

Reutilização de lodo de estação de tratamento de efluentes (ETE) na Região de Suzano, São Paulo, Brasil: alternativas e oportunidades

Guilherme Oliveira¹, Larissa Sayuri Kikkawa^{1,*}, Alana Melo dos Santos²

¹Curso de Tecnologia em Processos Industriais Químicos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. *Campus Suzano*. Suzano-SP, Brasil (CEP 08673-010). *E-mail: sayuri.kikkawa@ifsp.edu.br.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. *Campus Suzano*. Suzano-SP, Brasil (CEP 08673-010).

Resumo. De modo geral, os mais variados tipos de resíduos sólidos ainda não possuem tratamentos completamente desenvolvidos para sua reutilização. Em alguns casos, os subprodutos gerados não são economicamente viáveis, apresentando baixo valor agregado ou menor complexidade em comparação com os demais resíduos. Entretanto, o desenvolvimento de atividades de valorização de resíduos sólidos pode viabilizar a geração de produtos industriais com elevado potencial de reaproveitamento. Apesar disso, poucos estudos têm sido realizados com interação efetiva de parâmetros ambientais, econômicos e sociais que demonstram aplicações destas matérias-primas pela indústria de transformação. Dessa forma, este trabalho objetiva fazer uma pesquisa bibliográfica sobre a reutilização do lodo e resíduos sólidos de estações de tratamento de esgotos domésticos e industriais, com foco na viabilidade de aplicação na Região de Suzano, Estado de São Paulo, Brasil.

Palavras-chave: Lodo; Resíduos sólidos; Viabilidade.

Abstract. *Solid waste reutilization from effluent treatment plant in Suzano Region, São Paulo, Brazil: Alternatives and opportunities.* In general, the most varied types of solid waste do not yet have completely developed treatments for their reuse. In some cases, the by-products generated are not economically feasible, presenting low added value or less complexity compared to other wastes. However, the development of solid waste recovery activities can enable the generation of industrial products with high reuse potential. Despite this, few studies have been conducted with effective interaction of environmental, economic and social parameters that demonstrate applications of these raw materials by the manufacturing industry. Thus, this work aims to make a bibliographical research on the reuse of sludge and solid waste from domestic and industrial sewage treatment plants, focusing on the feasibility of application in Suzano Region, São Paulo State, Brazil.

Recebido:
19/08/2018

Aceito:
28/11/2018

Publicado:
31/12/2018



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-9475-5409
Guilherme Oliveira

0000-0001-9458-7081
Larissa Sayuri
Kikkawa

0000-0002-7317-4816
Alana Melo dos Santos

Keywords: Sludge; Solid wastes; Viability.

Introdução

Os resíduos sólidos são categorizados como resíduos no estado sólido ou semissólido que resultam de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de serviços de varrição. Estão incluídos nesta definição lodos provenientes de resíduos de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas que encarecem o procedimento em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A fim de solucionar o problema dos resíduos sólidos a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010) e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Na Lei nº 12.305/2010, é prevista a prática do consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para a reciclagem e reaproveitamento de resíduos sólidos, assim como sua destinação correta, a fim de eliminar a existência de lixões. Além disso, cria a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, como fabricantes, importadores, comerciantes, distribuidores e o cidadão para o adequado manejo e destinação de seus resíduos (Brasil, 2010).

Em posse do conhecimento da problemática da geração de resíduo sólido, pode-se programar uma gestão integrada do resíduo com o enfoque na redução de produção, reutilização ou reciclagem através de tecnologias (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

Este artigo tem como objetivo avaliar a reutilização de lodo de estação de tratamento de efluentes na Região de Suzano, São Paulo, Brasil, analisando suas alternativas e oportunidades.

Material e métodos

Local de estudo

Suzano é um dos 39 municípios da Região Metropolitana de São Paulo e está situada a 45 km da capital, São Paulo, e localizada na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Flores et al., 2010).

A Região do Alto Tietê apresentou crescimento populacional expressivo nas últimas décadas, devido à ocorrência de atividades econômicas que atraem contingentes populacionais em busca de emprego na Região Metropolitana de São Paulo (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

Na segunda metade do século XX, pequenas indústrias se instalaram na região de Suzano, devido à saturação da infraestrutura da Capital, o que forçou as indústrias a se deslocarem, por isso há presença da atividade industrial na região atraiu e continua atraindo contingente populacional para região. Atualmente, a atividade industrial caracteriza-se como o principal setor econômico da região, com empresas atuando em praticamente todos os segmentos industriais, produzindo uma enorme variedade de produtos. Destaca-se no município a produção de medicamentos, papel e celulose, máquinas e rolamentos e outros produtos que abastecem os mercados interno e externo (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

A maior parte dos resíduos gerados pela indústria é passível de reaproveitamento, e é encaminhado para reciclagem e reprocessamento fora da indústria de origem, sendo utilizada como matéria-prima secundária. Os rejeitos, por sua vez, são enviados para

aterros específicos, e o lodo produzido em estações de tratamento de efluentes das plantas industriais é entregue à Estação de Tratamento de Efluentes de Suzano (ETE Suzano), que posteriormente os encaminha ao aterro sanitário (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

A ETE Suzano foi inaugurada em 1982 e é uma das cinco maiores estações de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo. A estação é operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e foi projetada para receber 1,5 m³/s de efluentes com capacidade de remoção de 90% de carga orgânica. De acordo com o projeto inicial, a composição do efluente recebido seria de 65% doméstico e 35% industrial, atendendo a uma população de 700 mil habitantes. Atualmente a ETE Suzano opera com a metade de sua capacidade, tratando 750 L/s de esgoto e atende, além de demanda municipal, os municípios de Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Poá e Mogi das Cruzes (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

Resultados e discussão

ETE Suzano

As tecnologias para tratamento dos efluentes líquidos, ou águas residuais (esgoto), que são as águas com alterações indesejáveis nas características, são classificadas em três grupos distintos de processo: processos biológicos, físicos e físico-químicos. Geralmente, esses grupos não atuam isoladamente e o processo mais adequado ao seu efluente será definido a partir de alguns itens, como as características do efluente a ser tratado, o atendimento às exigências legais, a área disponível e o custo envolvido (Pinto, 2009).

Tratamento preliminar

No tratamento preliminar, o efluente passa pelo primeiro gradeamento, o qual retém os resíduos que não devem entrar no sistema de

tratamento, como garrafas plásticas, pedaços de madeira, pedras etc. Depois de passar pelo primeiro gradeamento, há segundo gradeamento, mais fino, para reter outros resíduos indesejados no tratamento do efluente (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

A estação de esgoto bruto opera com duas bombas parafuso com capacidade nominal de 1,5 m³/s cada, sendo uma reserva. No canal a montante da bomba parafuso, tem-se um gradeamento grosseiro e recebimento do reciclo proveniente do reciclo do lodo biológico e filtrado do filtro prensa e um by-pass, que desvia o esgoto para o corpo receptor (Rio Tietê). No canal à jusante, ocorre a mistura dos afluentes e, através de uma Calha Parshall, é realizada a medição de vazão da ETE. A jusante da Calha Parshall está instalada uma grade média mecanizada (Santos, 2003).

Tratamento primário

O esgoto afluente, depois de submetido ao tratamento preliminar, é encaminhado ao tratamento primário, a decantação primária é constituída de quatro tanques, localizados entre as caixas de areia e os tanques de aeração (Santos, 2003). Nos tanques de decantação primários é promovida a separação sólido-líquido no qual o lodo é decantado no fundo e a espuma que se é gerada na superfície é removida por uma lamina raspadora. Os sólidos removidos são encaminhados para tratamento. O esgoto segue para decantadores, que separam os sólidos grosseiros e parte da matéria orgânica presente no esgoto (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

Tratamento secundário

O efluente segue para os tanques de aeração, nos quais o processo de lodo ativado acontece e, na sequência, há outros decantadores que separam o lodo do efluente tratado do lodo gerado na ETE (Prefeitura do Município de Suzano, 2014). A ETE Suzano foi projetada para tratamento secundário pelo processo de

lodos ativados. Os tanques de aeração possuem equipamentos de aeração superficial, tipo fixo, os quais são dispostos em quatro fileiras de cinco aeradores cada (Takashi et al., 2000)

A última etapa do processo do lodo consiste em retirá-lo do filtro prensa em forma de placas e quebrá-lo mecanicamente. Na operação seguinte o lodo é separado e utilizado no para digestão anaeróbia em digestores, após digestão, o lodo remanescente do processo de digestão é enviado para o pátio da ETE Suzano (Prefeitura do Município de Suzano, 2014).

O efluente líquido das unidades de decantação secundária representa o efluente final da ETE Suzano. Portanto, sua qualidade deverá atender às exigências de lançamento do corpo receptor (Takashi et al., 2000).

Fase sólida

Atualmente, a ETE Suzano produz 35.000 t de resíduos sólidos por ano, dos quais 18.250 t são lodo (Prefeitura do Município de Suzano, 2014). Os demais sólidos removidos pelas unidades de tratamento preliminar são encaminhados para o aterro sanitário. Os sólidos removidos nos decantadores primários passam por uma grade de barras e são enviados para a estabilização pelo processo de digestão anaeróbia. O lodo digerido recebe um condicionamento químico com a adição de cal e cloreto férrico. A desidratação de lodo condicionado é realizada através de filtro prensa de placas. O processo de desidratação mecânica consiste em submeter o lodo à prensagem por placas revestidas de tecido poroso, nas quais ocorre separação do líquido contido no lodo. O lodo desidratado é disposto em aterro sanitário (Takashi et al., 2000).

Disposição final do lodo: alternativas e oportunidades

Devido ao processo de urbanização das cidades brasileiras, cada vez mais temos aterros sanitários com grandes distâncias das ETE, elevando o

custo do tratamento do lodo devido ao transporte, além da consequente geração exponencial de lodo, devido ao aumento da população das cidades. Portanto, a utilização do lodo de ETE vem se mostrando um desafio a ser resolvido.

Atualmente, grande parte do lodo, proveniente das tortas de filtração, gradeamento e biodigestores, são manejados para aterros sanitários. Porém, quando é possível sua comercialização, devido às suas propriedades benéficas, é comercializado como fertilizantes, os quais têm baixo valor econômico (Santos, 2003).

De acordo com a composição do lodo, podem ser sugeridas algumas aplicações, de forma a reaproveitá-lo, permitindo sua comercialização e reduzindo a necessidade de aterros sanitários, por exemplo: Fertilizantes, fabricação de agregados leves, fabricação de cimento Portland, produção de cerâmica vermelha e fabricação de tijolos refratários.

A seguir será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre alternativas de reaproveitamento de resíduos sólidos de ETEs.

Fertilizantes

Fertilizantes oriundos do tratamento do lodo são uma das alternativas mais bem rentáveis de aplicação de resíduos sólidos de ETE. Como vantagens, há redução de custos e danos ao meio ambiente, além de tornar desnecessária a fertilização mineral do solo, pois os lodos são ricos em nutrientes e possuem uma alta carga orgânica, o que traz muitos benefícios às plantações. Resultados satisfatórios foram obtidos em testes feitos pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), da grande Vitória, em culturas do café conilon e arábica, banana, eucalipto, goiaba, seringueira, cana de açúcar, açaí, palmeira real e abacaxi (CESAN, 2010).

O material orgânico presente nos fertilizantes é benéfico para o solo, pois ajuda a levar micronutrientes, absorve

mais umidade e deixa o solo mais poroso, o que possibilita a entrada de ar e água, aumentando o desenvolvimento de microrganismos, sendo possível o desenvolvimento de plantio (Cornélio, 2015).

Um caso que obteve sucesso e o 8º Prêmio Ozires Silva de Empreendedorismo Ambiental e Sustentável foi o projeto desenvolvido na Unidade de Negócio do Médio Tietê da Sabesp de Botucatu, que consiste em transformar o lodo de esgoto em adubo orgânico. O sistema de secagem e compostagem colaboram para reduzir os impactos ao meio ambiente (Cornélio, 2015).

Apesar de ser uma alternativa viável de aplicação dos lodos, há critérios a serem seguidos para que não haja contaminação pelos metais pesados presentes também no lodo, que varia bastante dependendo da origem do mesmo, como esgoto doméstico e industrial. Não são todos os tipos de lodo que podem ser utilizados para a fertilização, alguns precisam de regulagem de teor de potássio, cálcio e magnésio, pois são deficientes nesses componentes. Deve-se ter também uma série de controle de qualidade do lodo utilizado, pois além de poder conter metais pesados, podem conter poluentes orgânicos persistentes e microrganismos patogênicos, que levaria à contaminação do solo (Pinto, 2009; Cornélio, 2015).

Para o caso de lodos ativados, a composição costuma apresentar, em linha gerais, os seguintes teores de percentual de matéria seca: 2,25% a 9,15% de nitrogênio, 1,48% a 3,7% de fósforo e 0,01% a 0,36% de potássio (Pinto, 2009).

Fabricação de agregados leves

Agregados leves são adições de escória de alto forno, argilas e outros materiais que ajudam a dar volume e podem melhorar as propriedades de tijolos e outros produtos como concretos para indústria civil.

O Brasil foi um dos pioneiros da reutilização do lodo de esgoto como matéria-prima na produção de agregado leve por meio de um processo cerâmico. Em 1974, iniciou-se a pesquisa nacional sobre como poderia ser reaproveitado o lodo de esgoto como material de construção, em que a Sabesp solicitou ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) um estudo mais aprofundado sobre o assunto. Eles conseguiram obter, a partir de lodo digerido, um material que, após britagem, era classificado dentro das especificações de agregado leve para fins de construção civil, com emprego em estruturas de concreto, isolamento térmico, enchimento de vazios, pré-fabricação de edifícios e blocos para alvenaria e pisos (Santos et al., 2004).

O processo de produção do agregado leve passava pelas seguintes operações unitárias: Desidratação do lodo, pós-secagem do lodo centrifugado, dosagem e mistura dos componentes, pelotização, secagem das pelotas por leito fluidizado, sinterização, quebra-mento e britagem do sínter e estabilização e classificação do sínter.

Na fabricação de agregados leves para cimentos e construção civil, há uma experiência internacional que se destaca, desenvolvida pelo Dr. Georgi Harrison, para a San Diego Region Water Reclamation Agency. A produção de agregados leves foi possível a partir de um processo chamado CCBA (Coordinate Chemical Bonding Adsorption). O processo constava das seguintes etapas: mistura do lodo com argila, alumina e ácido poliacrílico; coagulação e floculação; decantação (lodo com 45% de sólidos); mistura com argila; extrusão; corte para formação de pelotas com cerca de 6 mm de diâmetro; e queima entre 1.070 °C e 1.095 °C.

Na produção desses agregados leves, foi possível obter bom resultados e economicamente viáveis. Porém, antes do lodo entrar na mistura com a argila, ele deve ser incinerado a 550 °C. Também se observou nesse estudo a necessidade de controlar a quantidade

de cinzas presente no lodo, pois a porcentagem muito alta de cinzas no agregado pode fragilizar a resistência à compressão quando aplicado junto com o cimento. Contudo, o processo se mostrou econômico e com benefícios agregativos ao cimento e construção civil, podendo reduzir a utilização de materiais na construção (Santos, 2003).

Cimento Portland

Outra alternativa de aplicação do lodo de ETE é sua adição na formulação de cimentos Portland, o qual tem como matérias-primas principais a pedra calcária e a argila.

Tay et al. (1991) fizeram a experiência de substituir a argila por lodo desidratado na fabricação de cimento Portland. Inicialmente, foi realizada a secagem da torta de lodo a uma temperatura de 105 °C. Em seguida, a torta desidratada foi moída e misturada com pó de pedra calcária, CaCO_3 , em diferentes proporções, sendo levadas para incineração, variando-se o tempo e a temperatura do procedimento (Santos et. al., 2007). O fluxograma desse processo é apresentado na Figura 4.

O produto final foi moído a uma granulometria abaixo de 80 μm e realizou-se uma comparação com o cimento Portland convencional. O melhor cimento produzido foi o resultante da mistura de 50% de lodo seco e 50% de pedra calcária, em massa, com temperatura de queima de 1.000 °C e tempo de residência no forno de 4 horas. A matéria orgânica foi utilizada como fonte complementar de calor e a parte inorgânica integrou o clínquer.

Notou-se que a composição química do cimento Portland com adição de lodo apresentou o CaO abaixo e SO_3 acima do cimento Portland convencional. Com exceção destes elementos, a composição química ficou similar ao cimento Portland. Porém, é importante ressaltar que a falta de CaO pode afetar a resistência mecânica do cimento. Desta forma, o cimento poderia ser utilizado para fins não estruturais.

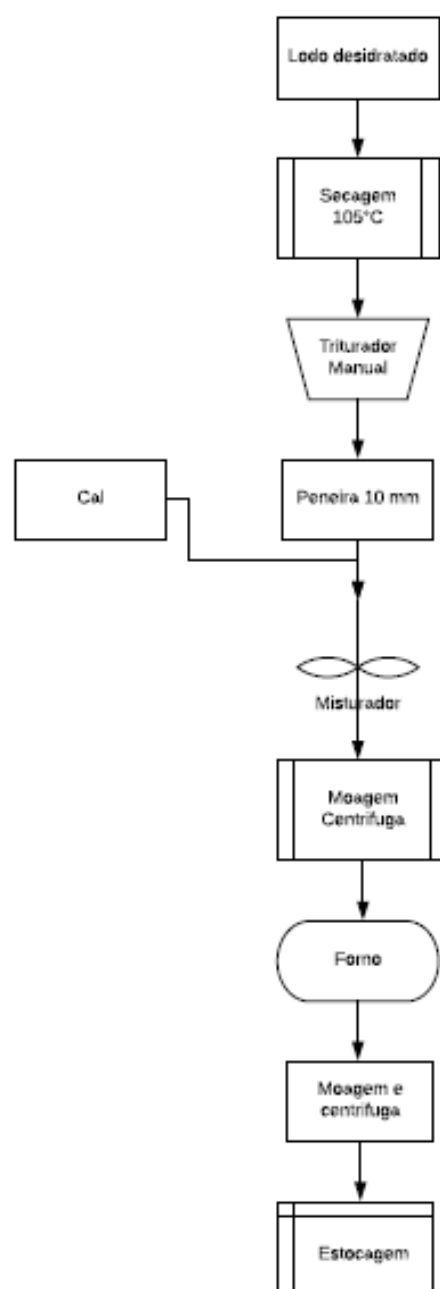


Figura 4. Fluxograma da produção de cimento Portland.

Os resultados relatados no trabalho de Tay et. al. (1991) podem ser considerados satisfatórios, de modo que mesmo com a utilização de apenas 2% de lodo seco como matéria-prima em fornos de clínquer, isso permitiria o consumo de todo o lodo gerado no Japão (Santos et. al., 2007).

Outra aplicação possível é o uso de cinzas do lodo calcinado de maneira controlada na produção de pozolanas, que podem substituir parcialmente o clínquer do cimento. As pozolanas materiais silicosos ou sílico aluminosos que contém alto teor de silício, podendo ser um material natural ou artificial. Por si só a pozolana possui pouca atividade aglomerante, porém quando está em forma de partículas finas e na presença de água reagem com hidróxido de cálcio formando composto com propriedades aglomerantes, além de possuir propriedades de diminuir o calor de hidratação e permeabilidade do cimento quando adicionado no mesmo, e proporciona maior trabalhabilidade no cimento (Mantuano Neto, 2006). Morales (1994) confirmou reatividade pozolânica no lodo calcinado entre 750 °C e 800 °C, concluindo ser possível substituir até 35% do consumo de cimento Portland (TAKASHI et al, 2000).

Cerâmica vermelha

A informação mais antiga de utilização de lodo de ETE em tijolos cerâmicos é de 1976 na África do Sul da empresa Fishwater Flats, localizada em Porto Elizabeth, na África do Sul. Na ocasião, utilizou-se 30% de lodo na fabricação de tijolos comuns de estrutura, e de 5% a 8% para tijolos de acabamento (Santos et al, 2004).

No processo de fabricação do tijolo, utilizou-se água e argilas misturadas às tortas de lodo para formar uma massa, de modo que o produto atingisse 20% de umidade. Em seguida, a massa foi extrudada e os tijolos, cortados. Posteriormente, os tijolos foram colocados para secagem em locais cobertos, durante duas semanas, ou, alternativamente, colocados em estufa, com temperatura entre 60 °C e 65 °C, durante dois dias (Santos et al., 2004).

Após a etapa de secagem, os tijolos foram queimados a 1.000°C, observando-se que os metais pesados eram encapsulados na matriz cerâmica,

impedindo sua lixiviação. Finalizado o processo de queima, o material era resfriado e estocado. O produto final apresentou uma resistência à compressão de 40 a 38 MPa, valores superiores ao especificado pelas normas locais, que variam de 17 a 14 MPa (Santos, 2003).

Um projeto similar à experiência de Porto Elizabeth foi desenvolvido na Catalunha em 1993 e chamado de Ecobrick. Observou-se também que após a queima acima de 1.000 °C, os metais pesados eram encapsulados na matriz cerâmica, uma vez que a fase líquida, formada nas argilas expostas a altas temperaturas, ataca e integra os óxidos metálicos. Dessa forma, os metais não são lixiviados (Arcaro et al, 2016).

Outro estudo de lodo de ETE para fabricação de cerâmica vermelha foi realizado por Balaton et al. (2002) o qual utilizaram lodo de ETE provenientes da indústria galvânica, contendo grandes quantidade de metais pesados e tóxicos. Para viabilizar o uso do lodo galvânico Balaton et al. utilizaram a lama galvânica comum, lama galvânica lavada e uma massa de argilas padrão proveniente dos municípios de Jundiaí e Suzano. Após o preparo das cerâmicas vermelhas a mesmas foram submetidas a testes de lixiviação e solubilização para garantir a estabilidade do produto e não contaminação do mesmo, obtendo resultados satisfatórios para produção de cerâmicas vermelha com 2% de lama galvânica lavada e queimada a 900°C, apresentando características e propriedade próximas da massa de argila padrão utilizado (Carvalho et al, 2015).

Fabricação de tijolos refratários

Os tijolos refratários e isolantes térmicos são produtos cerâmicos de grande interesse, devido às suas propriedades específicas, como elevada área superficial, elevada permeabilidade, baixa densidade e condutividade térmica, as quais estão ainda relacionadas às características dos materiais cerâmicos,

como elevada refratariedade e resistência a ataques químicos (Carvalho et al, 2015).

Segundo estudo de Tay et al. (1991) a mistura de argila e a torta de lodo queimadas em fornos para tijolos com temperaturas a partir de 1.000 °C ganhos de resistência além de características de isolamento térmico devido a sua baixa condutividade térmica e resistência a alta temperatura (Santos et al., 2007).

Segundo estudos realizados por Arcaro et al. (2016), é possível utilizar o lodo de ETE junto com vidro reciclado de garrafa transparente e carbonato de cálcio, como agente formador de poros, para fabricação de isolantes térmicos com propriedades refratárias (Carvalho et al, 2015).

No estudo, a produção em escala laboratorial do material foi realizada utilizando o seguinte procedimento:

- 1) Trituração do vidro de garrafa transparente em britador de martelo;
- 2) Moagem do produto até obtenção de partículas menores que 325 mesh até formação de pó;
- 3) Secagem do lodo de ETE a 110 °C durante 2 h;
- 4) Mistura do lodo seco ao pó de vidro e moagem em moinho de bolas durante 30 min.

Foram testadas formulações com diferentes proporções de lodo, pó de vidro e carbonato de cálcio, variando-se nas proporções: 50% a 70% de pó de vidro, 50% a 30% de lodo de ETE e de 2% a 10% de carbonato de sódio, fabricados a uma temperatura de 750 °C a 1.050 °C durante uma hora. Neste processo, ocorre a decomposição do carbonato de cálcio, formando CO₂ e, consequentemente, gerando a porosidade do refratário. Foram atingidas porosidades de 3% a 62%, e condutividade térmica de 1,25 a 0,5 W/m.K e resistência compressão de 8,7 a 5,4 MPa. Tais características tornam o material produzido um bom candidato para aplicações de painéis para

isolamento térmico, os quais requer combinação adequada de condutividade térmica, porosidade e resistência mecânica (Arcaro et al, 2016).

Conclusão

Com base na revisão bibliográfica levantada sobre a utilização de lodo de ETE de diferentes fontes, observa-se que há diferentes modos de reaproveitamento do lodo, citando-se aplicações em agregados leves, cerâmica vermelha e materiais cimentícios. É possível a utilização até em materiais de significativa relevância, com aplicação mais sofisticada, como na fabricação de tijolos refratários. Diante de tais estudos, podemos concluir que o lodo de ETE tem grande potencial de utilização em diversas áreas, permitindo sua comercialização e reduzindo a necessidade de aterros sanitários.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- Arcaro, S.; Albertin, A.; Cesconeto, F. R.; Maia, B. G. O.; Siligardi, C.; Oliveira, P. N. Isolantes térmicos produzidos a partir de resíduos sólidos industriais. **Cerâmica**, v. 62, n. 361, p. 32-37, 2016.
- Balaton, V. T.; Gonçalves, P. S.; Ferrer, L. M. Incorporação de resíduos sólidos galvânicos em massas de cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 6, p. 42-45, 2002.
- Carvalho, A. C.; Pereira, F. R.; Neto, R. J. B.; Oliveira, A. P. N. Resíduo industrial como matéria-prima alternativa para a produção de filtros cerâmicos refratários. **Cerâmica**, v. 61, n. 359, p. 383-390, 2015.
- CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento. Estudo comprova viabilidade do uso do lodo de esgoto na agricultura. Vitória: CESAN, 10 nov. 2010. Disponível em:

<<https://www.cesan.com.br/noticias/estudo-comprova-viabilidade-do-uso-do-lodo-de-esgoto-na-agricultura/>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Cornélio, R. C. Lodo do esgoto vira adubo orgânico em Botucatu. **Jornal da Cidade**, Bauru, 06 set. 2015. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/Regional/2015/09/lodo-do-esgoto-vira-adubo-organico.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

Flores, D. M.; Oliveira, D. Proposta de unidades ambientais para Bacia do Ribeirão Balainho/Suzano-SP. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Recife, 2010. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/10/66.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Mantuano Neto, R. **Materiais pozolânicos**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. (Monografia de Especialização em Construção Civil).

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

Pinto, K. G. A. Tratamento de efluentes industriais e domésticos. Minicurso do CRQ. 2009. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/Tratamento_de_efluentes_industriais_domesticos_crq2009 [Modo de Compatibilidade].pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.

Prefeitura do Município de Suzano. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Suzano**. 2014. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2017/05/suzano.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Santos, A. D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. (Dissertação de Mestrado em Engenharia).

Santos, A. D.; John, V. M. **Reciclagem do lodo de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP**. São Paulo: EPUSP, 2007. (Série BT/PCC).

Santos, A. D.; John, V. M.; Coelho, A. C. V. Reciclagem do lodo de esgoto: uma alternativa de gestão. Anais do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1102d.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

Takahashi A.; Semura K. A.; Gonçalves M. C.; Kakinami, S. H. Resultados do Programa de avaliação de desempenho da ETE Suzano. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2000. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-098.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.