

TESTE DE TOXIDEZ PARA LODOS DE ESGOTOS — CONTROLE DE DIGESTORES

Eng.º MANUEL OSWALDO SENRA ALVARES DA SILVA (*)

SUMÁRIO

1. TESTE DE TOXIDEZ PARA LODOS DE ESGOTOS
2. PREPARO DO TESTE
3. NÍVEIS DE CONSTITUINTES TÓXICOS
4. PROGRAMAÇÃO DE ANÁLISES PARA CONTROLE DO DIGESTOR
5. CONCLUSÕES

Relaciona-se a uma prevenção para evitar colapso de um digestor anaeróbio. Será aplicado na Estação de Tratamento de Esgotos de Leopoldina em São Paulo, que recebe juntamente com os esgotos domésticos grande número de contribuições industriais.

1. TESTE DE TOXIDEZ PARA LODO DE ESGOTOS

O processo de digestão anaeróbia dos lodos de esgotos domésticos sofrerá grandes alterações se, junto a esse lodo se encontrar presente metais pesados, compostos orgânicos diversos, cuja ação tóxica poderá alterar, inibir e mesmo paralisar a digestão, causando a «morte do digestor».

Muito se tem lido sobre doenças de digestores que se encontravam em fase alcalina, excelente produção de gás, cheiro não ofensivo e que, repentinamente, regrediram à fase de fermentação ácida,

maus odores e paralização da produção de metano. Os esgotos industriais nem sempre sofrem tratamento, sendo diretamente lançados nas redes de esgotos domésticos. Nestes resíduos, poderão estar presentes e, em níveis elevados, substâncias tóxicas, nocivas ao processo de digestão.

O teste de toxidez é aplicado ao lodo cru que alimentará os digestores anaeróbios e, tem por objetivo, verificar a presença de substâncias prejudiciais que, se introduzidas no tanque de digestão seriam letais às bactérias responsáveis pelo processo fermentativo.

Não é um teste quantitativo de dosagens (cromo, níquel, zinco, cádmio, mercúrio, hidrocarbonetos clorados, detergentes sintéticos, etc.) mas, um teste comparativo de produção de gás, em relação a um lodo não tóxico que alimenta um digestor sadio.

Tivemos a oportunidade de ver a aplicabilidade do teste em diversas Estações de Tratamento de Esgotos, situadas em áreas industriais da Inglaterra as quais tinham sérios problemas com digestores. Após a implantação deste simples teste tais problemas deixaram de existir.

2. PREPARO DO TESTE

2.1 — Coleta de amostra

Será utilizada uma amostra composta de vinte e quatro horas coletada nos momentos de bombeamento de lodo primário para os adensadores de lodo.

(*) Superintendente de Operação e Manutenção da CSA-SABESP.

2.2 — Marcha analítica do teste

É mantido no laboratório um digestor de 30 litros de capacidade alimentado com lodo cru de boa qualidade, nas mesmas condições das unidades reais da ETE, isto é, temperatura, agitação e alimentação de lodo. Este digestor fornecerá a semente de lodo para se fazer o teste.

- Tomar quatro erlenmeyers de 250 ml munidos de rolha de borracha, com mangueira de latex e dispositivo para coleta do gás.
- Nos erlenmeyers 01 e 02, introduzir 40 ml de lodo cru, não tóxico e 80 ml da semente de lodo procedente do digestor sadio existente no laboratório. Nos erlenmeyers 03 e 04 introduzir 40 ml do lodo cuja toxidez se quer determinar (lodo da ETE) e também 80 ml da semente do digestor sadio.
- Tampar os 04 erlenmeyers, homogeneizá-los e conetá-los, através das mangueiras de latex, respectivamente com cada um dos cilindros de vidro graduados que recolherão o gás produzido. Estes cilindros se encontram cheios de água, uma vez que se aplicou vácuo neles conforme mostra a figura I.

d) Os quatro erlenmeyers são mantidos em banho-maria a 35°C sendo o controle da temperatura feito por termostato. Como foram retirados 320 ml de lodo do digestor sadio, deverão ser introduzidos nele 320 ml de lodo cru não tóxico.

e) Da amostra do lodo teste e da amostra de lodo cru em boas condições deverá ser determinado o teor de sólidos totais.

f) Após vinte e quatro horas fazer a leitura nos cilindros graduados da quantidade de gás produzida pela digestão. Em função dessas quantidades e, após ser feita a correção para o teor de sólidos, verificar se o lodo é tóxico ou não de acordo com o seguinte exemplo:

g) **Exemplo:** Decorridas as vinte e quatro horas de digestão e verificadas as leituras da produção de gás poderão ocorrer três casos:

- média do lodo teste menor que média do lodo bom;
- média do lodo teste igual a média do lodo bom;
- média do lodo teste maior que média do lodo bom.

Caso n.º 1

		média
lodo bom + semente boa	}	cilindro 01 — leitura 43,15
		cilindro 02 — leitura 40,85
		42,00
		média
lodo teste + semente boa	}	cilindro 03 — leitura 27,70
		cilindro 04 — leitura 28,30
		28,00

Teor de sólidos totais no lodo bom: 3,80%

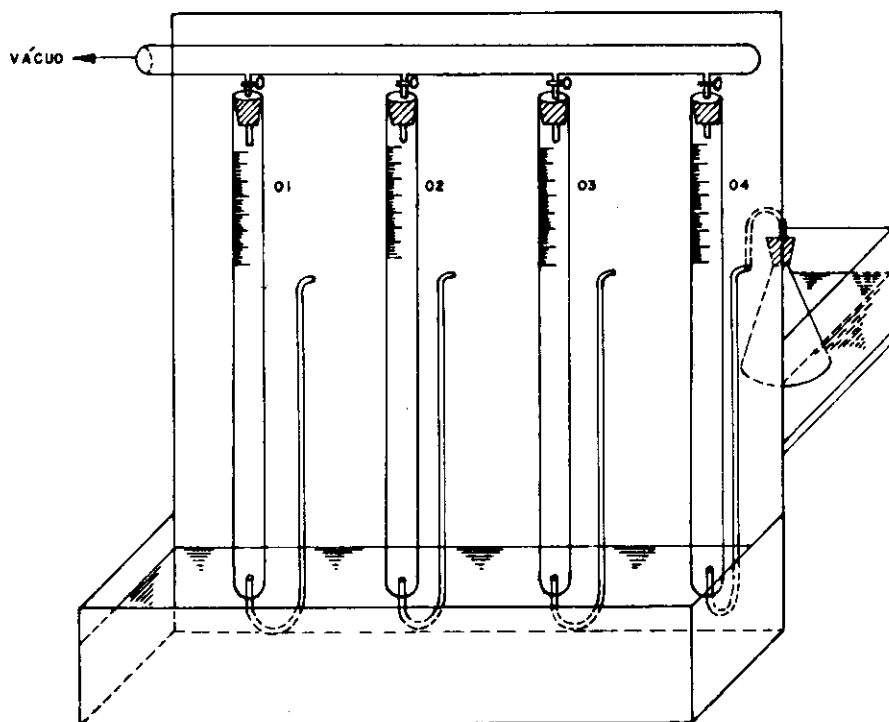
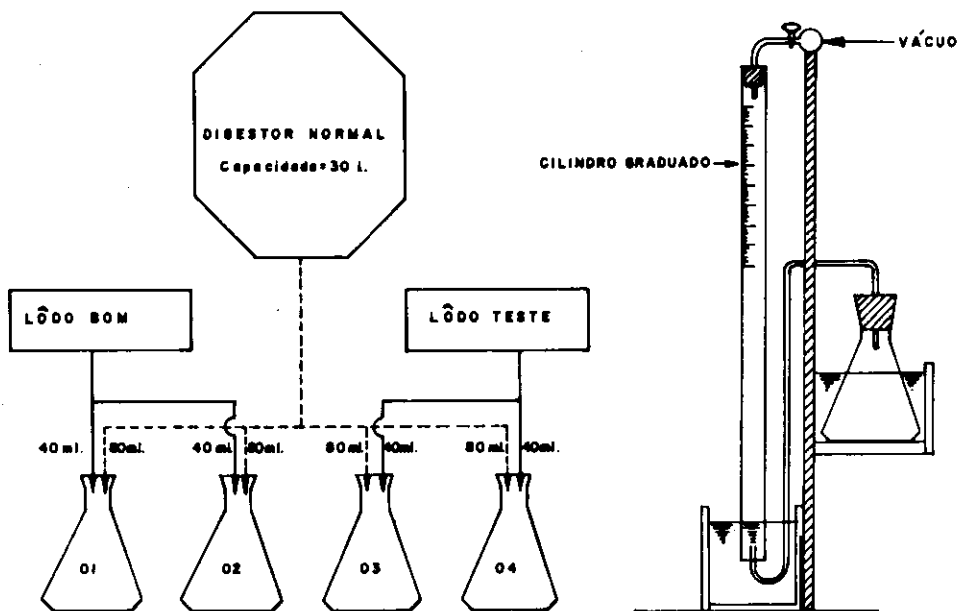
Teor de sólidos totais no lodo teste: 4,30%

Cálculo

$$\frac{42,00}{3,80} = 11,05 \qquad \frac{28,00}{4,30} = 6,51$$

$$\begin{array}{l} 11,05 \dots\dots\dots 100,00\% \\ 6,51 \dots\dots\dots X \quad \therefore X = 58,91\% \end{array}$$

F L U X O G R A M A D O T E S T E



0	75	95	100%
tóxico	levemente tóxico	bom	

Conclusão: Como a produção de gás do lodo teste foi de 58,91% da produção do lodo bom, este lodo não deverá ser bombeado para os digestores, pois caiu na faixa de tóxico.

Caso n.º 2

			média
lodo bom + semente boa	{	cilindro 01 – leitura 40,82	42,00
		cilindro 02 – leitura 43,18	
			média
lodo teste + semente boa	{	cilindro 03 – leitura 41,72	42,05
		cilindro 04 – leitura 42,33	

Teor de sólidos totais no lodo bom: 3,80%
 Teor de sólidos totais no lodo teste: 4,30%

Cálculo

$$\frac{42,00}{3,80} = 11,05 \qquad \frac{42,05}{4,30} = 9,77$$

$$\begin{array}{r} 11,05 \dots\dots\dots 100\% \\ 9,77 \dots\dots\dots Y \dots Y = 88,00\% \end{array}$$

Conclusão: O lodo teste dando uma produção de 88,00% de gás em relação ao lodo bom, apresenta-se levemente tóxico, podendo contudo ser bombeado para os digestores.

Caso n.º 3

			média
lodo bom + semente boa	{	cilindro 01 – leitura 40,75	41,00
		cilindro 02 – leitura 41,25	
			média
lodo teste + semente boa	{	cilindro 03 – leitura 45,60	44,72
		cilindro 04 – leitura 43,84	

Teor de sólidos totais no lodo bom: 3,80%
 Teor de sólidos totais no lodo teste: 4,30%

Cálculo

$$\frac{41,00}{3,80} = 10,79 \qquad \frac{44,72}{4,30} = 10,40$$

$$\begin{array}{r} 10,79 \dots\dots\dots 100,00\% \\ 10,40 \dots\dots\dots Z \dots Z = 96,40 \end{array}$$

Conclusão: Uma vez que o lodo teste deu uma produção de gás de 96,40% em relação ao lodo bom, é considerado não tóxico e deverá ser bombeado para os digestores.

3. NÍVEIS DE CONSTITUINTES TÓXICOS QUE AFETAM A DIGESTÃO ANAERÓBIA

3.1 – Metais

No quadro a seguir mostramos as quantidades de metais que tem sido aceitas no esgoto bruto sem causar problemas para a digestão. Valores maiores que os indicados tem interferido no processo.

QUADRO I

Metais	Concentrações aceitáveis no esgoto bruto (mg/l)
Cádmio	1,0
Cobre	0,7 a 1,0
Ferro	5,0
Chumbo	50,0 a 70,0
Níquel	40,0
Estanho	9,0
Zinco	10,0
Cromo	10,0

É interessante observar por exemplo, um esgoto bruto contendo 1,0 mg/l de cobre, a eficiência da remoção de sólidos sedimentáveis no decantador primário sendo de 50,00 % e o lodo cru que alimenta o digestor tendo 5,0% de sólidos secos, estaremos enviando para os digestores 2500 mg de cobre por quilo de sólidos secos. O efeito do cobre sobre a produção de gás nos digestores é mostrado no quadro II.

QUADRO II

Cobre no lodo mg/Kg de sólidos secos	Produção de gás
2.500	normal
13.000	35% do normal
50.000	5% do normal

Experiências feitas em digestores totalmente controlados mostraram uma redução de 20% na produção de gás, quando se encontravam presentes:

- 2.000 mg de níquel por quilo de sólidos secos
- 2.200 mg de cádmio por quilo de sólidos secos

- 2.700 mg de cobre por quilo de sólidos secos
- 3.400 mg de zinco por quilo de sólidos secos

3.2 – Compostos orgânicos clorados

Hidrocarbonetos clorados são largamente usados como solventes, como por exemplo nas lavanderias. Muitos desses compostos são altamente tóxicos para as bactérias aneróbias que promovem a digestão do lodo.

Compostos	Concentração máxima permitida no lodo mg/kg de sólidos secos
Clorofórmio	10
Tricloroetano	20
1, 1, 2 - Triclorotrifluoretano	200
Tetracloroeto de carbono	200
Tricloroetileno	1.800
Tetracloroetileno	1.800

3.3 – Detergentes sintéticos

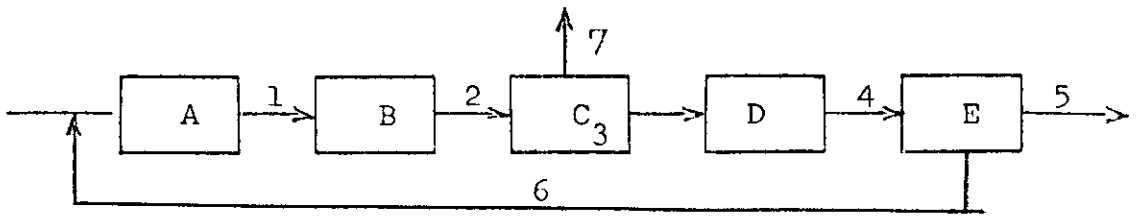
Os detergentes aniônicos de cadeias lineares ou ramificadas tipo ABS não são «quebrados» sob condições anaeróbicas. Se a concentração desses compostos excede 15.000 mg/Kg de sólidos secos do digestor o processo de digestão será iniciado.

4. PROGRAMAÇÃO DE ANÁLISES PARA COMPLETO CONTROLE DA DIGESTÃO ANAERÓBIA

Para um acompanhamento progressivo do que está ocorrendo durante a digestão dos lodos de esgotos sugerimos a programação de análises abaixo esquematizada. Tal programação foi feita após a coleta e observação de diversas Estação de Tratamento de Esgotos nas quais estagiamos. Dividimos as análises em diárias, semanais e mensais.

4.1 – Fluxograma da coleta de amostras

- A – Decantador primário
- B – Adensador de lodo
- C – Digestor primário
- D – Digestor secundário
- E – Desidratação de lodo



- 1 – Lodo primário
- 2 – Lodo adensado
- 3 – Lodo em digestão
- 4 – Lodo digerido (alimentação do sistema de desidratação)
- 5 – Lodo digerido desidratado
- 6 – Efluente do sistema de desidratação
- 7 – Gases da digestão.

4.2 – Alimentação dos digestores primários

Caso a ETE possua adensador de lodo a amostra será coletada na tubulação de recalque do lodo adensado, se só existe o decantador primário será na linha de recalque de lodo primário.

Lodo adensado que vai para os digestores

Análises	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
Sólidos totais Sólidos voláteis Sólidos fixos pH Toxidês do lodo	Diária	Amostra composta de 24 hs. guardada em refrigerador	Linha de recalque
Areia Detergentes Cromo, níquel, zinco, chumbo, prata, mercúrio, cobre, ferro Sólidos totais Sólidos voláteis	Mensal	Amostra composta de 24 hs. de cada dia, 100 ml em vidro de 5 l até ter uma amostra mensal de 3000 ml (refrigerador)	Linha de recalque

4.3 – Lodo em digestão nos digestores primários

Análises	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
Sólidos totais Sólidos voláteis pH Acidez volátil Alcalinidade	Diária	Amostra composta colhida em vários níveis do digestor	Dentro dos digestores
Areia Detergentes Cromo, níquel, zinco, chumbo, prata, mercúrio, cobre, ferro Sólidos totais	Mensal	Amostra composta de cada coleta diária	Dentro dos digestores

4.4 – Gases da digestão

Análises	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
Metano	Diária	Instantânea	Topo do digestor
CO ₂	Semanal	Instantânea	Topo do digestor

4.5 – Lodo digerido no tanque de acumulação (digestor secundário)

Análises	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
Sólidos totais Sólidos voláteis pH	Duas vezes por semana	Amostra composta durante o bombeamento para desidratação	Entrada do sistema de desidratação

4.6 – Bolo de lodo digerido desidratado

Análise	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
Sólidos totais Umidade	Durante a desidratação	Amostra composta de várias partes da caçamba	Dentro da caçamba

4.7 – Efluente do sistema de desidratação

O efluente do sistema de desidratação (filtro prensa, centrífuga, filtro a vácuo, leito de secagem) poderá interferir com o tratamento uma vez que retorna para a entrada da ETE.

Efluente do sistema de desidratação

Análises	Frequência	Tipo de coleta	Local da coleta
D.B.O. Sólidos em suspensão Sólidos totais Nitrogênio amoniacal Nitrogênio orgânico Alcalinidade	Durante o período de desidratação	Amostra composta coletada durante o funcionamento do sistema de desidratação	Efluente do sistema de desidratação

CONCLUSÃO

- O emprego do teste de toxidez do lodo é de grande utilidade no controle dos digestores anaeróbios, principalmente se a ETE recebe esgotos de áreas industriais.
- Este teste de produção de gás poderá ser utilizado com pequena variação, para a procura de um melhor controle de operação de um digestor em função de uma correta alimentação de lodo cru.
- A procura de uma boa amostragem do processo de digestão poderá trazer grandes benefícios para operação de uma ETE.
- A verificação constante da composição do efluente procedente da desidratação do lodo digerido fornece boas indicações sobre a eficiência do sistema, necessidade de algum repa-

ro (centrífuga, filtro a vácuo, leito de secagem) ou no caso de filtração sob pressão, melhor controle na dosagem dos produtos químicos.

REFERENCIAS

- Levels of Toxic Constituents in Raw Sewage – Robert Bradley – D. Balfour & Sons – Londres – 1973.
- Dewatering of Sewage Sludge: Design and Operating Experiences – J. R. Simpson – J. Gilbert – D. Balfour & Sons – Londres – 1972.
- Research in Filtration of Sewage Sludges – R. S. Gale – WPRL – Stevenage – Londres – 1972.
- Sewage Purification Works – Whittlingham – Chemist's Monthly Report – March 1973.
- Borough of Andover – Sewage Works Managers Report – December 1972 – Inglaterra.
- Anaerobic Sludge Digestion – WPCF – Washington – 1968.