

### **III-087 - SEGREGAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE AREIA ORIUNDA DE ESTAÇÃO DE CONDICIONAMENTO PRÉVIO DE ESGOTOS PARA PRODUÇÃO DE PISOS CERÂMICOS**

**Bruno Sales de Oliveira Mendonça<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Escola Politécnica da UFBA.

**Luciano Matos Queiroz<sup>(2)</sup>**

Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP (2009). Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA.

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Professor Aristides Novis, 02, Escola Politécnica da UFBA, 4º andar, Depto. de Engenharia Ambiental, Sala 9 – Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: (71) 32839796 - e-mail: lmqueiroz@ufba.br

#### **RESUMO**

No Brasil, existem diversos arranjos tecnológicos para tratamento e disposição dos esgotos domésticos. Todos precedidos de uma etapa de pré-tratamento que tem por finalidade remover sólidos grosseiros e areia, garantindo as eficiências previstas nos processos de tratamento, aumento da vida útil dos equipamentos e a qualidade do efluente final. Uma das possibilidades de aproveitamento e valorização dessa areia segregada no tratamento de esgotos é a incorporação no ciclo produtivo de produtos cerâmicos. Este estudo avaliou o aproveitamento da areia proveniente da Estação de Condicionamento Prévio (ECP) do Sistema de Disposição Oceânica do Jaguaribe (SDOJ), localizado na cidade de Salvador, Bahia. A unidade apresenta uma geração mensal de areia que varia entre 100 ton., no período de estiagem, podendo chegar até 300 ton. em períodos chuvosos. Constatou-se que o peneiramento reduziu bastante a perda de massa ao fogo. Esse fato pode ser justificado pela grande presença de matéria orgânica e material inerte que sedimenta junto com a areia no processo de pré-tratamento do esgoto e o peneiramento consegue reter a maior parte desse material. A partir do aproveitamento, estimou-se uma geração anual de areia e de material retido: 1.710 ton. e 342 ton., respectivamente. Considerando a incorporação de 1% dessa areia no processo produtivo há redução de exploração de área de jazida igual a 1.285,2 m<sup>2</sup>/ano

**PALAVRAS-CHAVE:** Areia, Esgotos, Estação de Condicionamento Prévio, Pisos Cerâmicos, Segregação.

#### **INTRODUÇÃO**

A produção de bens de consumo da sociedade contemporânea acontece em ciclos abertos, nos quais energia, nutrientes e matéria orgânica são convertidos por meio de processos quase sempre, ineficientes caracterizados por perdas elevadas e geração de grandes passivos ambientais para gerações futuras. Segundo Anderson (1998), diante desse cenário, estudiosos desenvolveram um modelo de produção no qual se utilizam as matérias primas de forma racional, evitando-se o desperdício e perdas no processo produtivo e consuntivo. Esse modelo de ciclo fechado, também conhecido como economia circular, se apoia nos fundamentos da escola ecológica e propõe uma troca do paradigma: “reduzir, reutilizar e reciclar” por uma transformação mais profunda e duradoura, que permita diminuir o impacto causado pelas atividades humanas sobre o meio ambiente. Esse modelo concede ao resíduo um papel dominante e se sustenta na reutilização inteligente daquilo considerado descarte, seja de natureza orgânica ou de origem tecnológica. Sob esse enfoque, o resíduo perde a condição de rejeito e se converte em matéria-prima dos ciclos naturais ou se transforma para formar parte de novos produtos tecnológicos, com mínimo de gasto energético, máximo de ganhos econômicos e benefícios para a sociedade e meio ambiente como um todo (Lett, 2014).

No Brasil, existem diversos arranjos tecnológicos para tratamento e disposição dos esgotos domésticos. Todos precedidos de uma etapa de pré-tratamento que tem por finalidade remover sólidos grosseiros e areia, garantindo as eficiências previstas nos processos de tratamento, aumento da vida útil dos equipamentos e a qualidade do efluente final.

A quantificação dessa areia removida dos esgotos ainda não é precisa, uma vez que diversos fatores influenciam a geração. Todavia, alguns autores, a partir de estudos específicos, apontam uma produção que varia entre 0,002 a 0,04 L/m<sup>3</sup> (Jordão e Pessôa, 2014). Esse material é, na maioria dos casos, disposto em aterros sanitários ou, em casos especiais, incinerado. Entretanto, considerando as premissas da economia circular, é desejável que se avalie a segregação e possibilidade de aproveitamento dessa areia em novos ciclos de produtos.

Uma das possibilidades é a aplicação da areia no ciclo produtivo de produtos cerâmicos. A areia é constituída principalmente por sílica associada ao mineral quartzo e quando incorporada na produção cerâmica, contribui para a redução da perda ao fogo (PF), melhorando a plasticidade da massa argilosa, bem como, as propriedades físicas e mecânicas do produto final. Porém, deve-se atentar para a quantidade utilizada por causa dos problemas na etapa da queima que pode ocasionar trincas devido à transformação do quartzo a 573°C (Queiroz *et al.* 2010).

No Brasil, país de dimensões continentais, ainda existe relativa abundância de matéria prima para a produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicas. Entretanto, o intensificado crescimento urbano, dentre outros fatores, tem causado uma valorização nas áreas de jazidas e as áreas disponíveis estão sendo reduzidas, podendo no médio e longo prazo colocar em risco o abastecimento, principalmente, em regiões mais densamente ocupadas. Adicionalmente, toda cadeia produtiva deve se preocupar com a redução dos impactos ambientais gerados por essas indústrias como: erosão, alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, poluição do solo e ar (Grigoletti, 2001; Souza, 2003).

Alexandre *et al.* (2010) mensuraram o impacto ambiental de uma empresa cerâmica de pequeno porte. Admitiram que cada peça de cerâmica seca possuía 2,0 kg. Então, estimaram um consumo mensal de 150 mil toneladas de argila seca. Considerando-se, ainda, que a profundidade média de extração de matéria-prima é de 3,0 m e que a massa específica indeformada, é de 1.400 kg/m<sup>3</sup>, tem-se o valor aproximado de 3,57 ha/mês de área explorável. Esse cálculo resulta em uma estimativa de área igual a 42,8 ha/ano para se chegar à produção de uma empresa de pequeno porte, isso considerando que 100% da matéria-prima é utilizada no processo, o que não é praticado na grande maioria das indústrias brasileiras.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema simples e eficaz para a segregação da areia em uma estação de condicionamento prévio (ECP) de esgoto, bem como, avalia a aplicabilidade desse material como insumo para produção de pisos cerâmicos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Odebrecht Ambiental Jaguaribe S.A.

## MATERIAL E MÉTODOS

O objeto em estudo foi a areia proveniente da Estação de Condicionamento Prévio (ECP) do Sistema de Disposição Oceânica do Jaguaribe (SDOJ), localizado na cidade de Salvador, Bahia. A unidade apresenta uma geração mensal de areia que varia entre 100 ton., no período de estiagem, podendo chegar até 300 ton. em períodos chuvosos. Neste trabalho, quantificou-se a geração de areia mensal da unidade baseada em uma série histórica, entre os anos de 2012 e 2015.

Para suplantarmos a dificuldade da manutenção dos padrões especificados para os insumos da indústria cerâmica, uma vez que a areia retida no condicionamento dos esgotos apresenta variações sazonais de composição, desenvolveu-se e implantou-se uma unidade de peneiramento mecanizada na própria unidade de condicionamento prévio. Antes de projetar as peneiras, realizaram-se testes piloto com a finalidade de estimar a abertura da malha, tempo e intensidade de agitação que permitisse a separação entre a areia e o rejeito. Utilizaram-se peneiras manuais de baixo custo e amplamente disponíveis no mercado. Testou-se uma peneira de areia usada nos canteiros da construção civil, com abertura de malha igual a de 6,0 mm, e outra popularmente conhecida como “peneira de fubá” com abertura de malha igual a 2,0 mm.

Realizaram-se seis campanhas de amostragem e peneiramento, duas campanhas em tempo chuvoso e quatro em tempo seco, registrando-se o volume de material retido na ECP, assim como, o tempo de agitação para atingir aquele volume retido. Considerando o tempo e grau de agitação requerido, definiu-se a necessidade de aquisição de um motor elétrico com uma alta rotação e baixo torque e, então, foram adquiridos dois motores elétricos de 0,5 CV (4 polos) e um outro de 0,5 CV (6 polos).

A partir desses testes, projetou-se uma peneira mecânica que pudesse ser inserida na estrutura já existente na ECP, de modo que a areia peneirada fosse encaminhada por gravidade diretamente na caçamba de coleta de areia e o material retido fosse removido sem a necessidade de uma operação manual. Para a construção das peneiras, utilizaram-se barras de aço, cantoneiras, roldanas de diferentes diâmetros para reduzir a rotação do motor, correias para unir as roldanas e rolamentos para movimentar a peneira dentro dos trilhos.

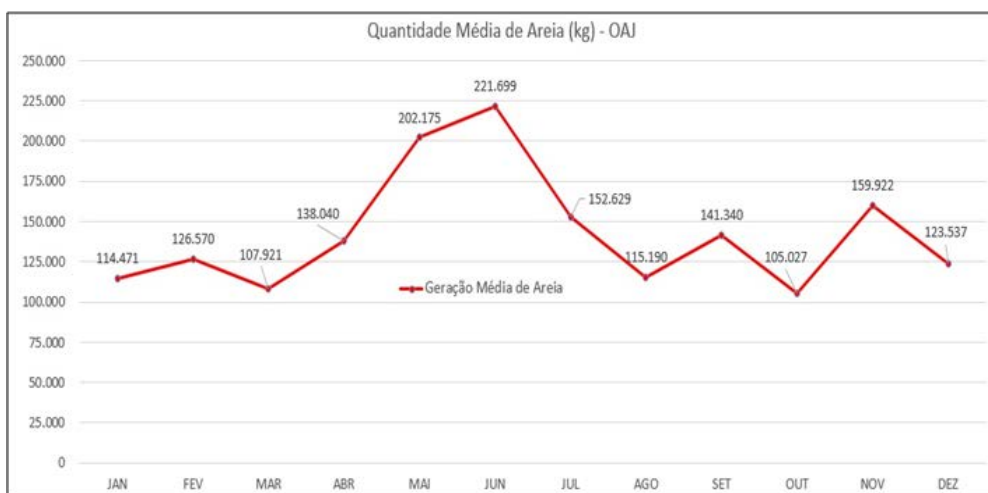
Para análise da adequabilidade da areia à produção de pisos cerâmicos, o material foi caracterizado por meio de ensaios realizados no Laboratório de Caracterização de Materiais (LDCM) do SENAI de Santa Catarina, Brasil. Os testes realizados em triplicata e técnicas analíticas utilizadas estão discriminados na Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros e técnicas analíticas utilizadas para caracterização da areia segregada na ECP.**

Parâmetros	Técnica analítica
Determinação da presença e teor de metais, cátions e ânions	Espectrometria de Fluorescência de raio X
Determinação do teor de sais solúveis (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Total)	Espectrometria de absorção atômica
Determinação da capacidade de troca catiônica (CTC)	Espectrometria de absorção atômica
Análise térmica diferencial	Termogravimetria à 1.400°C

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

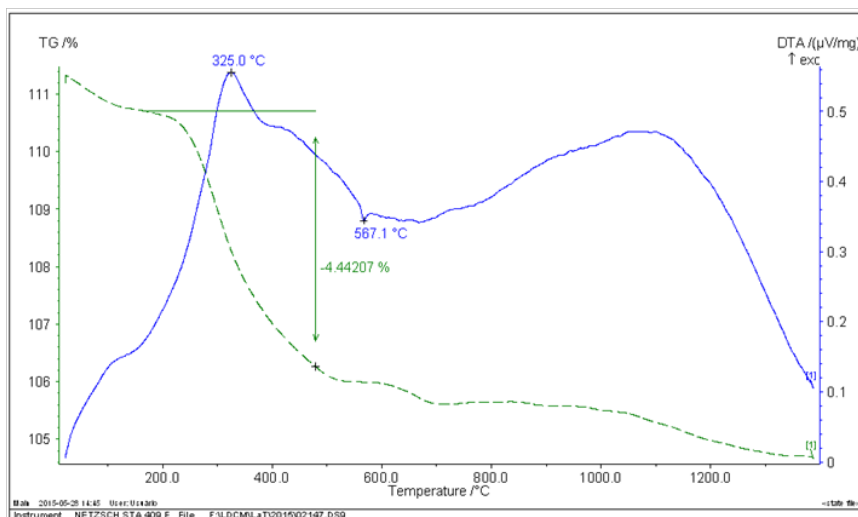
Um dos aspectos relevantes para o cálculo da viabilidade e levantamento dos custos associados à logística de segregação, acondicionamento, estocagem e transporte da areia segregada é a quantificação da geração. A Figura 1 mostra os valores das médias aritméticas em bases mensais de geração de areia na ECP do SDOJ.



**Figura 1: Quantidade de areia retida na ECP do SDOJ entre os anos de 2012 e 2015.**

Quanto ao desenvolvimento do dispositivo para segregação da areia e esperava-se que a peneira com abertura de malha igual a 2,0 mm apresentasse eficiência maior, tendo em vista, que após a realização de um teste granulométrico, comprovou-se que o diâmetro do maior grão da areia retida era igual a 1,0 mm, porém, a peneira de 6,0 mm apresentou um desempenho melhor. Esse fato pode ser explicado pela elevada umidade da areia que gera alguns grumos de difícil separação.

Realizou-se análise termogravimétrica na areia gerada a partir do esgoto em razão da incerteza mineralógica do material e da excessiva presença de matéria orgânica. A Figura 2 mostra os resultados da análise.



**Figura 2. Resultados da análise termogravimétrica da areia segregada na ECP do SDOJ.**

Com base nos resultados apresentados, constata-se que na amostra da ECP a 325°C ocorre um pico exotérmico com uma perda de massa de 4,44% e a 567,1°C ocorreu um pico endotérmico sem alteração de massa. Verifica-se no pico endotérmico, apenas, uma transformação do quartzo alfa para o quartzo beta, uma vez que, o ponto de estabilidade do quartzo alfa ocorre até 573°C. Isso é positivo para o aproveitamento da areia de esgoto para fabricação de pisos cerâmicos, pois, significa que a areia oriunda de esgoto não sofrerá outra perda de massa significativa até os 1.400°C a ponto de interferir nas propriedades mecânicas do produto final e conferir porosidade excessiva ao material.

Quando há certa quantidade de matéria orgânica no corpo cerâmico, pode ocorrer a redução do óxido de ferro durante a queima, gerando o que se conhece popularmente por “coração negro”, ou seja, a dilatação excessiva das peças com a formação de uma porosidade interna que diminui bastante as propriedades mecânicas do produto final (Andrade *et al.* 2005). Para processos que exigem alta qualidade, a exemplo dos pisos cerâmicos, a formação do coração negro não é desejável. Portanto, a fim de caracterizar o subproduto quanto à composição química e a perda de massa ao fogo, realizou-se uma campanha do material bruto cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2: Caracterização química da areia antes e após a etapa de segregação e peneiramento.**

Óxidos e Hidróxidos	Amostra sem peneiramento - Teor (%)	Amostra peneirada* - Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,51	1,57
CaO	1,27	0,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,76	1,18
K <sub>2</sub> O	0,27	0,11
MgO	0,18	0,12
MnO	< 0,05	< 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,26	< 0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,34	0,20
SiO <sub>2</sub>	83,10	92,89
TiO <sub>2</sub>	0,30	0,39
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-
Li <sub>2</sub> O	-	-
BaO	0,13	0,07
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	< 0,1	< 0,1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	< 0,1	< 0,1
PbO	< 0,1	< 0,1
SrO	0,10	0,09
ZnO	< 0,1	< 0,1
ZrO <sub>2</sub>	< 0,1	< 0,1
<b>Perda ao Fogo</b>	<b>9,75</b>	<b>2,73</b>

Legenda: \* média aritmética de três amostras de campanhas de coleta distintas

Constatou-se, então, que majoritariamente a areia removida do esgoto é composta por óxidos de sílica (SiO<sub>2</sub>) e que o material antes do peneiramento possui elevada perda ao fogo. O percentual desejado de perda de massa ao fogo era de até 2%, para não haver possibilidade de formação do “coração negro”, nem porosidade excessiva no produto final. Embora os percentuais de perda de massa ao fogo do material não peneirado tenham sido elevados, realizou-se um teste de incorporação dessa amostra de areia da ECP na massa de fabricação do piso cerâmico. Contudo, adicionou-se, também, mais sílica a fim de reduzir o percentual de perda de massa e os resultados foram positivos. Não houve formação do “coração negro” nem de porosidade e a qualidade do produto final permaneceu inalterada.

Apesar do resultado positivo do aproveitamento da areia sem peneiramento, realizaram-se mais três campanhas na ECP com a areia peneirada para observar qual a influência do peneiramento sobre a propriedade de perda de massa ao fogo. Acreditava-se que com o peneiramento, haveria a remoção da matéria orgânica e das impurezas presentes no subproduto. As campanhas foram realizadas com frequência mensal e os resultados, expressos como média aritmética das campanhas, estão também apresentados na Tabela 2.

Os resultados mostraram que o peneiramento reduziu bastante a perda de massa ao fogo. Esse fato pode ser justificado pela grande presença de matéria orgânica e material inerte que sedimenta junto com a areia no processo de pré-tratamento do esgoto e o peneiramento consegue reter a maior parte desse material.

Com o peneiramento, esperava-se uma redução da quantidade de areia em função da retenção do material não peneirado. A partir de testes experimentais, obteve-se, então, um valor médio de 20% de retenção dos materiais na peneira de 6,0 mm. A partir desse valor, estimou-se a geração anual de areia e de material retido: 1.710 ton. e 342 ton., respectivamente. Em razão dessa geração média mensal de areia e da demanda de produção já existente por parte da indústria cerâmica, calculou-se a incorporação de 1% dessa areia nos lotes para produção de pisos cerâmicos. Essa incorporação não garante, por parte da empresa cerâmica, a paralisação da extração de areia do meio ambiente, tendo em vista que o aproveitamento de areia da ECP não consegue atender a toda sua demanda. Entretanto, consegue-se constatar um ganho ambiental em relação à redução da extração de matéria-prima no meio ambiente. Baseado nos impactos calculados por Alexandre *et al.* (2010), a economia de 1% da extração da argila reduziria a demanda por área de jazida a uma taxa de 1.285,2 m<sup>2</sup>/ano de área, considerando o pior cenário.

## CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, concluiu-se que:

O aproveitamento da areia proveniente do processo de condicionamento prévio do esgoto para a produção de piso cerâmico é possível.

O peneiramento em peneira com abertura de malha igual a 6,0 mm mostrou-se eficiente para manutenção das características mineralógicas da areia, remoção da matéria orgânica particulada e produção de material adequado à incorporação na fabricação de pisos cerâmicos.

A partir do aproveitamento, estimou-se uma geração anual de areia e de material retido: 1.710 ton. e 342 ton., respectivamente. Considerando a incorporação de 1% dessa areia no processo produtivo há redução de exploração de área de jazida igual a 1.285,2 m<sup>2</sup>/ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDRE, J.; XAVIER G. C.; ALVES, M. da G.; RAMOS, I. de S.; PAES, H. M. F. Estudo de alternativas para minimizar o impacto ambiental em área de exploração de argilas no município de campos dos Goytacazes, RJ. Revista Vértices, v. 12, n. 2, p. 7 – 18, 2010.
2. ANDERSON, R. C. Mid-Course Correction - Toward a Sustainable Enterprise: The Interface Model. Atlanta: The Peregrinzilla Press, 1998. 232 p.
3. ANDRADE, M. C., SAMPAIO, J. A., DA LUZ, A. B. RMIs: Rochas e Minerais para Cerâmica de Revestimento. Rio de Janeiro. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Cap. 27. p 559-581. 2005.
4. GRIGOLETTI, G. C.; SATTTLER, M. A. Estratégias Ambientais para indústrias Cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Ambiente Construído, v. 3, n. 3, p. 19 - 32, 2003.
5. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Editora da ABES, 2014. 1050 p.
6. LETT, L. A. Las Amenazas Globales, el Reciclaje de Residuos y El Concepto de Economía Circular. Revista Argentina de Microbiología. v. 46, n. 1, p. 1 – 2, 2014.
7. QUEIROZ, L. F. T.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. Efeito da Utilização de Areia no Processamento e nas Propriedades de Cerâmica Vermelha. Cerâmica. v. 56, p. 279 – 284, 2010.
8. SOUZA, S. F. A. Indústria Cerâmica de Pedreira e seus Impactos Ambientais: subsídios para uma gestão ambiental pública. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2003.