

II-399 - RELAÇÃO ENTRE O TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS E A DENSIDADE DE DIFERENTES TIPOS DE LODO DE ESGOTO

Roberta Arlêu Teixeira⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Márcia Regina Pereira Lima

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutorado em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo.

Poliana Carvalho dos Santos

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Gabriel Pereira Coelho

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Henrique Novaes, 150 - Centro - Vitória - ES - CEP: 29.010-490 - Brasil - Tel.: (27) 99966-2889 - e-mail: roberta.arleu@gmail.com

RESUMO

Em todo mundo estão presentes diferentes concepções de projetos de ETE, essa diversidade implica na geração de lodos com características e quantidades variáveis. Para que as etapas de gerenciamento dos lodos se deem de forma adequada é imprescindível o conhecimento dessas características. Um dos atributos do lodo que deve ser levado em consideração no seu gerenciamento é a densidade, pois esta possui influência no dimensionamento das etapas de tratamento do material, determinando dentre outros, os parâmetros que envolvem a massa e o volume de lodo a ser tratado e disposto. Assim, com o presente trabalho buscou-se a determinação das densidades de lodos provenientes de diferentes tipos de tratamento (dos esgotos) pelo método empírico, utilizando o modelo proposto por Tchobanoglous, Brussel e Stensel (2002). Os lodos estudados são provenientes dos sistemas UASB e Lodos ativados, utilizados em cidades da Região Metropolitana da Grande Vitória (ES). Os resultados obtidos mostraram tendência satisfatória, fornecendo equações para determinação das densidades dos lodos a partir dos teores de Sólidos Totais, Fixos e Voláteis, parâmetros rotineiros no gerenciamento do lodo de uma ETE.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de esgoto, Densidade, Teor de sólidos, Gerenciamento de ETE.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento do lodo gerado em estações de tratamento de esgotos é uma atividade de grande complexidade e alto custo (20 a 60% do custo de operação de uma ETE), que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (LUDUVIC, 2001).

Em todo mundo estão presentes diferentes concepções de projetos de ETE e essa diversidade implica na geração de lodos com características e quantidades variáveis (LIMA, 2010). Para que as etapas de gerenciamento dos lodos se deem de forma adequada é imprescindível que essas características sejam monitoradas.

O conhecimento das densidades dos lodos provenientes dos diferentes tipos de tratamento é essencial para o dimensionamento das etapas de seu tratamento (adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento, higienização e disposição final), determinando, dentre outros, parâmetros que envolvem a massa e o volume de lodo a ser tratado e disposto (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

A densidade do lodo é influenciada pelo teor de umidade e pelas características dos sólidos que compõem o lodo, variando de acordo com as etapas (ou tipos) de tratamento envolvidas das fases líquida e sólida. Lodos provenientes de digestão anaeróbia, por exemplo, possuem menor densidade e maior facilidade de desaguamento que os lodos provenientes de digestão aeróbia. Além disso, o condicionamento, utilizado no

desaguamento mecânico do lodo, também pode reduzir ou aumentar sua densidade, dependendo das características da substância utilizada (AISSE; ANDREOLI, 1990).

Outro aspecto importante a ser ressaltado é que a densidade influencia diretamente na disposição do lodo em solo, quer seja para aproveitamento agrícola e recuperação de áreas degradadas ou na disposição em aterro sanitário, interferindo na compactação do material.

Tendo como base a importância do conhecimento da densidade de diferentes tipos de lodo, este trabalho teve como foco avaliar o comportamento das densidades dos lodos anaeróbio (proveniente de ETE que utiliza como tratamento do esgoto reator UASB) e aeróbio (proveniente de tratamento do esgoto por Lodos Ativados) obtidos por meio de método empírico, em relação à variação do teor de sólidos totais, bem como proceder comparação dos valores obtidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os lodos utilizados no trabalho são provenientes de diferentes tipos de tratamentos biológicos: UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) e Lodos Ativados. Para efeito de praticidade na identificação dos lodos, estes foram nominados segundo o que se apresenta no Quadro 1.

Quadro 1: Lodos utilizados no trabalho

Tipo de tratamento	Lodo
UASB - ETE Feu Rosa (Serra/ES)	Lodo 1
Lodos Ativados Aeração prolongada - ETE Mulembá (Vitória/ES)	Lodo 2

Quanto ao processo de desaguamento utilizado, o Lodo 1 foi desaguado por processo de secagem natural (Leito de secagem) e o Lodo 2 por processo mecanizado (centrífuga).

O Lodo 1, proveniente do reator UASB, sofreu digestão anaeróbia, estando em estágio avançado de estabilização, além de ser adensado, o que o condiciona a ter boas características para o desaguamento. No caso do Lodo 2, o tratamento por lodos ativados promove a degradação da matéria orgânica por processo aeróbio, produzindo um lodo com baixo grau de estabilização e adensamento, necessitando das etapas de digestão, adensamento, condicionamento (se for o caso) e desaguamento, que, na ETE Mulembá, são realizadas por digestor aeróbio, adensador por gravidade e centrífuga após condicionamento com polímero.

Devido às diferentes concepções de tratamento das ETE utilizadas na pesquisa, os Lodos 1 e 2 possuem características bastante específicas que refletem nas suas densidades. Além disso, vale destacar, que a densidade sofre alterações significativas durante a passagem do lodo pelas diferentes etapas do tratamento.

Determinação da densidade empírica

O modelo utilizado para determinação da densidade empírica neste trabalho foi o apresentado por Tchobanoglous, Burton e Stensel (2002). Neste modelo, tendo como base os valores de sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos e no teor de umidade, é possível determinar a densidade dos sólidos contidos no lodo e assim, determinar a densidade do lodo (sólidos e água). A expressão básica utilizada foi:

$$\frac{W_s}{S_s + \rho_w} = \frac{W_f}{S_f + \rho_w} + \frac{W_v}{S_v + \rho_w} \quad \text{equação (1)}$$

onde:

W_s	=	Massa de sólidos
S_s	=	Densidade dos sólidos do lodo
ρ_w	=	Densidade da água
W_f	=	Massa de sólidos fixos
S_f	=	Sólidos totais fixos
W_v	=	Massa de sólidos voláteis
S_v	=	Densidade de sólidos voláteis

Com a aplicação do método apresentado pelos autores tem-se a variação das densidades dos lodos em função unicamente de características físicas do material, ou seja, esta passa por alterações apenas com as variações do teor de umidade e dos sólidos do material.

A fim de se promover uma comparação entre os valores obtidos nesta pesquisa com outros sistemas de tratamento de esgotos, foram utilizadas informações contidas trabalhos científicos (LOZER, 2013; GONÇALVES; LIMA; PASSAMANI, 1999; RAMOS, 2014) e, utilizando o mesmo método empírico (equação 1), foram determinadas as densidades destes lodos.

O modelo empírico apresentado neste trabalho também foi utilizado em pesquisa realizada por Lima (2010) no estudo de secagem e higienização em estufa agrícola de lodo digerido aerobiamente. O lodo era gerado em sistema de lodos ativados e os resultados obtidos pela autora também foram utilizados na comparação.

O Quadro 2 apresenta o tipo de tratamento dos esgotos que geraram o lodo utilizado pelos pesquisadores, bem como a localização das ETE. Vale ressaltar que os lodos foram gerados em ETE que tratam esgotos predominantemente domésticos.

Autor	Sistema (Tratamento dos esgotos)	Município/Estado
Lozer (2013)	UASB+BF	Castelo/ES
Gonçalves, Lima e Passamani (1999)	Lagoa Anaeróbia	Serra/ES
Ramos (2014)	Tanque Séptico	Cuiabá/MT
Lima (2010)	Lodos Ativados	Vila Velha/ES

Nota: BF: Biofiltro Aerado Submerso

Lozer (2013) caracterizou o lodo proveniente de UASB+BF para higienização em estufa agrícola; Gonçalves, Lima e Passamani (1999), estudaram as características de lodos provenientes de lagoas anaeróbias; Ramos (2014) caracterizou o lodo proveniente de Tanques Sépticos retirado dos tanques por meio de caminhões limpa-fossa.

Para determinação dos teores de sólidos totais, fixos e voláteis dos Lodos 1 e 2, utilizou-se as metodologias definidas na Resolução 375/2006 do Conama (BRASIL, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a secagem dos lodos, tem-se um aumento do seu teor de sólidos totais (ST) e, consequentemente, a diminuição da umidade, podendo-se inferir que ocorre o aumento da densidade dos lodos devido à remoção da água e à manutenção dos sólidos presentes nos lodos. A remoção da umidade visa diminuir o volume total de lodo a ser transportado/destinado, além de tornar o lodo mais adequado ao manuseio. Desta forma, o teor de sólidos do lodo é um parâmetro de determinação rotineira em uma ETE, tanto para gerenciamento das etapas de tratamento, quanto para destinação final.

A partir dos valores de ST, SV e SF obtidos dos experimentos e da aplicação do modelo empírico para determinação da densidade, pode-se obter as correlações entre os parâmetros ST e densidade para os diferentes tipos de lodos. Com a correlação entre as densidades obtidas e os diferentes teores de sólidos totais (ST) para os Lodos 1 e 2, foi definida a melhor curva ajustada na regressão polinomial. Os coeficientes de correlação encontrados para os 2 tipos de lodo indicam uma forte correlação entre os resultados, com valor de $R^2 = 0,998$ (Lodo 1), $R^2 = 0,9969$ (Lodo 2). Assim, as equações encontradas mostram-se representativas em virtude do número de dados utilizados na regressão (Figura 1).

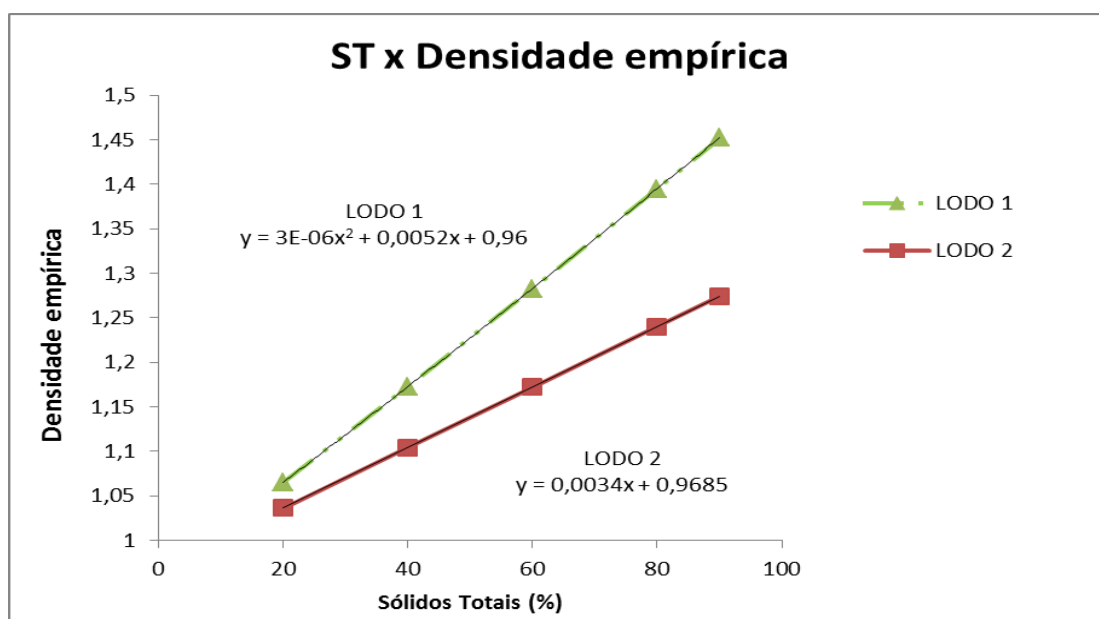


Figura 1 – Correlação entre os teores de ST e a Densidade Empírica dos Lodos 1 e 2

A partir da aplicação do método empírico para os lodos provenientes dos sistemas: UASB+BF (Lodo 3), Lagoa anaeróbia (Lodo 4) e Tanque séptico (Lodo 5), pode-se obter uma correlação entre os teores de ST e os valores de densidade dos diferentes tipos de lodo. Os resultados obtidos para os Lodos 1, 2, 3, 4 e 5 encontram-se na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1 - Comparação entre os valores de densidade dos lodos estudados nesta pesquisa e de outros pesquisadores

ST (%)	Densidade				
	Lodo 1 (UASB)	Lodo 2 (Lodos Ativados)	Lodo 3 (UASB+BF)	Lodo 4 (Lagoa Anaeróbia)	Lodo 5 (Tanque Séptico)
	$(y = 3E-06x^2 + 0,0052x + 0,96)$ $R^2 = 0,998$	$(y = 0,0034x + 0,9685)$ $R^2 = 0,9969$	$(y = 2E-05x^2 + 0,0024x + 0,9979)$ $R^2 = 0,9928$	$(y = 0,0051x + 0,9803)$ $R^2 = 0,9969$	$(y = 0,0001x^2 - 0,0088x + 1,2899)$ $R^2 = 0,9965$
20	1,0652	1,0365	1,0539	1,0823	1,1539
40	1,1728	1,1045	1,1259	1,1843	1,098
60	1,2828	1,1725	1,2139	1,2863	1,123
80	1,3952	1,2405	1,3179	1,3883	1,23

Nota: y = densidade e x= Sólidos Totais (%)

Lodo 1 - resultados desta pesquisa; Lodo 2 - resultados desta pesquisa; Lodo 3 - Lozer (2013); Lodo 4 - Gonçalves, Lima e Passamani (1999); Lodo 5 - Ramos (2014).

Observa-se na Tabela 1 que os coeficientes de correlação obtidos que indicam forte correspondência entre os resultados.

Na pesquisa realizada por Lima (2010), a autora encontrou um coeficiente de correlação um pouco abaixo dos apresentados na Tabela 1, sendo $R^2 = 0,9528$. A figura 2 mostra a comparação dos tipos de lodo citados na Tabela 1 com o lodo estudado por Lima (2010).

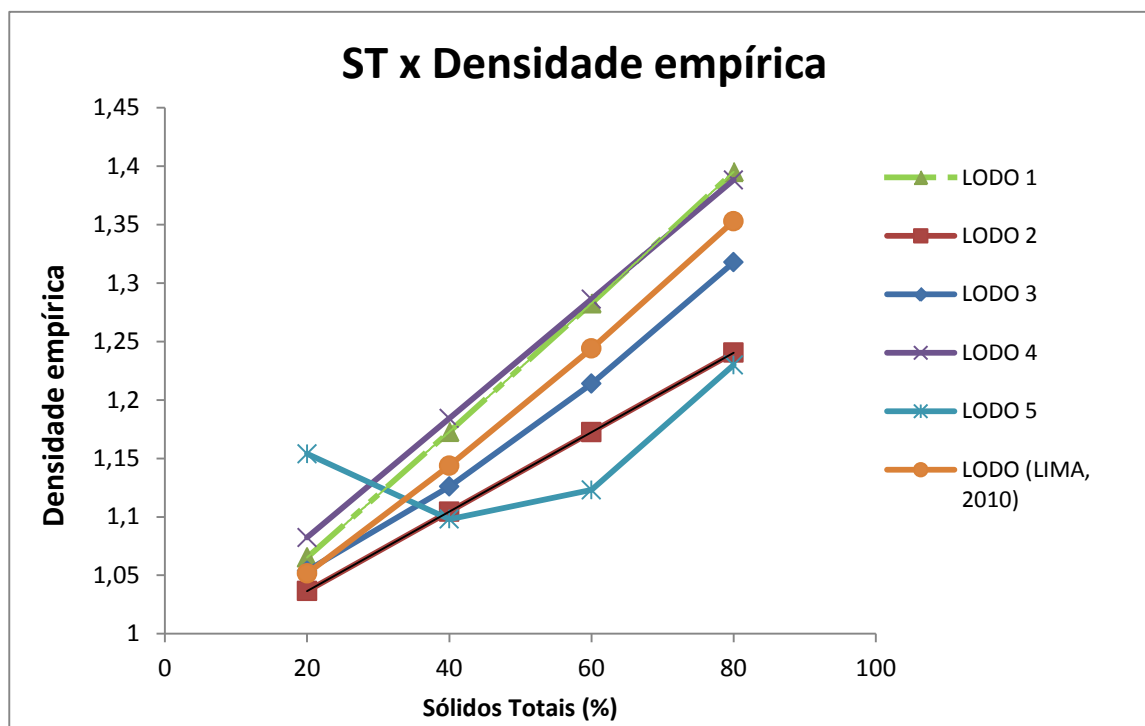


Figura 2 - Variação da densidade dos lodos em relação ao teor de Sólidos Totais

De acordo com os resultados apresentados, pode-se perceber que, apesar dos Lodos 1, 4 e 5 serem provenientes de sistemas de tratamento anaeróbios, o Lodo 5 apresentou comportamento nos valores de densidade diferentes dos Lodos 1 e 4, com relação aos mesmos teores de sólidos totais. **Isso mostra que existe influência das etapas do tratamento da fase líquida e sólida na densidade do lodo.**

O lodo proveniente de UASB (Lodo 1) passou pelas etapas de digestão anaeróbia e de adensamento, assim como o lodo de lagoa anaeróbia (Lodo 4). Porém, apesar dos lodos apresentarem diferenças nas etapas de desaguamento, visto que o Lodo 1 foi desaguado por leito de secagem, o que não ocorreu com o Lodo 4, os mesmos apresentaram valores de densidade bem próximos. Ressalta-se que o Lodo 4 permaneceu em lagoa anaeróbia sofrendo os processos de adensamento e digestão por anos (GONÇALVES; LIMA; PASSAMANI, 1999).

Com relação aos Lodos 1 e 3, estes são originários de reator UASB e, no entanto, apresentaram comportamentos diferenciados das densidades em relação aos ST. Isso se deve ao fato de que o biofilme gerado no Biofiltro Aerado Submerso (na configuração do sistema atua como tratamento secundário dos esgotos) é encaminhado ao UASB, resultando numa diminuição da densidade do Lodo 3 em relação aos teores de ST. Isso pode ser percebido claramente no comportamento apresentado pelas curvas destes lodos (Figura 2).

Observando-se os resultados obtidos por Lima (2010), pode-se notar que a densidade do lodo estudado pela autora apresentou resultados intermediários entre os Lodos 1 e 3, ambos provenientes de UASB. No entanto, o lodo estudado por Lima (2010) era proveniente de processo de Lodos Ativados, submetido à digestão aeróbia que, por sua vez, era semelhante ao Lodo 2 utilizado nesta pesquisa. Ocorre que a relação entre SV/ST do lodo estudado por Lima (2010) apresentava grau de estabilização (60%) inferior ao Lodo 2 (75%), e, dessa forma, esta diferença nas características dos lodos pode ter influenciado nas densidades.

Nota-se, na Figura 2, que as densidades apresentadas para os Lodos 1, 2, 3, 4 e Lima (2010) são semelhantes quando os teores de ST estão na faixa de 20 a 30%. Porém, quando considerados teores de sólidos mais elevados, a diferença das densidades entre os Lodos é mais evidente.

Quanto ao Lodo 5, percebeu-se que o comportamento dos valores de densidade em relação a ST divergiram muito em relação aos outros lodos, porém, em pesquisa realizada por Fogolari (2011) na qual o autor realizou a caracterização físico-química de lodos de tanques sépticos, os resultados de ST, SF e SV se apresentaram semelhantes aos obtidos por Ramos (2014). No entanto, cabe ressaltar que, para este tipo lodo, é necessário monitoramento mais específico em razão das condições de trabalho exercidas pelas empresas responsáveis pela retirada desse lodo dos Tanques Sépticos com uso de caminhão Limpa-fossa.

Com estes resultados não foi possível inferir sobre as reais diferenças ocorridas no comportamento das densidades de lodos provenientes de reatores aeróbios ou anaeróbios e nem mesmo daqueles que passaram por etapas semelhantes no tratamento da fase sólida. Desta forma, os resultados sugerem que cada lodo apresenta características bastante específicas, influenciadas pelo tratamento das fases líquida e sólida, pelo nível de digestão, pela frequência de descarte, que, muitas vezes, sofrem interferências diretas com a própria operação da ETE.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- com relação aos lodos estudados nesta pesquisa, os valores encontrados de densidade em relação aos teores de ST apresentaram correlação satisfatória (R^2 na ordem de 0,99) e, as densidades obtidas para cada lodo com os mesmos valores de ST foram bastante diferentes;
- quando os resultados obtidos nesta pesquisa foram comparados com os de outros autores, percebeu-se diferenças no comportamento das curvas ajustadas, mesmo entre lodos provenientes de processo de tratamento iguais das fases líquida e sólida.

Assim, pelas condições apresentadas, não foi possível concluir sobre o real comportamento das densidades de lodos provenientes de reatores aeróbios ou anaeróbios e nem mesmo daqueles que passaram por etapas semelhantes no tratamento da fase sólida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M.M.; ANDREOLI, F.N. Estudo da desidratação do lodo anaeróbio, obtido em reatores tipo Ralf, através do uso de leito de secagem e centrífuga tipo Decanter. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BOSSÓLIDOS DO MERCOSUL. 1998. Anais... Curitiba / Pr, 1998. Pág. 239-145.
2. ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final. Belo Horizonte: UFMG, p. 465-482, 2001.
3. BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA que dispõe sobre a Regulamentação do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/Conama>>. Acesso em: 30 set. 2014.
4. FOGOLARI, O. Desinfecção de lodo de tanque séptico em reator com aquecimento solar. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
5. GONÇALVES, R. F. (Coord.) et al., Gerenciamento do Lodo de Lagoas de Estabilização Não Mecanizadas, Rio de Janeiro, ABES, 2000, 80 p.
6. LIMA, M. R. P. Uso de estufa agrícola para secagem e higienização do lodo de esgoto. 2009. 288 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2009.
7. LOZER, J. G. Desaguamento e higienização de lodo de esgoto utilizando estufa agrícola sobre leitos de secagem. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
8. RAMOS, L. L. C. Diagnóstico e avaliação de coleta e disposição de lodo de fossa e de tanque séptico em Cuiabá-MT. Tese (Mestrado). Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT, 2014. 97 p
9. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse. 4 ed. Metcalf & Eddy, Inc. New York: McGraw Hill, 2002. 1848p.