

Desidratação de lodos utilizando o sulfato ferroso como condicionante químico

GILSON NICEAS DE ALMEIDA

Chefe de Divisão da Sabesp

MARIA CAROLINA GONÇALVES

Engenheira da Sabesp

SOFIA ARNEIRO ZAPPA GUIMARÃES

Engenheira da Sabesp

O trabalho aborda o emprego alternativo do sulfato ferroso como condicionante químico do lodo a ser prensado em filtros-prensa e utiliza o teste de resistência específica do lodo como indicador de dosagem a ser empregada.

O cloreto férrico é tradicionalmente utilizado como condicionante químico nas operações de prensagem de lodos. Entretanto, este produto tem limitações comerciais. Além disso, seu uso preferencial no tratamento de água, em determinados períodos do ano, não atende à demanda existente no setor de tratamento de esgotos, isto é, no condicionamento químico dos lodos originados dos processos de tratamento.

O sulfato ferroso utilizado neste trabalho foi proveniente da Companhia Siderúrgica Paulista — Cosipa sendo aí considerado como subproduto do processo industrial e originado do processo de decapagem de peças de aço com o ácido sulfúrico. O sulfato é comercializado na forma heptaidratado, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo utilizado na experiência foi originado do digestor anaeróbico da Estação de Tratamento de Esgotos Ipiranga, uma unidade pertencente à

A resistência específica é uma medida de resistência ao transporte do filtrado através da torta formada pelos sólidos do lodo. Foi calculada através da seguinte fórmula (1):

$$r_s = \frac{2 P A^2 a}{\mu C}$$

onde:

r_s = Resistência específica, cm/g

P = Pressão, g/cm seg²

A = Área do filtro, cm²

μ = Viscosidade do filtrado, g/cm seg

C = Massa de sólidos em suspensão (seco) por unidade do volume do filtrado, g/cm³

$a = \frac{d(t/v)}{dv}$, representada pelo gradiente do volume filtrado, seg/cm³

A viscosidade do filtrado foi considerada como a da água à temperatura de 20° C (1,002 10⁻² g/cm seg).

O valor de "a" foi calculado a partir da representação gráfica de t/V (ordenada) e V (abscissa), onde t corresponde a vários tempos de filtração (t¹, t², t³...tⁿ) e V corresponde a volumes de filtração (V¹, V², V³...Vⁿ) das amostras. O valor de "C" foi estimado na amostra/volume final do filtrado.

A segunda etapa do trabalho correspondeu à operação de um filtro prensa de placa empregando-se as melhores dosagens do sulfato e cal definidas nos ensaios realizados em laboratório. O filtro prensa utilizado tem as seguintes características:

- Nº de placas: 25
- Diâmetro da placa: 80 cm
- Pressão da alimentação: 10 Kgf/cm²

A figura 2 mostra de forma esquemática as unidades componentes do sistema de desidratação utilizado.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados em laboratório e decorrentes da operação do filtro prensa.

Ensaio de laboratório

Os valores experimentais decorrentes dos testes realizados encontram-se registrados na Tabela 1. Esses dados foram obtidos de acordo com os procedimentos descritos anteriormente.

Os valores referentes às dosagens de sulfato ferroso e cal e as respectivas determinações da resistência específica encontram-se plotados na Figura 3. Observa-se através desta figura que os menores valores da resistência específica (valores em torno de 2x10¹⁰ cm/g) foram obtidos a partir da dosagem de 67% de sulfato ferroso e cal variando entre 20 e 35%. As curvas representadas nesta figura indicam ainda que dosagens de sulfato superiores a 67% não produzem, como conseqüência, decréscimo dos valores da resistência específica.

Christensen⁽²⁾ indica que lodos bem condicionados apresentam valores da resistência específica à filtração, dentro de uma faixa de 1 x 10¹⁰ a 10 x 10¹⁰ cm/g e sugere o valor de 10 x 10¹⁰ como o valor limite para que se obtenha uma desidratação econômica.

Desempenho do filtro prensa

Os testes de campo foram iniciados com a dosagem de 65% de sulfato ferroso e 20% de cal (melhores resultados em termos de resistência específica do lodo obtidos nos ensaios). A partir daí foram aplicadas menores dosagens de sulfato, mantendo-se a dosagem de cal a 20%.

Os resultados obtidos com os testes realizados no filtro prensa encontram-se registrados na Tabela 2. Verifica-se nesta tabela que a eficiência de captura de sólidos praticamente situou-se dentro de uma faixa de 90 a 95% enquanto foram obtidas "tortas" com teores de umidade variando entre 57 e 76%. Para obtenção desses resultados a resistência específica do lodo condicionado apresentou valores dentro de uma faixa de 4×10^{10} a 84×10^{10} cm/g.

Metcalf⁽³⁾ indica a variação da resistência específica de 3×10^{10} a 40×10^{10} cm/g para lodos condicionados.

Diante desses resultados, o emprego do sulfato ferroso pode ser considerado como uma alternativa atraente para substituir temporariamente o cloreto férrico, quando este por limitações produtivas não possa atender à demanda da área de tratamentos de esgoto. A escolha da faixa de valores da resistência específica do lodo em que se processará a desidratação deverá reproduzir a melhor eficiência de captura aliada ao teor de umidade de que se pretende obter da torta produzida.

Na primeira etapa, foram realizados cinco ensaios sendo cada um composto por um determinado número de amostras (Tabela 1), onde cada uma continha o mesmo volume digerido (500ml).

Para cada ensaio foi fixada uma dosagem de cal, estimada em função da massa de sólidos totais (seco) existente na amostra do lodo, ou seja, a adição da quantidade de cal à amostra não foi condicionada a uma elevação do pH para se atingir um valor previamente estabelecido. Definidas as dosagens de cal para cada ensaio, foram escolhidos aleatoriamente os volumes da solução de sulfato ferroso (concentração igual a 50%) a ser adicionados às amostras do lodo. Da mesma forma como se procedeu com a cal, estabeleceu-se a relação entre a quantidade em peso, do sulfato ferroso adicionado e o peso de sólidos em cada amostra. As amostras, após adição do sulfato e da cal, foram homogeneizadas lentamente durante 10 minutos antes da filtração.

A Tabela 1 discrimina os procedimentos adotados, ou seja, apresenta o número de amostras de cada ensaio, os volumes dos condicionantes adicionados e as respectivas relações em porcentagem, com as massas de sólidos presentes nas amostras. Por exemplo, no primeiro ensaio foram consideradas 10 amostras (volume de lodo de cada amostra igual a 500ml). Neste ensaio definiu-se em 15% a relação massa de cal/massa de sólidos na amostra. Dessa forma, para uma amostra de sólidos ($500 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 76 \text{ kg/m}^3 = 0,038 \text{ kg}$) a massa de cal a ser adicionada para se obter uma relação de 15% é de 0,006kg de cal.

Determinada essa massa, tomou-se 57ml de uma solução de cal, preparada a 10%. A alíquota, representada por 57ml, contém 0,006kg de cal.

A eficiência da desidratação do lodo em laboratório foi estimada através do teste da resistência específica do lodo, utilizando para isso o funil De Büchner. O aparelho de filtração (Figura 1) consistiu de funil de 7,6 cm de diâmetro interno, uma proveta graduada de 200ml com dispositivo para conexão de tubo plástico para tomada de vácuo, bomba de vácuo, manômetro de mercúrio, papel filtro Whatman n° 41 e cronômetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lawler, D. F. et alii — "Anaerobic digestion: on Particle Size and De-waterability", *Journal Water Poll Control Fed.*, 58 (12): 1107 — 1117, dezembro, 1986.

2. Christensen, G. L. e Dick, R. I. — "Specific Resistance Measurements: Nonparabolic Data", *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, III (3): 243 — 257, jun., 1985

3. Metcalf e Eddy, Inc. — *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1979.

Figura 1
Dispositivo utilizado para determinação da resistência específica do lodo

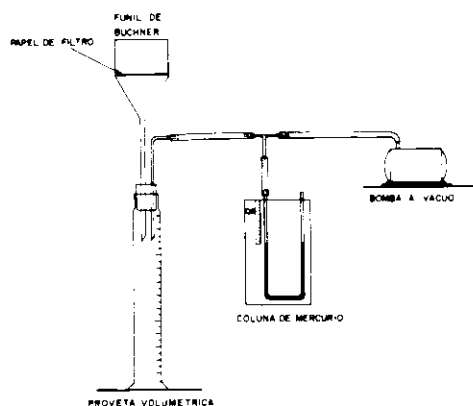


Figura 2
Representação esquemática dos componentes do sistema de desidratação

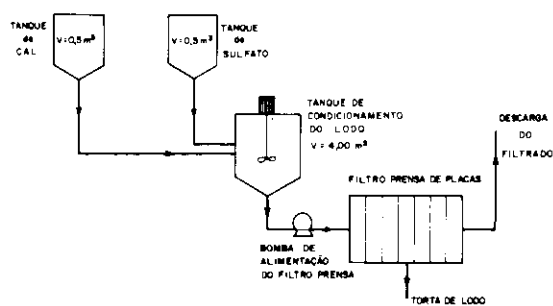


Figura 3
Resultados dos ensaios de laboratório

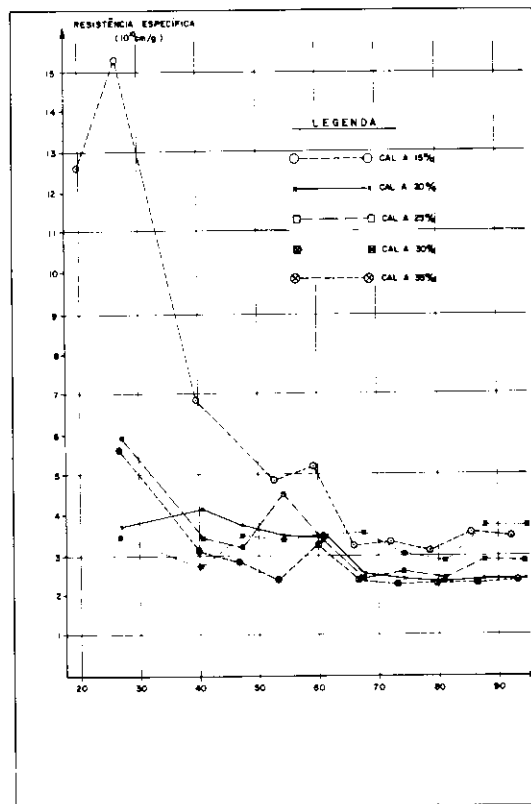


Tabela 1
Valores obtidos nos ensaios realizados

PARÂMETROS	ENSAIO Nº 1										ENSAIO Nº 2									
	AMOSTRA										AMOSTRA									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
VOLUME DA AMOSTRA DE LODO (ml)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA (%)	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA (g)	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0
VOLUME DA SOLUÇÃO (50%) DE FeSO ₄ ADICIONADO (ml)	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70
VOLUME DA SOLUÇÃO (10%) DE CAL ADICIONADO (ml)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
RELAÇÃO (%) MASSA FeSO ₄ / MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	19,7	26,3	39,5	52,6	59,2	65,8	72,4	78,9	83,5	92,1	27,0	40,5	47,3	54,1	60,8	67,6	74,3	81,1	87,8	94,6
RELAÇÃO (%) MASSA CAL/ MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
RESISTÊNCIA ESPECÍFICA (10 ¹⁰ * cm/g)	12,681	15,326	6,894	4,886	5,226	3,252	3,422	3,150	3,592	3,490	3,728	4,205	3,762	3,490	3,490	2,537	2,469	2,435	2,469	2,469

PARÂMETROS	ENSAIO Nº 3										ENSAIO Nº 4										ENSAIO Nº 5										
	AMOSTRA										AMOSTRA										AMOSTRA										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
VOLUME DA AMOSTRA DE LODO (ml)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA (%)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA (g)	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
VOLUME DA SOLUÇÃO (50%) DE FeSO ₄ ADICIONADO (ml)	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
VOLUME DA SOLUÇÃO (10%) DE CAL ADICIONADO (ml)	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131
RELAÇÃO (%) MASSA FeSO ₄ / MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	27,0	40,5	47,3	54,1	60,8	67,6	74,3	81,1	87,8	94,6	27,0	40,5	47,3	54,1	60,8	67,6	74,3	81,1	87,8	94,6	26,7	40,0	46,7	53,3	60,0	66,7	73,3	80,0	86,7	93,3	
RELAÇÃO (%) MASSA CAL/ MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
RESISTÊNCIA ESPECÍFICA (10 ¹⁰ * cm/g)	5,907	3,456	3,218	4,545	3,456	2,469	2,673	2,469	2,945	2,877	3,490	2,741	3,524	3,422	3,558	3,592	3,081	2,911	3,796	3,796	5,635	3,116	2,877	2,435	3,252	2,435	2,367	2,401	2,401	2,435	

Tabela 2
Resultados obtidos na operação do filtro prensa

RELAÇÃO (%) MASSA FeSO ₄ / MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	RELAÇÃO (%) MASSA CAL/ MASSA DE SÓLIDOS TOTAIS NA AMOSTRA	pH LODO DIGERIDO	pH LODO CONDI- CIONADO	TORTA		EFICIÊNCIA (%)	RESISTÊNCIA ESPECÍFICA (cm/g)
				SÓLIDOS TOTAIS (%)	UMIDADE (%)		
65	20	7,0	9,2	31	69	94,8	$4,59811 \times 10^{10}$
50	20	6,9	10,5	41	59	93,2	$4,68944 \times 10^{10}$
40	20	6,9	7,1	41	59	92,8	$10,90633 \times 10^{10}$
20	20	6,8	8,8	43	57	90,7	$13,19287 \times 10^{10}$
15	20	7,1	13,5	36	64	92,1	$23,88554 \times 10^{10}$
10	20	6,9	12,5	28	72	94,1	$84,00411 \times 10^{10}$
5	20	6,9	12,4	24	76	95,1	.