

**RESÍDUOS SÓLIDOS**

**COMPARAÇÃO DOS EFEITOS RESIDUAIS DE  
LODOS ORIUNDOS DE SISTEMAS DE  
TRATAMENTOS DE EFLUENTES DOMÉSTICOS**

**Keullen Lopes da silva– keullenlopes@gmail.com - (UFT)**

## **RESUMO**

O lodo de esgoto (LE) é um subproduto do tratamento das águas residuais com considerável teor de sólidos de conteúdo predominantemente orgânico desejáveis nos solos agrícolas e florestais. Discute-se o seu reaproveitamento na agricultura pelo alto controle na aplicação devido aos riscos apresentados, em especial a alta potencialidade de contaminação ambiental, com nitrato. Pode também poluir o solo com metais pesados e produtos orgânicos tóxicos persistentes ou ainda com patógenos de origem humana ou animal. Justifica-se então a importância de comparar os efeitos residuais da exposição no solo dos diferentes LE. Objetivou-se com o experimento comparar os LE oriundos de um sistema de tratamento por reator anaeróbico UASB e outro por sistema de floco-decantador, tratado com cal, em atributos físico-químicos e biológicos, exposto sobre um Latossolo vermelho-amarelo distrófico, simulando os efeitos da disposição no ambiente. O experimento foi realizado com o método de coleta das amostras do solo e dos LE de ambos os sistemas e com a observação e análise das reações pelo período de seis semanas. Como resultado do experimento pode-se sugerir a aplicação do LE, oriundo do floco-decantador tratado com cal, como adequado para aplicação em solo agrícola, observa-se, porém a necessidade de eficácia no monitoramento do uso do solo. Já o LE oriundo de reator UASB, há sérias limitações no seu uso pelo motivo de possibilitar riscos potenciais de contaminação ao lençol subterrâneo.

**Palavras-chave:** comparação de lodos de esgoto, disposição no solo, efeito residual, fertilidade do solo.

## **INTRODUÇÃO**

O lodo resultante das operações e dos processos de tratamento de águas residuais de esgoto doméstico na sua forma líquida ou líquida semissólida, contém normalmente o teor de sólidos entre 0,25 a 12%, dependendo da operação ou do processo de tratamento utilizado (PROSAB, 1999).

Segundo Chagas (2000), o lodo é uma fonte de energia para os microrganismos no solo, as categorias desses substratos estão divididas em proteínas (40 - 60%), carboidratos (25 - 50%) e gorduras (10%).

O LE quando tratado de maneira adequada apresenta baixo índice de contaminação. Assim, pode ser usado na melhoria da produção florestal, agrícola e na recuperação de

áreas degradadas, por ser um fertilizante de boa qualidade e de baixo custo (ANDREOLI, 1994). Constata-se, porém que o seu reaproveitamento na agricultura apresenta riscos, em especial pela alta potencialidade de contaminação ambiental, principalmente pelo nitrato. O LE pode além de poluir o solo com metais pesados e com produtos orgânicos tóxicos persistentes, possibilita a contaminação do ambiente pela contaminação por patógenos de origem humana ou animal (BOEIRA *et al.*, 2002).

Justifica-se então a importância desse estudo que objetivou comparar os LE oriundos de um sistema de tratamento por reator anaeróbico UASB e outro por sistema de floco-decantador, tratado com cal, em atributos físico-químicos e biológicos, exposto sobre um Latossolo vermelho-amarelo distrófico, simulando os efeitos da disposição no ambiente.

## **METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Resíduos sólidos, da Universidade Federal do Tocantins - UFT, no período de outubro a novembro de 2016. Utilizou-se a amostra do solo da estação experimental de ensino e pesquisa da Universidade Federal do Tocantins - UFT, no campus de Palmas, TO, que foi coletada da camada superficial (0-20 cm de profundidades) e após sua secagem ao ar, foi peneirada (malha 2 mm), homogeneizada e então, identificada e analisada.

Os lodos de esgoto foram coletados em amostras de 3 kg (base seca) da estação de tratamento de esgoto (ETE) Brejo Comprido, em Palmas, TO, em uma área de secagem ao ar livre, sobre o solo, armazenados por aproximadamente um ano. Os lodos utilizados foram de dois tipos: o primeiro proveniente de um sistema de reator UASB e o segundo proveniente de um sistema de floco-decantador. O lodo coletado do último sistema sofreu o tratamento de calagem a 50%, em relação ao seu peso seco, com o uso de cal virgem para desinfecção, ambos os sistemas são de origem de coleta e tratamento doméstico.

Para o desenvolvimento do experimento foram montados três tubos de PVC rígidos com 100 mm de diâmetro por 1m de altura (Figura 1), providos de tampas vedantes e perfurados lateralmente na parte inferior, para a saída do líquido utilizado para as análises. Os três tubos receberam 2 cm de brita número zero e 80 cm da amostra do solo coletada. Classificou-se para o desenvolvimento do experimento em três processos, assim designado: T1; T2 e T3. O primeiro processo: (T1) o tubo teve como composição apenas o solo (solo puro), utilizado como testemunha; o segundo processo: (T2) o tubo recebeu, acima do solo,

mais 20 cm (aproximadamente 300 g) de lodo originado do sistema de reator UASB (tratamento anaeróbio) e o terceiro processo (T3), recebeu, acima do solo, a mesma quantidade de lodo, mas esse lodo foi de origem do sistema de floco-decantador (tratamento aeróbio), que sofreu o tratamento de calagem a 50%, em relação ao seu peso seco, com o uso de cal virgem para desinfecção. Ambos os sistemas são de origem de coleta e de tratamento doméstico.

Os tubos foram irrigados por água potável proveniente de um poço artesiano no campus de Palmas, TO. O volume da água utilizada para a irrigação contínua por meio de tubos foi de 3 litros por 24 horas.

O Experimento foi monitorado em 03 fases, a seguir: Fase 01: análise de cada amostra separadamente; Fase 02: período inicial, análises dos substratos dos processos (2ª a 3ª semanas) e Fase 03: período final de análises do experimento (04ª a 06ª semanas).

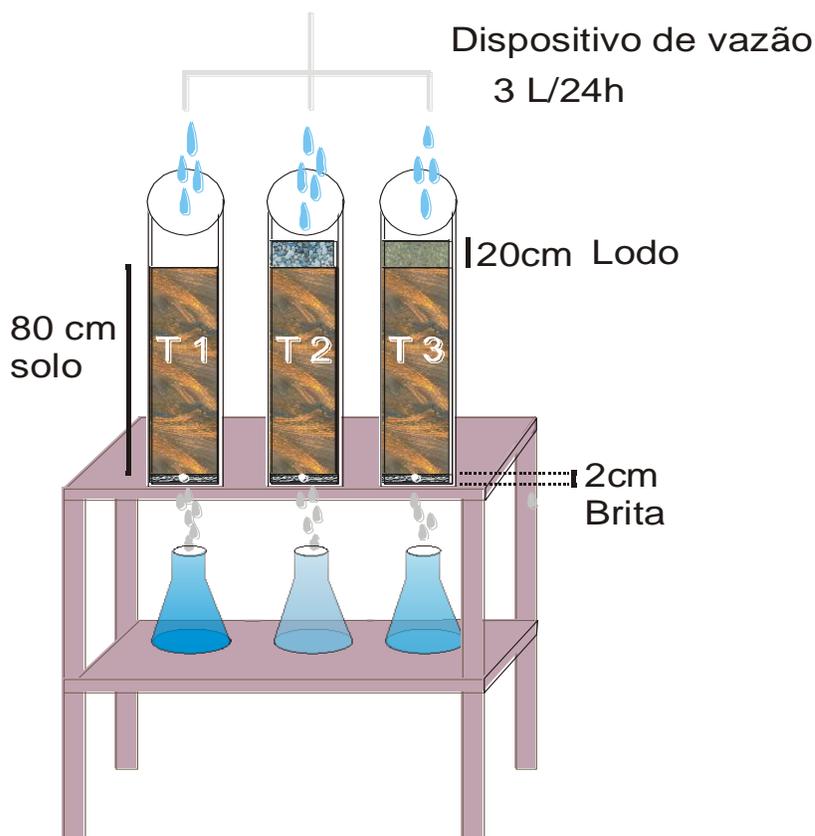


Figura 1 - Esquema do experimento com os processos T1, T2 e T3.

Na primeira fase ocorreu a análise de cada amostra coletada, separadamente; na segunda fase, designada como período inicial, as análises dos substratos T1, T2 e T3 (2ª a

3ª semanas) e na última fase, designado período final, as análises dos substratos T1, T2 e T3 (4ª a 6ª semanas).

As análises obedeceram ao padrão descrito nas rotinas de análises semanais, segundo a (CETESB, 1987).

A metodologia aplicada para as análises físico-químicas obedeceu às normas estabelecidas pelo (APHA, 2005), os parâmetros analisados foram: pH; Alcalinidade; Sólidos Totais e Suspensos; DQO; DBO; Oxigênio Dissolvido; Nitrogênio Amoniacal; Nitrito; Nitrato; Fosfato.

A metodologia aplicada, para as análises microbiológicas foram realizadas através da técnica de tubos múltiplos, sendo os resultados expressos em NMP/gMS (número mais provável/g matéria seca).

O solo foi analisado segundo as normas e padrões estabelecidos para esse tipo de caracterização.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O solo utilizado no experimento foi classificado como sendo Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura franco argiloso arenoso, com moderada acidez e um teor de Matéria Orgânica (MO) de 7,0 g/dm<sup>3</sup>.

Após a aplicação dos lodos da ETE Brejo Comprido, Palmas/TO, observou-se que o lodo digerido aerobiamente utilizado no processo T3, foi o que ofereceu uma maior concentração de nutrientes, se comparado com o lodo proveniente do sistema anaeróbio, oriundo do reator UASB, utilizado no processo T2, mesmo após a calagem. Tratamento esse onde há expressiva perda de nitrogênio, em torno de 50% (PROSAB,1999).

**Tabela 1:** pH, macronutrientes nos substratos analisados no solo, LE anaeróbio (reator UASB) e do LE aeróbio (floco-decantador). T1- antes do início do experimento.

Materiais analisados	Cmolc/dm <sup>-3</sup>			Mg/dm <sup>-3</sup>		CaCl <sub>2</sub>
	Ca	Mg	Al	K	P	pH
Solo Puro	0,7	0,4	0,2	26,0	3,7	4,8
Lodo do reator UABS (sem cal)	2,17	0,91	2,30	21,64	88,60	3,8

Lodo do floco-decantador (com cal)	22,98	11,98	0,0	80,74	245,7	6,8
---------------------------------------	-------	-------	-----	-------	-------	-----

Obs: P, K (mg/dm<sup>3</sup>); Ca, Mg, Al (cmolc/dm<sup>3</sup>); pH (CaCl<sub>2</sub>).

O pH (CaCl<sub>2</sub>) em T1 apresentou moderada acidez 4,8, antes do início do experimento, sendo corrigido, na fase 3 no processo T3, para 6,81, estabilizando em 6,64 ao longo do experimento (fases 2 e 3). Já o LE do reator UASB mostrou-se abaixo da faixa ideal 3,8 na fase 1 do processo T2.

Com relação ao pH observou-se que o seu aumento no processo T3 é determinado pela aplicação do LE alcalinizado, segundo Silva (1995), quando o pH no solo está na faixa de 6,0 a 6,5 ocorre maior disponibilidade de nutrientes e para Berton *et al.* (1989) e Silva *et al.* (1995) esse aumento está associado à composição química resultante da mistura com cal.

No processo T2 identificaram-se altos teores de Al, significativamente maiores em relação aos outros processos. Especificamente no processo T3 não há praticamente a substância, segundo Morais *et al.* (1996), a inexistência de Alumínio (Al) no LE tratado está associada aos altos valores do pH (CaCl<sub>2</sub>) no processo de calagem, tornando um excelente corretivo da acidez.

A elevada concentração do teor de fósforo (P) em T3, não causa a superfertilização do solo, caracterizando sim um processo de eutrofização, devido principalmente inexistência do Alumínio (Al), inibido pelo pH na calagem. No processo T2, a presença do alto teor de Alumínio (Al) pode deixar o potássio (K) disponível significativamente nas profundidades abaixo de 10-20 cm do solo, podendo ser lixiviado ao lençol subterrâneo (SILVA *et al.* 1995).

Segundo Kiehl (1985), o fósforo (P) tem papel relevante para o crescimento e reprodução dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica no solo.

O Maior teor de potássio (K) presente foi na fase 1 do processo T3 com 80,74 Cmolc/dm<sup>-3</sup>, seguido pelo T2 na fase 1, com 21,64 Cmolc/dm<sup>-3</sup>, apresentando a diferença estatística entre si bem significativa, até chegar na fase 3. Os teores bem inferiores da substância foram determinados em T1, na fase 1, com 0,2 Cmolc/dm<sup>-3</sup>, apresentou significativa diferença na fase 3. A menor absorção de K na fase 1 pode ser explicada pela

inibição competitiva do Ca no substrato T3, segundo Kiehl (1985), essas perdas ocorrem por lixiviação.

O teor médio de Cálcio (Ca) foi maior no substrato do processo T3, seguido do substrato do processo T2, observada a diferença entre todas as fases do experimento. Esses resultados corroboram com os preceitos da literatura, Silva et al. (1995) e Berton et al. (1989), verificaram que o LE atua como fonte de Ca. Verificou-se que o substrato do processo T3 apresentou teores de cálcio e magnésio superiores aos demais, na fase 1, tendo o teor do primeiro reduzido e do segundo mantido na fase 3 do processo T3. Os demais substratos T1 e T2 apresentaram ligeiro aumento no teor de cálcio e ligeira redução no teor de magnésio entre as fase 1, 2 e 3.

O Maior teor de magnésio (Mg) foi verificado no substrato do processo T3 na fase 1, seguido do processo T2, diferentes estatisticamente durante as fases. Porém os processos T2 e T3 não influenciaram significativamente o teor de  $Mg^{+2}$  trocável, pois, no decorrer das fases, o substrato do processo T3, apresentou menores teores de Mg, em presença de maior disponibilidade de potássio, por efeito antagônico (MALAVOLTA, 1986).

Quanto as análises biológicas dos substratos T1, T2 e T3, através do método dos tubos múltiplos por diluição (inoculações de 1, 0,1 e 0,01 ml), os resultados foram: 29 mg/l x  $10^6$  NMP/gMS; 0,73 mg/l x  $10^6$  NMP/gMS e 1,4 mg/l x  $10^6$  NMP/gMS, respectivamente, não foram realizados testes para *Salmonella sp.*

**Tabela 2:** Caracterização dos substratos T1, T2 e T3.

Parâmetros	Solo			Lodo Anaeróbio (UASB)			Lodo floco-decantador calado		
	Média	Desvio Padrão	n	Média	Desvio Padrão	n	Média	Desvio Padrão	n
<b>ST</b> (mg/L)	86,33	7,767	6	324,3	16,01	6	843,3	31,39	6
<b>STV</b> (mg/L)	64,33	12,01	6	135,3	83,58	6	350,3	192,5	6
<b>STF</b> (mg/L)	268	149,9	6	225	80,89	6	404	350,7	6
<b>SS</b> (mg/L)	4,667	2,082	6	43,33	29,4	6	47	35,79	6
<b>SSV</b> (mg/L)	29	6	6	26,67	10,69	6	23	7,937	6
<b>SSF</b> (mg/L)	13	8,544	6	22	25,46	6	2,5	2,121	6
<b>SDT</b> (mg/L)	60,33	26,03	6	259	32,79	6	685,7	218,1	6

<b>SDV</b> (mg/L)	92,33	4,726	6	98,67	71,57	6	136	10,82	6
<b>SDF</b> (mg/L)	75,33	22,94	6	306	240,3	6	684,3	29,7	6
<b>DQO</b> (mg/L)	28	36,43	6	58,53	11,66	6	120,9	12,24	6
<b>DBO</b> (mg/L)	7,12	1,823	6	82,33	10,25	6	178,3	43,59	6

As principais características dos lodos utilizados nesse estudo estão mostradas na Tabela 2. O lodo proveniente do floco-decantador (ST) é mais concentrado (ST) que o lodo do reator UASB, além de possuir uma maior proporção de sólidos voláteis (SV/ST).

Verifica-se que a matéria orgânica presente em ambos os lodos se encontra principalmente na forma insolúvel, indicando assim uma potencialidade para a conversão da matéria orgânica em DQO.

**Tabela 3:** Valores obtidos (mg/l) nos processos T1, T2 e T3.

Análises	Fase I			Fase II			Fase III		
	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
<b>Alcalinidade</b> (mg/L)	8	12	64	9	15	128	10	18	256
<b>Condutividade</b> (mS/cm)	33	67,5	748	42	89,7	1868	48	354	1018
<b>NH<sub>3</sub></b> (mg/L)	2,37	3,57	4,81	2,37	0,36	4,62	12	0,36	4,62
<b>NO<sub>3</sub></b> (mg/L)	25	44	60	20	30	60	22	25	35
<b>NO<sub>2</sub></b> (mg/L)	0,08	0,014	0,16	0,03	0,014	0,26	0,3	0,047	0,86
<b>PO<sub>4</sub></b> (mg/L)	0,3	0,3	24,92	0,2	0,08	56,23	0,2	0,12	84,02
<b>pH</b> (mg/L)	5,6	6,08	6,36	6,3	5,98	6,64	6,81	6,76	6,64

Segundo PROSAB (1999), quanto maior a redução do teor de umidade da massa do lodo, maior é a perda de nitrogênio na forma de amônia em função do tempo de armazenagem.

Verificou-se portanto que as amostras de lodos coletadas na ETE Brejo Comprido, Palmas/TO, tiveram essas substâncias reduzidas devido ao tempo de armazenagem, após a sua secagem, principalmente o lodo calado.

O Aumento da condutividade elétrica em T2 e T3 pode ter sido devido à não absorção dos nutrientes, já que o experimento não associou a plantação de vegetais, ficando a proposta dessa associação a novos estudos que devam ser realizados.

A relação alcalinidade e pH (mg/l), foi diretamente proporcionada no processo T1, T2 e T3, e observada que na fase 3, a alcalinidade continuava a aumentar, porém houve uma estabilidade no pH de T3.

Poucas diferenças foram encontradas entre os teores de amônia e nitrato em T2 e T3, em relação à média do processo testemunha (T1).

Durante o experimento ocorreram perdas de N, por lixiviação ou mesmo por desnitrificação, talvez pelo volume da irrigação, que pode ter prejudicado a drenagem do solo, ou tenha sido imobilizado pela microbiota do solo, esta questão permanece em aberto, ficando a proposta para essa consideração em novos estudos que devam ser realizados.

## **CONCLUSÃO**

Quimicamente os dois tipos de lodos estudados possuem nutrientes, principalmente nitrogênio, potássio e fósforo. Segundo SANEPAR (1997), essa característica melhora a resistência à erosão e a seca, ativando a vida microbológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas às pragas.

Porém o LE possui constituintes biológicos potencialmente indesejáveis, sendo necessário o processo de higienização, através da calagem (mistura de cal ao lodo), onde a temperatura se eleva naturalmente chegando a 60-65°C nos primeiros dias do processo. Esta elevação da temperatura é responsável pela eliminação ou redução dos microrganismos patogênicos presentes no lodo.

O LE do sistema anaeróbio por reator UABS utilizado no processo T2, devido à alta taxa de alumínio presente, se torna indesejável para a agricultura, pois pode combinar-se com o fósforo, deixando insolúveis ou de baixa solubilidade, podendo causar a acidificação significativa do solo, além de possibilitar uma maior passagem de P e Mg e excessivas quantidades de  $\text{NO}_3^-$  ao lençol subterrâneo, oferecendo risco de saturação ao solo.

O LE higienizado com cal oriundo do sistema de floco-decantador, utilizado no experimento T3, pode ser aplicado em solo agrícola. Atuando como um excelente corretivo de acidez no solo, suprindo todo o nitrogênio e fósforo requerido pelas culturas (onde o teor de potássio é baixo) sem apresentar riscos potenciais de contaminação das águas do subsolo, podendo ser aplicado em números maiores de aplicação.

Observa-se porém que devem ser respeitados os critérios para a escolha de áreas aptas a receberem a aplicação desse lodo e a necessidade do monitoramento constante dos parâmetros físico-químicos da biota, para evitar risco de salinização do solo.

De acordo com a tabela de classificação da qualidade do lodo da SANEPAR (1997), os dois lodos de esgoto da ETE Brejo Comprido, em Palmas/TO, enquadram-se como sendo lodo classe A. Podendo ser indicado para cultura de milho, feijão, soja e similares (grandes culturas mecanizadas e sem contato primário).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDREOLI, C. V. et al. **Tratamento e disposição final de lodo de esgoto no Paraná.** Sanare, Curitiba, v.1, n.1, p. 10-15, 1994.

BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas/SP, v.13, n.2, p. 187-192, 1989.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. **Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1639-1647, nov. 2002.

CETE- **Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da UFRJ**, disponível no site: [http://www.saneamento.poli.ufrj.br/cete\\_descricao.htm](http://www.saneamento.poli.ufrj.br/cete_descricao.htm), acessado em 14/11/2016.

CETESB . **Salmonella - Isolamento e identificação - Método de Ensaio.** Norma Técnica CETESB L5.218, p.42, 1987.

CHAGAS, W. F. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro.** [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; p. 89, 2000.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, p. 492,1985.

MALAVOLTA, E., **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos.** São Paulo: ProdQuímica, p. 153, 1994.

MELCHIOR, Samuel Chaves et al. **Tratamento de efluentes por processo de lodos ativados.** Anais do III Fórum de Estudos Contábeis 2003. P.12, 2003.

MORAIS, S. M. de J. et al. **Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparada com outros substratos orgânicos.** Sanare, Curitiba, v.6, n.6, p. 44-49, 1996.

PROSAB – **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico**. Uso e manejo do lodo de esgoto na Agricultura. Rio de Janeiro, p. 97, 1999.

SILVA, F. C. et al. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 25**. Viçosa. Anais. Viçosa: SBSC/UFV, p. 2279-2281,1995.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná: **Manual Técnico para Utilização Agrícola do lodo de esgoto no Paraná**, p. 96,1997.

PEGORINI, E. S. et al. **Qualidade do Lodo de esgoto utilizado na Reciclagem Agrícola na Região Metropolitana de Curitiba – Pr**. I Simpósio Latino Americano de Biossólidos. Anais... São Paulo, jun., 2003.

VIEL, R. **Estudo do Funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus da Fundação Oswaldo Cruz** – Tese de Mestrado em Saúde Pública, Fiocruz – Rio de Janeiro, p. 54, 1994.

VOLSCHAN, Isaac Junior. **Sistema de otimização econômica da estinação final do lodo de estações de tratamento de esgotos**. Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro/RJ. p. 99 a 126. 1999.

GHEORGE IWAKI. **Destinação Final de Lodos de ETAs e ETEs**. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-et-as-e-et-es/>. Acesso em: 30 de jan. 2017.

CRISTIANE RUBIM. **Os desafios do tratamento de lodo**. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=6376>. Acesso em: 01 de nov. 2016.