



A INFLUÊNCIA DA PLUVIOMETRIA NA ADIÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CERÂMICA VERMELHA

Michel Agostini, Marlova Piva Kulakowski, Feliciane Andrade Brehm*

* *Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) – agostini_michel@yahoo.com.br*

SÚMULA

O lodo de estação de tratamento de água (LETA) é um resíduo sólido classificado como Resíduo Sólido Classe IIA - Não Inerte, segundo a Norma NBR 10004. Ele é gerado no tratamento de água, durante os processos de filtração e principalmente no processo de decantação. No Brasil, a grande maioria deste resíduo é disposta diretamente em rios. O objetivo deste trabalho é analisar o emprego de LETA em cerâmica vermelha, de duas coletas realizadas em diferentes datas, para analisar a variação na sua composição. Os corpos de prova foram produzidos com argila referência e com 5% de LETA. A sinterização foi realizada em forno mufla a 800, 950 e 1000°C. Realizou-se análise por FRX no LETA, limite de plasticidade na argila e ensaios de retração e resistência à flexão nos corpos de prova. Os resultados obtidos demonstram que empregar 5% de LETA de diferentes datas pode levar a um aumento na variabilidade de algumas propriedades da cerâmica, comprometendo o seu emprego. No entanto, para continuação do estudo sugere-se uma terceira coleta de LETA, caracterização quantitativa do LETA e ensaios de absorção de água nos corpos de prova cerâmicos.

Palavras-chave: Lodo de Estação de Tratamento de Água; Cerâmica Vermelha.

THE INFLUENCE OF RAINFALL ON SLUDGE OF THE TREATMENT STATION WATER IN RED CERAMIC

ABSTRACT

The water treatment sludge generated in the water treatment plant (LETA) is classified as a Solid Waste Class IIA - Not Inert, according to NBR 10004. It is generated in water treatment during the filtration process and especially in the decanting process. In Brazil the most part of this waste is disposed directly into rivers. The aim of this work is to analyze the use of LETA in red ceramic. The sludge was sampled in two different dates, in order to verify the variability of its composition. For the production of specimens it was used a plain clay and other one with 5% of LETA. The sintering was done in muffle furnace at 800, 950 and 1000°C. The LETA was characterized by x-ray fluorescence, the clay was tested by plasticity limit test, and the ceramic specimens were essayed by shrinkage test and by flexural strength test. The results showed that the 5% sludge addition of different sampling dates may lead to an increase in the variability of certain properties of the ceramic, compromising its use. However, a further study has to be done with a third sludge sampling to confirm the observed variability.

Keywords: Sludge from Water Treatment Plant; Red ceramic.

1. INTRODUÇÃO

O LETA é o conjunto das substâncias que foram retiradas da água durante o seu processo de tratamento. Em uma estação de tratamento de água (ETA) de ciclo completo, os resíduos são

basicamente provenientes da limpeza ou descarga de decantadores e da lavagem dos filtros (SILVEIRA, 2012).

Cada linha geradora de resíduos, tanto decantadores como os filtros, apresentam características diferenciadas, quanto à vazão e composição de sólidos (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2005). Em termos volumétricos a maior quantidade de lodo é proveniente da lavagem dos filtros, no entanto em termos mássicos, a maior quantidade produzida é gerada nos decantadores, por ser a sedimentação o primeiro processo físico de separação sólido-líquido (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

As características do LETA dependem basicamente do manancial que é utilizado para captação da água, bem como dos produtos químicos utilizados para o tratamento. A qualidade da água bruta influencia fortemente o processo de tratamento da água; não somente pelas mudanças químicas que irão ocorrer, mas por outros fatores como quantidade de sólidos, cor e turbidez. Se a água for retirada do corpo hídrico em uma época de seca, o rio estará com um nível de água mais baixo e com um maior arraste de sólidos de seu leito, conseqüentemente a água retirada terá maior quantidade de sujidade e partículas sólidas, que resultará em um aumento de LETA no fim do processo de tratamento de água.

As características qualitativas e quantitativas do LETA podem variar de acordo com a periodicidade de limpeza dos decantadores entre outros fatores que estão relacionados às condições físico-químicas do ambiente aquático e as condições físico-climáticas locais. (TATARI, 2008).

Na etapa de coagulação é onde os produtos químicos utilizados podem causar maior impacto no LETA gerado, nesta etapa, os produtos químicos fazem a aglutinação das sujidades, para que com a ação da gravidade, decantem para o fundo dos decantadores ou ainda, sejam retidas pela etapa de filtração. Segundo Richter (2001), o lodo proveniente do uso de sulfato de alumínio apresenta uma pequena proporção de biodegradabilidade, demonstrado na tabela 1. Nos resultados das duas amostras de Pereira (2011), a relação de Demanda Química de Oxigênio (DQO) / Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é muito menor, quando comparados com os resultados obtidos por Vanacor (2005), já que este utiliza um coagulante orgânico ao invés de sulfato de alumínio.

Tabela 1 – Relação DQO / DBO

Autor	Ano	Coagulante	Amostras	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO/DBO
Vanacor	2005	Veta organic	A	910,2	12.971,4	14,3
			B	2.204,7	21.200	9,6
Pereira	2011	Sulfato de Alumínio	A	68,6	320,3	4,7
			B	61,35	278	4,5

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014

O resíduo sólido gerado pelas estações de tratamento de água deve ter um destino adequado, que não seja o próprio corpo hídrico do qual foi retirada a água para o tratamento, visto que a disposição neste irá infringir o que determina a resolução CONAMA 430: 2011, onde determina que toda e qualquer emissão de efluente, de qualquer fonte poluidora somente poderá ser lançado nos corpos receptores se passarem por um tratamento adequado e obedecerem a padrões e exigências contidas na resolução ou em outras normas aplicáveis.

Além do lançamento de componentes químicos inadequadamente no corpo hídrico a destinação do LETA sem o devido tratamento também influencia negativamente de outras formas, alterando o habitat e o equilíbrio natural do meio. Segundo SABESP (2013), a disposição inadequada do LETA no corpo hídrico aumenta a quantidade de sólidos nos corpos d'água, contribuindo para o



assoreamento; aumento da cor, turbidez e concentração de alumínio na água; altera o pH (normalmente diminui); causa liberação de odores; e reduz a quantidade de oxigênio dissolvido no corpo d'água, podendo inclusive causar toxicidade crônica aos organismos aquáticos.

O destino do LETA no Brasil diferencia-se muito de outros países, onde este resíduo já é tratado de forma mais adequada. Segundo Cornwell et al (2000), o uso do LETA nos Estados Unidos tem sua maior aplicação no solo com 25%, seguido por disposição em aterro sanitário com 20% e apenas 11% do LETA é destinado novamente ao corpo hídrico. No Reino Unido, de forma distinta, mais de 50% do LETA é destinado aos aterros sanitários, seguido por envio ao sistema público de tratamento de esgoto com 29% e apenas 2% do LETA é destinado novamente ao corpo hídrico (SIMPSON; BURGESS e COLEMAN, 2002).

Além da incorporação em cerâmica vermelha, vêm sendo estudadas no Brasil para a reciclagem do LETA, alternativas como disposição em aterro sanitário, fabricação de cimento, cultivo de grama, compostagem e plantação de cítricos. (TSUTIYA, 2001).

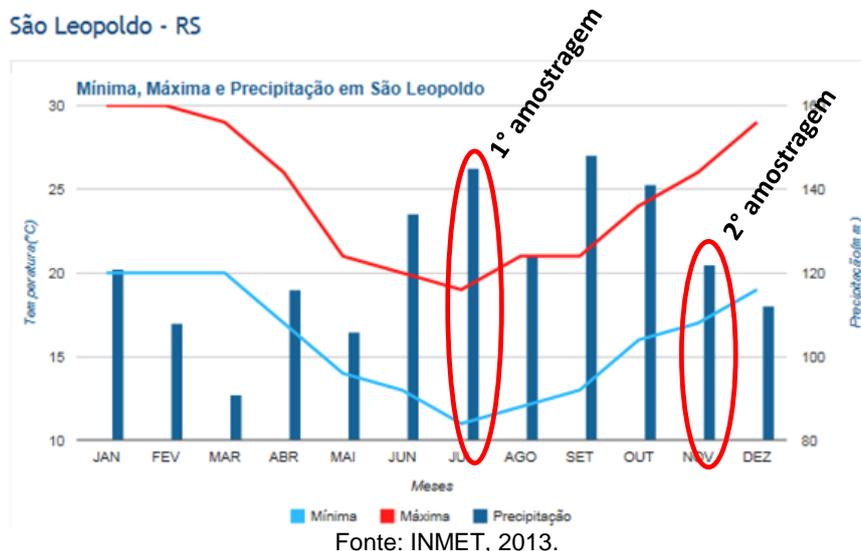
O objetivo deste trabalho é analisar o emprego de LETA em cerâmica vermelha, oriundo de duas coletas realizadas em diferentes datas, para verificar a variação na sua composição. O presente trabalho apresenta os principais resultados obtidos da análise dos impactos que a pluviometria tem na reciclagem do LETA gerado no tratamento de água, da cidade de São Leopoldo/RS.

2. MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para garantir uma amostragem em períodos de influência da pluviometria corretos foi utilizado o histórico pluviométrico da cidade de São Leopoldo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme figura 1 para a coleta do LETA.

Figura 1 – Histórico de precipitações em São Leopoldo



A primeira amostragem foi realizada no dia 07/08/2013 e a segunda coleta em 01/12/2013, ambas realizadas em datas cujos períodos que as antecedem, julho e novembro, são muito diversos no histórico de precipitações.

2.2 Prensagem do LETA



Segundo Oliveira (2010), há água intersticial adsorvida nos interstícios dos flocos, sendo que uma parte dela está presa no interior do floco. Pode ser liberada se a estrutura do floco for destruída, sendo removida por força mecânica ou pelo uso do floculante.

Desta forma, para possibilitar o uso do LETA em adições na fabricação de cerâmica vermelha, existem diversos equipamentos. Segundo Tatari (2008), os que atendem a exigências de uma torta com 15 a 35% de sólidos devem ser utilizados, tais como centrífugas, filtro prensa, filtros rotativos. Segundo Richter (2001), o filtro prensa é utilizado para desidratação de lodo que apresenta partículas finas e possibilita a obtenção de uma torta de 40 a 50% de sólidos em lodos de cal, com uma taxa de captura de até 98%. Este processo foi o utilizado para a prensagem do LETA, mesmo possuindo limitação de aplicação de cal.

Neste trabalho, o LETA foi filtrado no filtro prensa e para que isto ocorresse corretamente foi necessária adição de cal ao LETA, elevando o pH da mistura, facilitando a retirada da água e realizando a reação química da equação 1, conforme afirma Demattos et al (2001).



O filtro prensa utilizado funciona com uma pressão entre placas de 150 bar e uma pressão de bomba de 7,5 bar. O tempo de utilização do filtro foi de 45 min para compressão do LETA e 10 min de passagem de ar para a retirada do excedente de umidade ainda presente. Com esta configuração do equipamento e com a utilização de 6 placas, obteve-se em média 18 Kg de LETA prensado por vez.

2.3 Produção de material cerâmico com LETA

Nesta etapa do trabalho, foram realizados testes em laboratório com amostras de argila pura (0% adição), e com adição de 5% de LETA. A argila utilizada para a produção dos corpos de prova cerâmicos é uma mistura usual, utilizada por uma olaria da região de Porto Alegre/RS.

Para a moldagem dos corpos de prova foi realizada, segundo a norma ABNT NBR 7180/84, o limite de plasticidade da argila. O valor encontrado foi de 24,2%. Este ensaio foi realizado para verificar a quantidade mínima de água necessária para a moldagem dos corpos-de-prova.

Depois de realizada a mistura da argila com o LETA, os corpos de prova foram extrudados em maromba a vácuo (modelo 051, Verdés LTDA) no Laboratório de Materiais de Construção (LMC) da UNISINOS.

Produziu-se 114 corpos de prova para cada uma das 2 coletas de LETA e 114 corpos de prova referência, totalizando 342 corpos de prova. Realizou-se, com o auxílio de um paquímetro, uma marcação nos corpos de prova para avaliação da retração linear, durante o processo de secagem e sinterização. Na etapa da secagem, os corpos de prova permaneceram nas primeiras 24 horas sob pano úmido, em sala climatizada a $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e em umidade relativa de aproximadamente 70%, com o objetivo de evitar trincas e deformações. Após esta etapa, as amostras foram secas em estufa com temperatura de 100°C por 24h. Os corpos de prova foram sinterizados em forno tipo mufla, nas temperaturas de 800°C , 950°C e 1050°C , com taxa de aquecimento de $2,5^\circ\text{C} / \text{min}$ e patamar de 12 horas. Após a sinterização os corpos-de-prova foram pesados e medidos novamente.

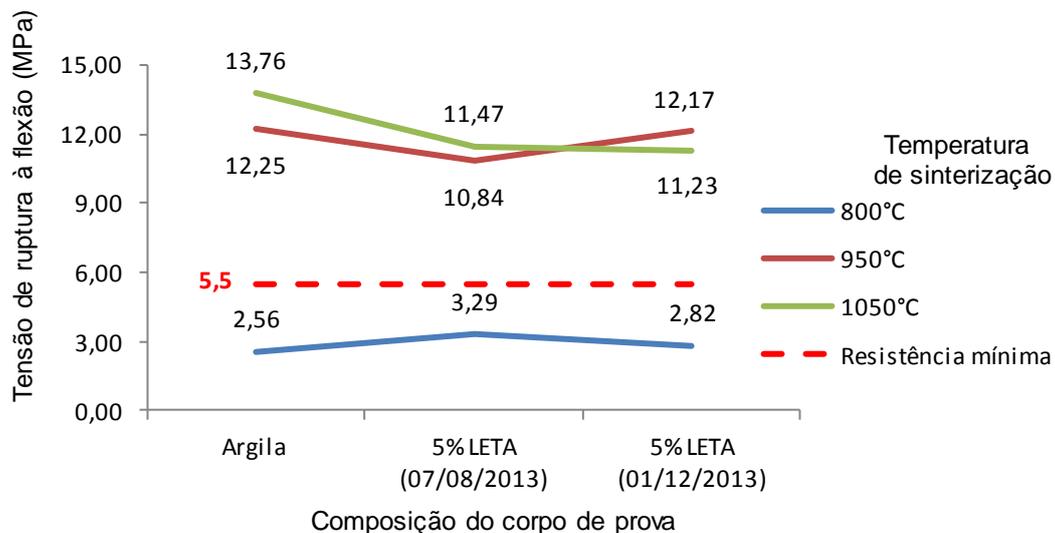
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados objetivam viabilizar a aplicação do LETA em escala industrial, para isto é indispensável a verificação da variabilidade do mesmo em diversas épocas do ano, de forma indispensável.

3.1 Ensaios de determinação da Resistência à Flexão

Na figura 2 são apresentados os resultados obtidos para o ensaio de ruptura à flexão.

Figura 2 – Média da Tensão de Ruptura à Flexão x Composição dos Corpos de Prova



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

O ensaio de ruptura à flexão demonstra claramente a diferença entre as temperaturas de 800°C e as de 950°C e 1050°C. Esta diferença de resistência ocorre acima de 900°C, onde há transformações cristalinas nos materiais constituintes da cerâmica vermelha, conforme afirmação de Pinheiro e Holanda (2010).

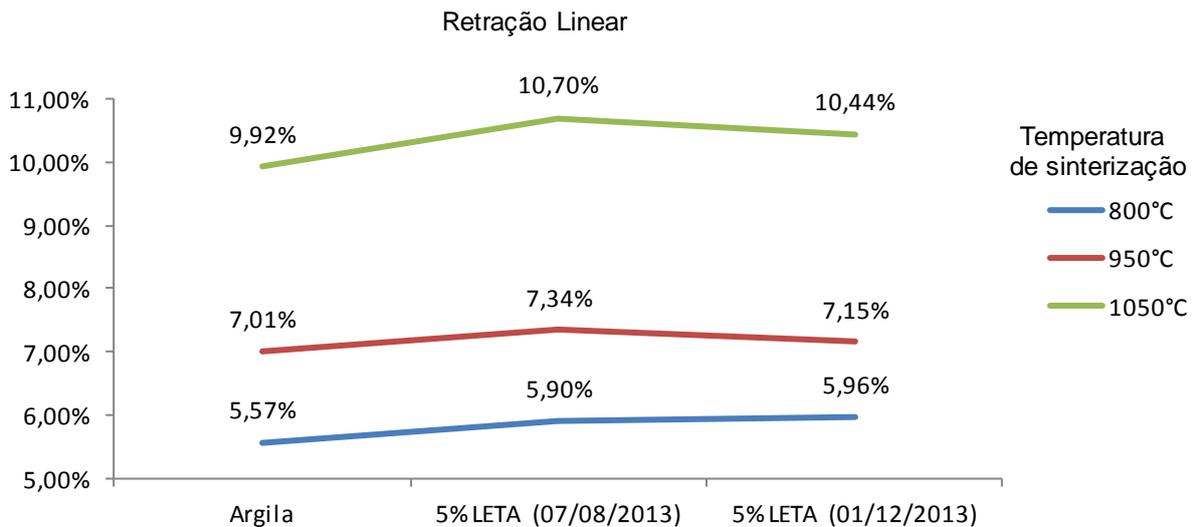
Conforme Santos (1989), a tensão mínima de ruptura à flexão exigida para um corpo de prova, como o utilizado na presente pesquisa, é de 5,5 MPa. Portanto, pode-se verificar, na figura 2, que a temperatura de sinterização de 800°C compromete a resistência dos corpos de prova, ficando abaixo mais de 40% do mínimo exigido para qualquer composição.

Já as temperaturas de 950°C e 1050°C superam em mais de 90% o mínimo exigido (SANTOS, 1989). Realizando uma análise mais detalhada, percebe-se uma inversão das curvas de resistência à flexão nas temperaturas de 950°C e 1050°C, indicando uma possível interferência da composição do LETA sobre os corpos de prova cerâmicos.

3.2 Ensaios de Retração Linear

Na figura 3 são apresentados os resultados obtidos para o ensaio de retração linear.

Figura 3 – Retração linear x Composição de LETA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

A retração linear depende fundamentalmente da densidade aparente da peça, da composição da massa e das condições de sinterização conforme afirma Melchiades et al. (2001).

A retração linear não é um parâmetro normalizado pela ABNT, porém é um importante parâmetro industrial. Quando a cerâmica apresenta-se porosa é caracterizada por baixa retração, na ordem de 3%, a cerâmica semiporosa é caracterizada por uma retração de 4-6% e a gresificada por uma retração linear de 8% conforme afirmação de Borlini (2002).

Conforme figura 3, os ensaios de retração não apresentam variações significativas devido à composição do LETA, a maior variação (7,3%), ocorre na temperatura de 1050°C onde a matéria orgânica do LETA pode ter influenciado já que independentemente da temperatura de sinterização, nas duas amostras com LETA a retração apresentou crescimento quando comparado ao corpo de prova referência.

3.2 Ensaios de Fluorescência de Raios X.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise qualitativa referente ao ensaio de fluorescência de raios x das amostras de LETA

Tabela 2 – Fluorescência de Raios X das amostras de LETA

Descrição da amostra	Majoritários (>50%)	Menor quantidade (5% < x < 50%)	Elementos Traços (< 5%)
Lodo ETA 1ª amostra	Fe	Si, S, Al	Ca, K, Mn
Lodo ETA 2ª amostra	Fe	-	Ti, Si, K, Mn, Ca, V

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nestes ensaios verificamos claramente a diferença dos constituintes do LETA nas duas amostragens. Neste momento não é possível identificar a quantidade exata de cada constituinte, porém apenas com este ensaio verifica-se que os componentes Ti e V não aparecem na primeira amostra referente ao dia 07/08/2013.

Também se percebe que o elemento Al não constitui a segunda amostra do dia 01/12/2013. Este ensaio, no entanto não representa a realidade, já que o Al é componente do coagulante utilizado para o tratamento de água na ETA, assim, a quantidade de Al não foi identificada pelo ensaio, mas existe certamente, porém a quantidade deste é infimamente inferior a quantidade encontrada na amostra do LETA de 07/08/2013.

4. CONCLUSÃO

Em relação aos resultados obtidos em laboratório para a propriedade de resistência a flexão é possível concluir que uma adição de 5% de LETA na cerâmica atende o mínimo de 5,5 MPa, nas temperaturas de sinterização de 950°C e 1050°C, porém a temperatura de sinterização de 800°C não atende a este requisito, considerando as condições experimentais da presente pesquisa.

A retração dos corpos de prova comprovou que as adições de LETA interferem negativamente nesta propriedade, porém não de forma significativa.

Quanto ao ensaio de fluorescência de raios x, este é mais um indicativo de que a interferência da pluviometria sobre as características do LETA devem ser analisadas e com isso indica ser uma variável impactante no processo de formação do LETA, a qual irá interferir na aplicação que for o destino do LETA.

Além destes ensaios acredita-se ser importante a continuação do estudo com uma terceira coleta de LETA, o uso de técnicas quantitativas para a caracterização dos LETAs e análises de absorção de água dos corpos de prova.

Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem a Olaria Brasil Ltda e a Bombas Beto pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do Limite de Plasticidade - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984.

BORLINI M.C. **Cerâmicas preparadas a partir de argila sedimentar com adição de cinzas da matéria orgânica do lixo e celulignina do processo de pré hidrólise de biomassas: propriedades mecânicas e inertização de metais pesados**. São Paulo, 2002. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Materiais. Faculdade de Engenharia Química de Lorena.

CORNWELL, D. A.; MUTTER, J.; RODNEY, N.; VANDERMEYDEN, C. **Commercial applications marketing of water plant residuals**. AWWA Research Foundation and American Water Work Association. 2000. 183p.

DEMATTOS, M.; COSTA, G.J.; FONSECA, D. A.; BRAGA, J.P.C.; JANZEN, W. **Redução do volume de lodo gerado em estações de tratamento de água – a proposta de recuperação do coagulante pelo processo de acidificação no sistema Rio Manso**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2º edição, volume I. 792 p. Editora Rima. 2005.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) Site. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 30 de novembro de 2013.

MELCHIADES, F.G. et al. **Controle dimensional e do formato de revestimentos cerâmicos; parte 1: dimensões**. Cerâmica Industrial, v.6, n.5, p. 27-33, 2001.

OLIVEIRA, N. S.; **Estudo da secagem de lodo de estação de tratamento de água**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PEREIRA, S. L. M.; **Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da ETA Gramame**. Dissertação de Mestrado – Programa de pós graduação engenharia urbana e ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2011.

PINHEIRO, B. C. A.; HOLANDA, J. N. F. **Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha**. Cerâmica industrial. 2010.

RESOLUÇÃO CONAMA 430: **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**. 2011.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 2001.

SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO. **Aspectos conceituais relativos à seleção das tecnologias de tratamento e disposição dos resíduos gerados na estação de tratamento de água**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Site. Disponível em: < <http://www.sabesp.com.br/>> Acesso em: 25 de setembro de 2013.

SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1989.

SILVEIRA, C. **Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem / secagem com manta geotêxtil**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. Paraná. 2012.

SIMPSON, A.; BURGESS, P.; COLEMAN, S.J.M. **The management potable water treatment sludge: Present situation in UK**. London. 2002. p 263.

TATARI R. **Incorporação de lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, como aditivo em massas para cerâmica vermelha**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Engenharia Química – Nível de Mestrado. Toledo. 2008

TSUTIYA, M. T. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água do estado de São Paulo**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa – Paraíba. 2001.

VANACOR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico veta organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de pesquisas hidráulicas. Porto Alegre: 2005.