das diferentes alturas no sistema, foi instalada fita métrica em sua lateral interna, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

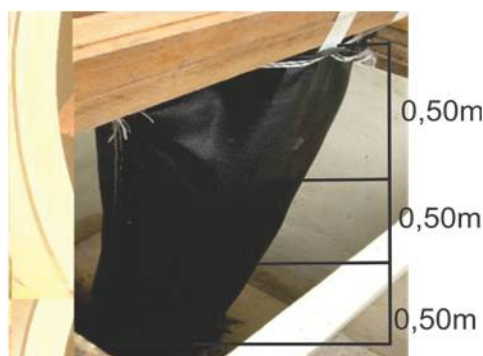


Figura 2: Definição das alturas.



Figura 3: Fita métrica instalada.

No momento do lançamento do lodo bruto, foram coletadas 3 amostras nas alturas de 1,50m (nível 1), 1,00m (nível 2) e 0,50m (nível 3), totalizando 6 litros de amostras de lodo bruto. Em seguida, o volume e o tempo de lançamento de lodo bruto foram registrados para cada altura no Bag tipo geotêxtil, possibilitando a determinação das vazões de lançamento, das taxas de sólidos totais (Kg/m^2) e volumes de sólidos sedimentáveis.

FASE 2 – CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DO LODO BRUTO

As amostras coletadas do lodo bruto no sistema experimental foram encaminhadas para a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), para caracterização laboratorial, conforme os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Para as amostras coletadas nas alturas de 1,50m (nível 1), 1,00m (nível 2) e 0,50m (nível 3), foram determinados os seguintes parâmetros descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis de qualidade determinadas em diferentes níveis do Bag tipo geotêxtil.

Determinação experimental	Quantidade	Unidade
Sólidos Totais	3	mg.l-1
Sólidos Sedimentáveis	3	ml.l-1
Teor de Umidade	3	%
Total	9	

FASE 3 – MONITORAMENTO DO CICLO DE DESAGUAMENTO

O monitoramento do ciclo de desaguamento do lodo foi realizado diariamente, sendo determinado o decréscimo da altura da lâmina de lodo no Bag tipo geotêxtil, pela observação visual da marcação na fita métrica instalada na sua lateral interna.

Paralelo ao acompanhamento do decréscimo da altura da lâmina de lodo no Bag tipo geotêxtil, diariamente foram coletadas cerca de 200 ml do lodo em desaguamento para as determinações laboratoriais.

FASE 4 – CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DO LODO EM DESAGUAMENTO

Para as amostras coletadas ao longo do monitoramento do lodo em desaguamento, foram determinados os parâmetros descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis de qualidade determinadas no lodo em desaguamento.

Determinação experimental	Quantidade	Unidade
Sólidos Totais	18	mg.l-1
Teor de Umidade	18	%
Total	36	

RESULTADOS DA FASE 1 – LANÇAMENTO E COLETA DE AMOSTRAS

O lançamento do lodo no Bag tipo geotêxtil alcançou altura final de 1,50m, sendo apresentados, na Tabela 3, os resultados do tempo (segundos) e as vazões (L.s-1) de lançamento do lodo bruto em diferentes alturas do Bag tipo Geotêxtil.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros analisados no sistema experimental.

Parâmetros Analisados	Nível 1 (1,50m)	Nível 2 (1,00m)	Nível 3 (0,50m)
Volume (L)	200	133,2	66,6
Tempo (s)	8	12	42
Vazão (L.s-1)	25	11,1	1,6

O tempo de lançamento do lodo bruto no sistema experimental variou de 8s a 42s, indicando que não existe dispositivo para controle da vazão no sistema de bombeamento de lodo dos caminhões limpa-fossa.

RESULTADOS DA FASE 2 – CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DO LODO BRUTO

Na Tabela 4 podem ser observados os resultados laboratoriais referentes às concentrações de sólidos totais (mg.L-1), os percentuais de teor de umidade (%) e os volumes de sólidos sedimentáveis (ml.L-1).

Tabela 4 – Resultados das variáveis de qualidade analisadas no sistema experimental.

Variável de Qualidade	Nível 1 (1,50m)	Nível 2 (1,00m)	Nível 3 (0,50m)
Sólidos Totais (mg.L-1)	12109	11735	11463
Teor de Umidade (mg.L-1)	98,78	98,82	98,85
Sólidos Sedimentáveis (ml.L-1)	1000	950	900

As diferenças nos volumes de sólidos sedimentáveis, da concentração de sólidos totais e do teor de umidade no lodo bruto podem ser explicadas pela variação das características observadas na descarga do caminhão limpa-fossa, que, primeiramente, bombeou lodo bruto para a altura 0,50m, em seguida, para as alturas 1,00m e 1,50m, respectivamente. Com isso, a maior concentração de sólidos foi bombeada para a altura 1,50m, já que grande fração dos sólidos suspensos e sedimentáveis no lodo transportado ficou depositada no tanque de armazenamento do caminhão limpa-fossa, mesmo após a homogeneização do lodo bruto antes de seu lançamento para o Bag tipo Geotêxtil.

A taxa de sólidos (KgST/m^2) aplicada no sistema experimental foi calculada segundo os procedimentos descritos por Gutierrez (2003), conforme apresentados a seguir:

1 – Considerando lodo com resultado de sólidos totais de 12764 mg.L^{-1} , Bag tipo Geotêxtil com volume de 200 litros e área de sua circunferência de aproximadamente 1 m^2 , teremos:

2 – Posteriormente, foi calculada a quantidade de sólidos totais para o volume aplicado (200 litros) no Bag tipo geotêxtil.

1 litro – 12,76 g ST

200 litros – x assim, teremos a taxa de sólidos aplicada de $2,6 \text{ KgST/m}^2$

A NBR 12.209 (1992) recomenda que a descarga de lodo em leito de secagem não deve exceder a taxa de sólidos em suspensão totais de 15 kgSS/m^2 de área de secagem, em cada ciclo de operação. A variável utilizada pela NBR 12.209 (1992) para o cálculo da taxa de aplicação de lodo em leitos de secagem são os sólidos em suspensão, no entanto, vários autores (Silva e Chernicharo-2007, Além Sobrinho e Samúdio-1996, Lima, Muller e Gonçalves-1999), desenvolveram estudos com desaguamento de lodo em leitos de secagem utilizando como variável os sólidos totais. Dessa forma, em comparação a taxa de sólidos máxima recomendada para leitos de secagem, na presente pesquisa, a taxa de sólidos aplicada no Bag tipo geotêxtil foi de $2,6 \text{ KgST/m}^2$, estando abaixo do valor máximo recomendado pela NBR 12.209 (1992).

RESULTADOS DA FASE 3 – MONITORAMENTO DO CICLO DE DESAGUAMENTO

O tempo total de desaguamento do lodo bruto no sistema experimental foi de 18 dias, podendo ser observada, na Figura 4, a redução da altura da lâmina de lodo, em função do tempo, no sistema experimental.

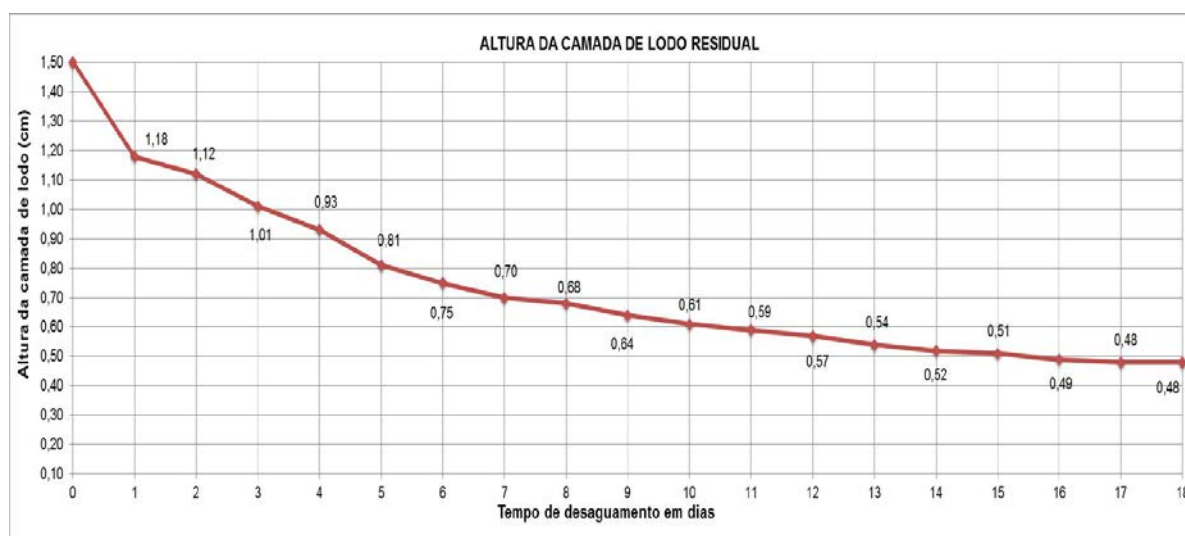


Figura 4: Altura da lâmina de lodo em função do tempo no Bag tipo geotêxtil.

No dia 18, último dia do monitoramento do desaguamento de lodo no Bag tipo geotêxtil, foi medida altura de 48 cm na torta de sólidos, representando redução volumétrica de aproximadamente 136 litros, indicando diminuição de 68% do volume total de lodo lançado no sistema experimental ao final do experimento.

Na Figura 5 pode ser observada a estimativa do volume de líquido drenado ao longo do monitoramento do desaguamento do lodo no Bag tipo geotêxtil.

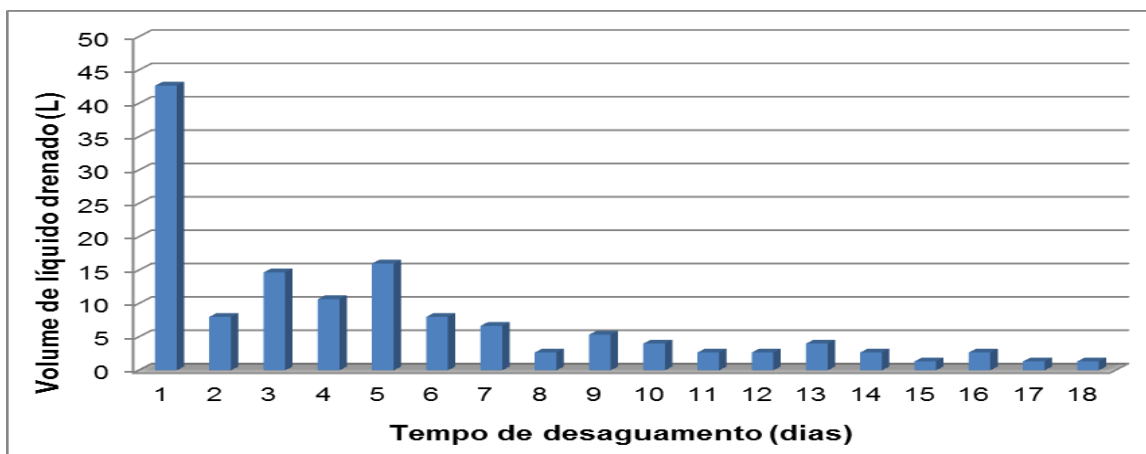


Figura 5: Volume de líquido drenado no Bag tipo geotêxtil.

RESULTADOS DA FASE 4 – CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DO LODO EM DESAGUAMENTO

No primeiro dia de desaguoamento, o teor de umidade determinado foi de 98,72%. Do dia 1 do monitoramento ao dia 11, o teor de umidade apresentou redução considerada uniforme, fato que não ocorreu do dia 11 ao final do experimento, representando reduções significativas no teor de umidade do lodo em desaguoamento. Tal fato pode ser explicado por conta da maior parte dos sólidos sedimentar ao longo do experimento, além da coleta de amostrar ter sido realizada na superfície do lodo em secagem. Dentre outras palavras, do dia 11 ao dia 18 de monitoramento, foram alcançadas as zonas de maior concentração de sólidos, resultando em menores teores de umidade no lodo em desaguoamento, conforme pode ser observado na Figura 6.

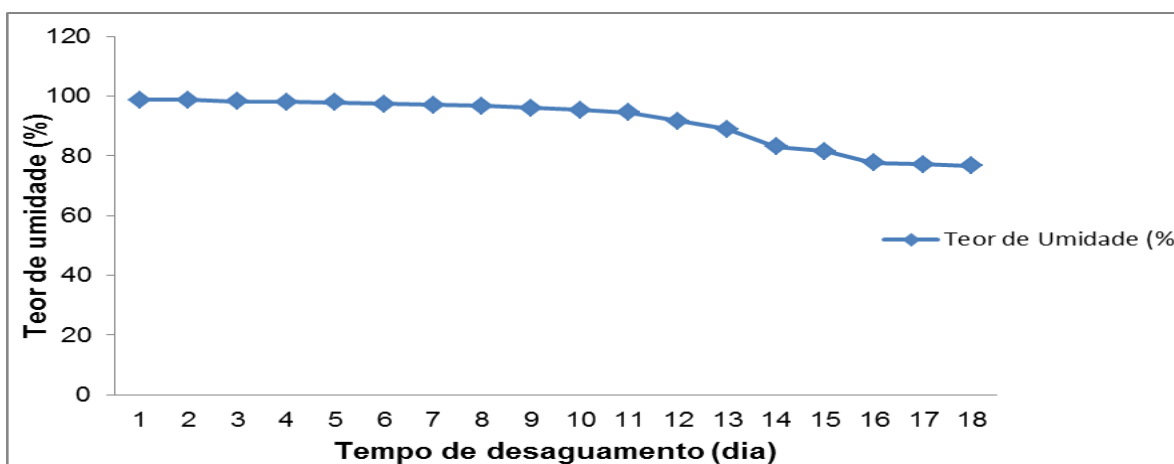


Figura 6: Variação do teor de umidade ao longo do experimento.

Na Figura 7 é apresentada a reta de regressão linear simples, bem como o valor obtido referente ao coeficiente de determinação R^2 , para o Bag tipo Geotêxtil. No modelo estatístico utilizado na elaboração da reta de regressão linear simples, foi analisada a relação entre duas variáveis (tempo e concentração de sólidos na torta de lodo em secagem), sendo a primeira considerada variável independente e a segunda variável dependente.

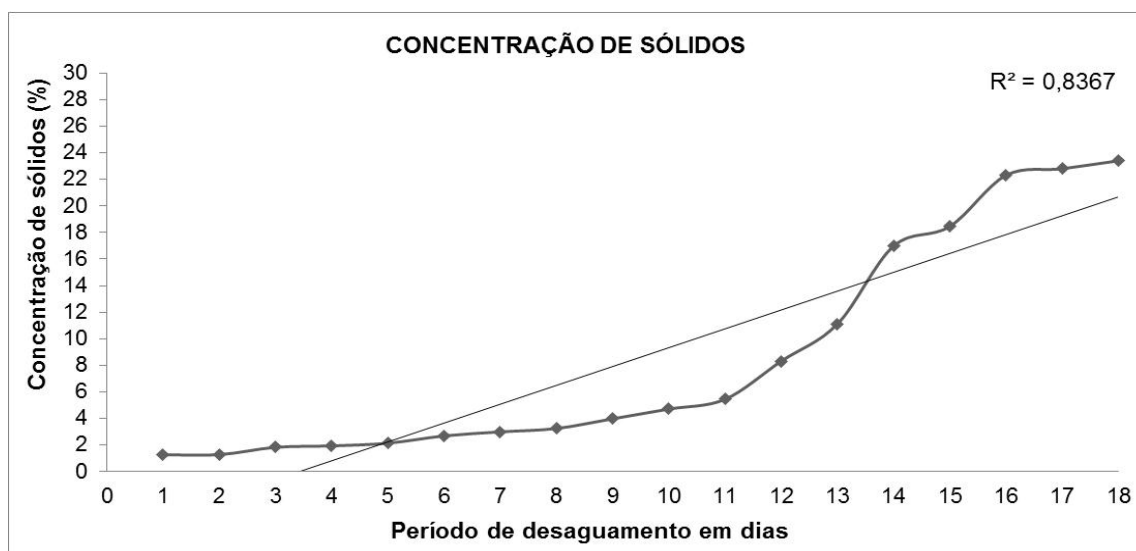


Figura 7: Regressão linear para a concentração de sólidos no Bag tipo Geotêxtil.

A partir das análises da relação entre as variáveis em estudo, observou-se que no sistema experimental o R^2 foi de 83,67%. O coeficiente de determinação (R^2) deve ser interpretado como a proporção de variação total da variável dependente (concentração de sólidos) em função da independente (tempo em dias). Portanto, pode-se concluir que 83,67% das alterações na concentração de sólidos são explicadas pela variação do tempo no decorrer do desaguamento do lodo.

Assim, pelo fato do sistema experimental em análise possuir cobertura com telhas translúcidas, foi anulada a possibilidade de influência da variável precipitação, na concentração de sólidos, no decorrer do desaguamento no sistema experimental. Dessa forma, o modelo matemático proposto apresentou boa relação estatística entre as variáveis analisadas no estudo.

CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa permitiram as seguintes conclusões em relação ao desempenho do desaguamento de lodo removido de fossa séptica em Bag tipo Geotêxtil no município de Belém:

- O acompanhamento do lançamento do lodo bruto no sistema experimental permitiu observar que não existe dispositivo para controle da vazão bombeada de lodo bruto nos caminhões limpa-fossa. A mistura realizada no lodo bruto pela bomba de descarte do caminhão limpa-fossa não foi eficiente, pois, no lançamento no Bag tipo Geotêxtil, foram verificadas diferenças consideráveis nos volumes de sólidos sedimentáveis nas três alturas amostradas no sistema experimental;
- A taxa de sólidos aplicada no Bag tipo Geotêxtil foi de 2,6 KgST/m², sendo inferior ao valor máximo recomendado pela NBR 12.209 (1992) – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário;
- O desaguamento de lodo removido de fossa séptica em Bag tipo Geotêxtil, para a taxa de sólidos de 2,6 KgST/m², apresentou tempo de desaguamento e concentração de sólidos de 18 dias e 23,4%, respectivamente. Assim, a utilização do Bag tipo Geotêxtil mostrou ser uma satisfatória alternativa tecnológica no desaguamento do lodo séptico com as características utilizadas no experimento. Vale ressaltar que o sistema experimental não recebeu influência pluvial, em sua cobertura foi adotado telha translúcida e no município de Belém o período era o menos chuvoso, com temperatura média de 34°C durante o dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. New York, 1998.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12.209: Projetos de Estações de Esgoto Sanitário. ABNT, Rio de Janeiro, 1992.
3. GUTIERREZ, L.A.C.L. Influência da Cobertura e dos Sólidos Sedimentáveis no Desaguamento de Lodo em Leitos de Secagem Instalados na Região Metropolitana de Belém. Dissertação de Mestrado. 152 P. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
4. PEREIRA, J.A.R.; BARBOSA, A.J.S.; SANTOS, M.L.S.; ANDREOLI, C.V. Tratamento Isolado de Lodo de Fossa Séptica. In: ANDREOLI, C.V. (Org.). Lodo de Fossa Séptica: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final. 1ª Ed. Rio de Janeiro. ABES, 2008. P.283-326.
5. TEIXEIRA, M.; VAZOLLER, R.F. Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás. In: CASSINI, S.T. (Org.). Vitória – ES: PROSAB, 2003.
6. SILVA, M.M.P. Tratamento de lodos de tanques sépticos por co-compostagem para os municípios do semi-árido Paraibano: alternativa para mitigação de impactos ambientais. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2008. 219 p.
7. ANDREOLI, C.V.; TEXEIRA PINTO, M.A. Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos. In: ANDREOLI, C.V. (Org.). Curitiba – PR: PROSAB, 2001.
8. PIEPER, K.M.C. Avaliação do Uso de Geossintético Para o Deságüe e Geocontenção de Resíduos Sólidos de Estação de Tratamento de Água. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.