

II-114 - APROVEITAMENTO DA AREIA EXTRAÍDA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Márcia Regina Pereira Lima ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes-campus Vitória).

Priscila Aparecida de Andrade Pires Duarte

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Engenheira Ambiental pela Faculdade Integrada Espírito-Santense. Mestranda em Tecnologias Sustentáveis pelo IFES.

Christian Mariani Lucas dos Santos

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutorado em Ciências dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia (IME). Professor do Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes-campus Vitória).

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara - Vitória - ES - CEP: 29.010-490 - Brasil - Tel: (27) 3331-2188 - e-mail: marcialima@ifes.edu.br.

RESUMO

Em busca de um desenvolvimento mais sustentável, a reciclagem de resíduos vem ganhando destaque como uma das principais alternativas para preservar os recursos. Nas etapas de tratamento de esgoto, identificou-se um resíduo com possibilidade de reaproveitamento nas obras de expansão de rede de esgoto e demais obras da construção civil: a areia. Diante deste cenário, buscou-se avaliar estudos já realizados sobre a temática para analisar a viabilidade do reúso da areia extraída nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na construção civil após tratamento, por se tratar de um resíduo contaminado. As três pesquisas analisadas apresentaram metodologias diferentes, mas tendo como principal objetivo estabelecer procedimentos para eliminação de microrganismos patogênicos da areia, tais como a *Escherichia Coli* e ovos de helmintos. Além disso, avaliaram a composição granulométrica e teor de matéria orgânica, itens fundamentais na especificação de agregado miúdo. Os resultados obtidos demonstraram que os tratamentos propostos foram eficientes, demonstrando a viabilidade da substituição da areia comercial pela areia extraída da ETE, após tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, Areia, Patógenos, Reúso.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos no Brasil tem sido um dos temas de discussão devido ao seu crescimento e as escassas possibilidades de seu manejo, visto que a principal forma de destinação final adotada entre os municípios do Brasil é o lançamento à céu aberto (IBGE, 2010). Nos locais onde há aterro sanitário, este aumento também tem provocado transtornos, visto que a capacidade dos aterros tem sido prejudicada e sua vida útil diminuído.

De acordo com dados Censitários de 2010 (IBGE, 2011), a população cresceu 20 vezes desde o início do recenseamento em 1872, e a geração de resíduos tem acompanhado este crescimento. Devido a isso, os aterros atuais estão tendo que adaptar suas áreas a fim de atender a crescente demanda e o conceito de reúso e reciclagem tem se despontado como importantes alternativas para auxiliar no aumento da vida útil dos aterros sanitários (JACOB; BESEN, 2011).

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) tem aproximadamente 1,9 milhões de habitantes, com 66% da população com acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgoto, de acordo com o concessionário que atende a região (CESAN, 2017). São tratados 4 milhões de m³ de esgoto por mês em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com tratamento do tipo Lodos ativados, Biofiltro Aerado Submerso, Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ou Lagoas com diferentes arranjos.

No tratamento dos esgotos, são gerados e extraídos subprodutos nas fases líquida, sólida e gasosa que deverão receber tratamento adequado antes de sua disposição ou reutilização (AZEVEDO, 2014). Estes resíduos são gerados em quantidades elevadas e, assim, sua destinação adequada depende de alto custo e complexidade, demandando uma preocupação e atenção especiais (AZEVEDO, 2014). Logo, promover a reutilização destes resíduos torna-se uma boa ferramenta de desenvolvimento sustentável.

Dentre estes resíduos, têm-se a areia extraída na fase do pré tratamento, na unidade denominada desarenador ou caixa de areia que são decantadores com baixo tempo de detenção hidráulica, que favorece a sedimentação da areia à velocidade levemente elevada (VON SPERLING, 2005). A areia retirada é, normalmente, depositada em caçambas para posterior encaminhamento ao aterro sanitário.

De acordo com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), são extraídas das ETE, aproximadamente, 265 m³ de areia por mês que são dispostas em aterros sanitários, a um custo, aproximado, de R\$ 12 mil por mês para seu gerenciamento (CESAN, 2017). Assim, ao estudar alternativas que promovam sua reutilização é possível promover ganhos ambientais significativos com a não extração de areia utilizada na construção civil, além de tornar o processo de tratamento de esgoto mais sustentável e minimizar o uso do aterro sanitário como alternativa de disposição final deste material.

Neste contexto, é importante o desenvolvimento de pesquisas que objetivem tornar este resíduo um insumo, após tratamento, para ser reaproveitado nas obras de construção civil como agregado miúdo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na busca por publicações sobre as possibilidades de reaproveitamento das areias extraídas das ETE, notou-se uma escassez de pesquisas sobre o assunto e que o lodo, o biogás e a água de reúso são os subprodutos mais estudados. Segundo Yamane (2007), isso pode ser visto também na legislação existente sobre reúso de resíduos no Brasil, visto que não há regulamentação referente à areia retirada das ETE.

Para o levantamento de pesquisas sobre o assunto foram realizadas buscas no Portal de Periódicos da Capes e, também foram realizadas buscas por meio de outros sites de pesquisa acadêmicas tais como Scielo e Google Acadêmico, tendo como palavras chave: areia, tratamento, esgoto e reúso.

Para análise três pesquisas foram escolhidas, considerando o tipo de tratamento a que foi submetida a areia extraída das ETE (procedimentos distintos). Seguindo a ordem cronológica de realização das pesquisas, serão discutidos os resultados destes três estudos:

- Estudo 1 (E1) - “Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de Estações de Tratamento de Esgoto”, realizada no município de Vitória, Espírito Santo (YAMANE, 2007);
- Estudo 2 (E2) - “Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na construção civil”, realizada no município de Barueri, São Paulo (GASPARIM, 2013);
- Estudo 3 (E3) - “Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de Estações de Tratamento de Esgoto”, realizada no município de São Carlos, São Paulo (BORGES, 2014).

Estes três estudos serão comparados no que diz respeito ao atendimento à NBR 7211 – Agregados para concreto: especificação, metodologia aplicada e resultados obtidos (ABNT, 2005), que descreve os requisitos necessários do agregado miúdo para ser utilizado no concreto, com apresentação de limites e testes a serem realizados nos materiais. Apesar da norma ABNT 7211 não ser aplicável aos agregados (subprodutos) obtidos por processos industriais e aos materiais reciclados, esta norma será utilizada como referencial para comparação, pois os três estudos a usaram para caracterizar a areia. No entanto, cabe ressaltar que a areia extraída de ETE é um material que foi carregado até este local, não sendo gerado durante o tratamento dos esgotos.

Além disso, serão avaliadas as metodologias utilizadas para o tratamento da areia, bem como os parâmetros analisados nas amostras. O principal objetivo destes estudos é remover matéria orgânica e patógenos para tornar a areia apta para manuseio e reúso, visto que eles são enfáticos na apresentação da necessidade de tratamento da areia antes da sua utilização, por se tratar de um material contaminado.

RESULTADOS

Os estudos apresentam semelhanças nas justificativas das pesquisas no que diz respeito às dificuldades de destinação deste resíduo, seja por falta de aterro sanitário suficiente, seja na preocupação de impactos negativos que podem ocorrer pela destinação inadequada.

Parâmetros monitorados

O tratamento da areia antes de seu uso visa torná-la semelhante à areia comercial, satisfazendo os requisitos previstos na NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação, na qual preconiza que para ser considerado apto para ser utilizado, o agregado miúdo deve satisfazer os requisitos de granulometria, substâncias nocivas e durabilidade (ABNT, 2005).

Avaliando os estudos no quesito Granulometria, tanto em E1 quanto em E2, a curva de distribuição granulométrica da areia extraída das ETE se encontra entre os limites da zona utilizável, satisfazendo a norma para uso desta areia em concretos. Já em E3, os limites inferiores da zona utilizável para as malhas de 1,18mm e 600µm não foram atendidos. A explicação que Borges (2014) descreve é que durante a etapa de peneiramento todos os resíduos com granulometria maior que 1,18mm foram removidos.

No quesito Substâncias Nocivas, houve diferença entre os estudos analisados com relação à detecção de impurezas. A única semelhança entre os três estudos é que eles não realizaram as análises de torrões de argila e materiais friáveis; de Materiais Carbonosos, sendo que também não comentaram sobre a ausência destes materiais na areia, o que dispensaria sua realização; e a de material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem (material pulverulento).

Com relação à análise para Deteção de Impurezas Orgânicas, conforme ABNT NBR 49 (ABNT, 2001), E1 e E3 apresentaram resultados compatíveis ao atendimento desta norma. Em E1, a autora obteve resultados satisfatórios, com coloração da amostra tratada mais clara do que a solução-padrão, o que satisfaz mais um quesito prescrito para agregado miúdo. Já em E3, a solução da areia da ETE se mostrou mais escura que a solução padrão, mesmo após lavagem e secagem. Conforme a NBR 7211, quando a coloração da amostra for mais escura do que a solução padrão, deve ser realizado o ensaio de diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos, previsto na ABNT NBR 7221 (ABNT, 2005). No entanto, não foi observado no estudo este procedimento.

Em E3 foram realizadas análises de Matéria Orgânica após diferentes procedimentos térmicos pelos quais a areia é submetida (autoclave a 90°C e forno rotativo a 140°C). Não foram apresentados os resultados conforme preconiza a NBR 49, sendo expresso em percentual referente à areia seca (após tratamento pela autoclave e pelo forno rotativo). O autor analisou o resultado conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 375/05, e o mesmo descreveu que os resultados demonstravam que a areia estava apta para o uso.

O requisito Durabilidade diz respeito à detecção de teores de cloretos e sulfatos na areia e sua determinação é uma das mais importantes na caracterização do agregado miúdo, pois o cloreto é o principal agente corrosivo do concreto armado (NERI; VILAR, 2013). Como não é possível identificar com precisão a origem da areia que é removida nas ETE, a realização desta análise se torna fundamental para atestar quais usos a areia poderá ter na construção civil.

Nos três estudos, não foram realizadas análises considerando os métodos de ensaio e limites máximos previstos na NBR 7211 (ABNT, 2005) para conferência do requisito durabilidade. Em E3, foram realizados ensaios de cloretos e sulfatos somente dos corpos de prova de concreto e argamassa, preparados com a areia.

Metodologias adotadas no tratamento das areias

Com relação à metodologia aplicada para tratamento das areias, os métodos utilizados, bem como as análises realizadas referentes à desinfecção da areia estão apresentadas na Tabela 1.

Importante salientar que em E2 e E3 os pesquisadores realizaram, além do tratamento da areia, corpos de prova de concreto e argamassa para avaliar a efetividade da areia da ETE como agregado miúdo após o tratamento. Como em E1 não há esta etapa, ela não será discutida neste artigo.

Tabela 1 – Comparativo de métodos

Estudo	Métodos	Análises	Referência
E1	Caleagem da areia com dosagens entre 10% a 30%, após 20 dias de repouso da areia	Coliformes totais e termotolerantes, ovos de Helmintos, pH, umidade e Matéria Orgânica	Yamane (2007)
E2	Lavagem da areia com água de reúso e desinfecção térmica por autoclave à 90°C e forno rotativo à 140°C	Coliformes totais e termotolerantes, pH e Matéria Orgânica	Gasparim (2013)
E3	Repouso da areia por 5 dias para desaguamento, peneiramento na malha de 1,18mm para retirada de sólidos grosseiros, lavagem em betoneira com água potável e hipoclorito de sódio (NaClO) com concentração de 12%, e secagem durante 10 dias	Umidade, sólidos totais voláteis, Coliformes totais e termotolerantes	Borges (2014)

Em E1, a metodologia aplicada envolveu 4 fases antes da realização do estudo piloto, no qual definiu-se as dosagens apropriadas para a cal hidratada. Nas Fases 1 e 2, houve a caracterização do resíduo e testes de alternativas de higienização, utilizando a caleagem, cloração e insolação natural. Como a caleagem obteve resultados mais satisfatórios, a areia foi submetida às etapas da Fase 3 para verificar a dosagem mais viável para desinfecção com relação à areia úmida.

Na Fase 4 foram realizados os ajustes necessários detectados na Fase 3, e no Estudo Piloto foram realizados testes de caleagem com dosagens de 10% a 30% que foi o intervalo que melhor apresentou eficiência de desinfecção.

Em E2, o pesquisador propôs tratar o lodo e a areia removidos do tratamento de esgoto, por meio de desinfecção térmica. A autoclave e o alto forno utilizaram como combustível o biogás captado no próprio tratamento de esgoto. Além disso, o pesquisador utilizou estes resíduos tratados na fabricação de blocos de concreto para alvenaria, com realização de ensaios correspondentes ao material produzido.

Em E3, foram confeccionados corpos de prova de concreto e argamassa, contudo, o tratamento da areia ocorreu por meio da desinfecção pelo hipoclorito de sódio. Neste estudo também foram avaliadas a potencialidade de utilização da gordura removida no tratamento preliminar de esgoto, além do material flutuante retido nos processos anaeróbio ou aeróbio.

A partir dos métodos aplicados, obtiveram-se os resultados expressos nas Tabelas 2 a 5. Como não há uma legislação específica para areia removida das ETE (BORGES, 2014), os pesquisadores utilizaram, como referência de eficiência do tratamento utilizado, a normatização de lodo de esgoto e areia de contato primário, que apresentam limites máximos permitidos, visando seu reúso ou manuseio, respectivamente.

Com relação ao lodo, a referência foi a Resolução CONAMA n° 375 (CONAMA, 2006), que define os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em ETE, e foi utilizada por E1 e E2. Com relação à areia de contato primário, como não há limites estabelecidos pela legislação brasileira (YAMANE, 2007), tanto E1 quanto E3 utilizaram os valores propostos por pesquisadores portugueses no “Guideline for Microbiological Quality of Sands” (MENDES *et al.*, 1993, *apud* BORGES, 2014).

Em E1 e E2, apesar de terem utilizado a Resolução CONAMA n° 375 como referência, não foram observadas análises de *Salmonella* e vírus entérico, conforme previsto nesta resolução para caracterização do lodo quanto à presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos. No caso de E2, conforme apresentado na Tabela 3, também não foi constatada a análise de ovos viáveis de helmintos.

Tabela 2 – Resultados obtidos na pesquisa E1

Parâmetro	Resultados
Coliformes Totais	Nas dosagens acima de 15% de cal hidratada houve remoção total após 48h (<1 NMP/100mL)
<i>Escherichia Coli</i>	Em todas as dosagens, houve remoção total após 2 dias de contato (<1 NMP/100mL)
Ovos de Helmintos	Em todas as dosagens, houve remoção total após 2 dias de contato (<1 NMP/100mL)
pH	No período total de contato (7 dias), a média de pH nas diferentes dosagens foi de 12,29
Umidade	10,54% com relação à areia tratada
Matéria Orgânica	As dosagens de 10% e 15%, que foram as amostras utilizadas para análise de acordo com NBR 49, apresentaram coloração abaixo do limite estabelecido

Fonte: adaptado de Yamane (2007)

Tabela 3 – Resultados obtidos na pesquisa E2

Parâmetro	Resultados por autoclave	Resultados por forno rotativo
Coliformes totais	<10 ³ NMP/g ST	<1 NMP/g de ST
<i>Escherichia Coli</i>	<10 ³ NMP/g ST	<1 NMP/g de ST
pH	5,89	5,43
Umidade	22,76% com relação à areia tratada	0,40% com relação à areia tratada
Matéria Orgânica	4,58% com relação à areia tratada	2,80% com relação à areia tratada

Fonte: adaptado de Gasparim (2013)

Com relação a E1 e E3, os parâmetros previstos na referência utilizada para areia de contato primário são os Coliformes Totais e Termotolerantes, além de Streptococos Fecais e *Candida sp* (BORGES, 2014). Conforme apresentado nas Tabelas 2 e 4, não foram constatados resultados com relação às análises de Streptococos Fecais e *Candida sp* nestes estudos.

Tabela 4 – Resultados obtidos na pesquisa E3

Parâmetro	Resultados
Coliformes totais	1,96E+02 NMP/100 mL
<i>Escherichia Coli</i>	Ausência
Sólidos Totais Voláteis	Remoção de 69,3% (0,96% com relação à areia tratada)
Umidade	Remoção de 99,4% (0,1% com relação à areia tratada)
Matéria Orgânica	As amostras ficaram mais escuras do que a solução padrão da NBR 49

Fonte: adaptado de Borges (2014)

Nos três estudos, os pesquisadores destacaram que os resultados atenderam aos requisitos legais utilizados como referências, e atestaram a sua viabilidade de reúso na construção civil, considerando as condições mais favoráveis para o tratamento e uso.

Em E1, a pesquisadora destacou que a dosagem de 10% com 1 semana de tratamento possibilitou a remoção de bactérias e ovos de helmintos, satisfazendo os limites expressos na Resolução CONAMA nº 375. Nesta resolução, os limites máximos para lodo classe A são: Coliformes Termotolerantes < 10³ NMP/g de ST e ovos de Helmintos < 0,25 ovo/g de ST.

Se comparado aos valores proposto pelo “Guideline for microbiological Quality of Sands” (MENDES *et al.*, 1993, *apud* BORGES, 2014) para areia de contato primário, os resultados também atendem, visto que para Coliformes Totais o máximo permitido é 1,00E+06 NMP/g de ST e Coliformes termotolerantes é 1,00E+05 NMP/g de ST.

Em E2, os resultados, também atendem ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 375, visto que os resultados, tanto na desinfecção térmica por autoclave quanto em forno rotativo, foram abaixo do limite estabelecido para Coliformes Termotolerantes.

Em E3, a pesquisadora apresenta que é viável a utilização da areia residual como agregado miúdo na incorporação de argamassas para revestimento e preparação de concreto não estrutural. Os resultados foram satisfatórios para os parâmetros de Coliformes Totais e Termotolerantes de acordo com os limites estabelecidos por Mendes *et al.* (1993, *apud* BORGES, 2014).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio dos variados tratamentos mostraram a possibilidade de substituição da areia comercial pela areia removida nas ETE para determinados fins na construção civil, considerando os parâmetros analisados. Contudo, algumas avaliações previstas nas referências legais utilizadas nos estudos não foram realizadas, sendo importantes na delimitação dos usos esperados para a areia da ETE.

Sendo assim, sugere-se a realização da avaliação dos parâmetros não monitorados, a fim de que as normatizações utilizadas sejam atendidas integralmente. Este atendimento pode reforçar ainda mais a viabilidade do uso da areia, com possibilidade de ampliação do seu uso.

Espera-se, com isso, impulsionar novos estudos para que a prática de reúso de resíduos extraídos de ETE torne o processo de tratamento de esgoto mais sustentável e difundido, para ganhos sociais, econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 49**: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro. 2001.
2. _____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
3. AZEVEDO, L. S. **Aproveitamento dos subprodutos gerados nas Estações de Tratamento de Esgoto de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.
4. BORGES, N. B. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.
5. **COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO**. Espírito Santo, 2017.
6. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.
7. GASPARIM, J. C. **Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na construção civil**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2013.
8. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE**. Sinopse do Censo Demográfico de 2010. Rio de Janeiro, 2011.
9. _____. Pesquisa Nacional do Saneamento Básico de 2008. Rio de Janeiro, 2010.
10. JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estud. Av.**, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, Abr. 2011.
11. MENDES, B.; NASCIMENTO, M. J.; OLIVEIRA, J. S. Preliminary characterisation and proposal of microbiological quality standard of sand beaches. *Water Science and Technology*, v. 27, n. 3-4, p. 453-456, 1993 *apud* BORGES, Nayara Batista. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.
12. NERI, K. D. ; MEIRA G.R ; VILAR, E.O. . Estudo de corrosão do concreto armado submetido ao ataque de cloretos e sulfatos. In: **IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estrutura**, p. 48, João Pessoa, 2013.
13. VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
14. YAMANE, L. H. **Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de tratamento de esgoto**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.