

III-225 - REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DA CAIXA DE AREIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Micheline Damião Dias Moreira⁽¹⁾

Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFRN. Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Engenharia de Instalações Prediais pela Universidade Potiguar (UNP). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Marcela de Oliveira Torres Bezerra Freire

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Rafaella Fonseca da Costa

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Amanda Bezerra de Sousa

Engenheira Civil pela UFERSA. Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professora substituta da UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Av. Sen. Salgado Filho, S/N, UFRN - Campus Universitário, LARHISA, sala 14, Lagoa Nova, Natal-RN-CEP-59072-970, Brasil – Tel: (84) 3215-3724/ 988993050/e-mail: michelineddm@hotmail.com

RESUMO

A necessidade de adotar medidas sustentáveis nas mais diversas atividades é uma realidade enfrentada em todo o mundo, inclusive no Brasil. Esta postura se torna urgente na construção civil, por ser responsável pela produção de aproximadamente metade dos resíduos do país, além da utilização em grande escala da areia retirada dos leitos dos rios, o que pode implicar no esgotamento de suas reservas. Nesse contexto, se faz necessária a busca de novas fontes de obtenção desta matéria prima. Aliado a isto, há um grande volume de areia descartado anualmente, resultado dos tratamentos de desarenação presentes nas estações de tratamento de esgoto, que é direcionado para aterros sanitários, de modo a refletir no consumo de grande parte da sua capacidade. Desse modo, o presente trabalho visa analisar a possibilidade da aplicação da areia proveniente das caixas de areia de estações de tratamento de esgoto nas atividades da construção civil, assim como analisar os impactos financeiros e consequências ambientais desta aplicação. Para tanto, foi realizado um processo de limpeza do resíduo por meio da utilização de cal hidratada e exposição solar, em busca de obter um material de seguro manuseio e passível a ser utilizado. Os resultados obtidos demonstraram que essa metodologia se mostrou extremamente eficaz na remoção dos coliformes totais e Escherichia Coli, por desinfetar quase que totalmente o resíduo, além de resultar em diminuição da quantidade de matéria orgânica. Ademais, foram realizados ensaios de umidade e curva granulométrica que avalia a utilização do material na construção civil. O tratamento proposto foi eficiente para o objetivo, demonstrando a viabilidade da substituição da areia comercial pela areia extraída da ETE, após tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Sustentabilidade, Reuso de resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

De acordo com dados Censitários de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população cresceu 20 vezes desde o início do recenseamento em 1872 e, consequentemente, a geração de resíduos também, o que tornou sua destinação final razão de discussão e estudos frente às escassas alternativas existentes. O Brasil tem o lançamento à céu aberto como sua principal forma de destinação final (IBGE, 2010), prática extremamente prejudicial ao meio ambiente. Além disto, mesmo em locais onde há aterro sanitário, a geração descontrolada de resíduos tem criado transtornos, posto que a capacidade dos mesmos tem sido prejudicada e sua vida útil reduzida pela crescente demanda (DUARTE, LIMA E SANTOS, 2018).

Diante da urbanização acelerada, crescem também a necessidade e a ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário. Assim, o surgimento da Política Nacional de Saneamento (PLANSAB) e a exigência do cumprimento da legislação com relação ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos, aumentam a demanda por sistemas

de tratamento eficientes para o afluente gerado pela população. Ainda que os sistemas utilizados para o tratamento de esgoto doméstico tenham se desenvolvido de modo a culminar em processos de altos níveis tecnológico, a destinação dos resíduos sólidos gerados por eles carece de estudos e aperfeiçoamento, tendo em vista que seguem sendo depositados no meio ambiente, seja no próprio terreno da estação de tratamento de esgoto (ETE) ou destinando-os para aterros sanitários.

O grande volume ocupado por resíduos provenientes de estações de tratamento de esgoto, especialmente a areia oriunda ao processo de desarenação, que se apresenta como objeto de estudo desse projeto, têm sido responsáveis por consumir grande parte da capacidade de aterros sanitários, além de prejudicar o meio ambiente. Inclusive, estudos de análise da viabilidade de reutilização deste material, principalmente no ramo da construção civil, vêm sendo realizados. Borges (2014) verificou o elevado potencial de aproveitamento da areia removida dos desarenadores como agregado miúdo na incorporação de argamassas para revestimento e preparação de concreto não estrutural. Já Gasparim (2013) concluiu pela viabilidade técnica e econômica da produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural, mediante utilização, como agregado miúdo, de areia oriunda de estação de tratamento de esgotos, desde que devidamente tratada. Colpas (2010), por sua vez, afirma a existência da produção de blocos de cimento com resíduos de tratamento de esgoto e avalia suas consequências quanto ao crescimento de fungos, comprovando viabilidade.

Diante disso, o presente trabalho visa estudar o reaproveitamento da areia oriunda ao processo de desarenação na indústria da construção civil, como uma alternativa sustentável para destinação deste material, a fim de amenizar os impactos ambientais gerados pelo seu descarte.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na estação de tratamento do Baldo (ETE Baldo), localizada na cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte. O sistema é composto por tratamento preliminar (gradeamento grosso e fino, seguido de caixa de areia), UASB (Reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo), unidade de câmara anóxica, tanque de aeração com biodiscos, e por fim, decantação secundária. Além disto, possui tratamento complementar de desinfecção por ultravioleta. O lodo gerado também é, em parte, reaproveitado ao longo do sistema e seu excedente é devidamente tratado através da centrifugação para ser destinado à disposição final em aterro sanitário.

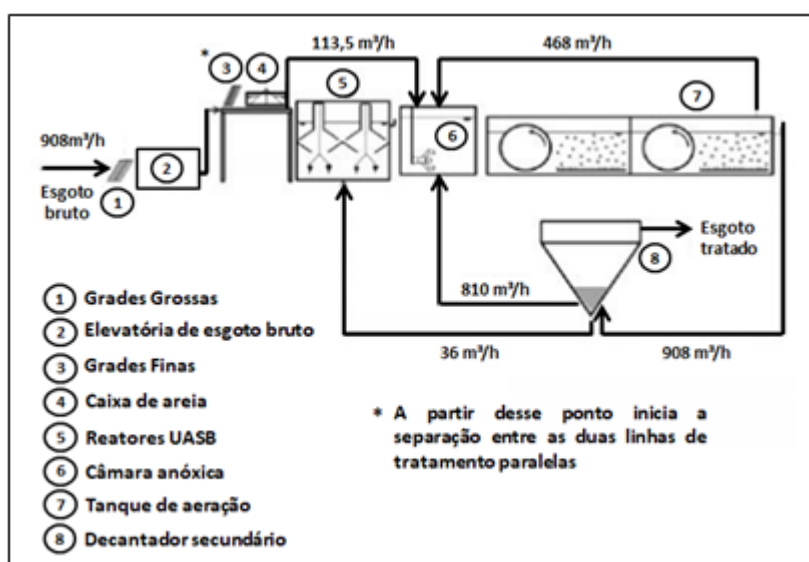


Figura 1 - Esquema representativo de uma das linhas de tratamento da ETE Baldo, com suas respectivas vazões de circulação. Fonte: Ferraz (2014).

O estudo consiste na análise da possibilidade de reutilização do resíduo, proveniente da caixa de areia da estação supracitada, como matéria prima da construção civil. Para isso, inicialmente foi necessário analisar a quantidade desse resíduo resultante do processo de tratamento nessa estação. Segundo informações fornecidas pela empresa responsável pelo gerenciamento da ETE, a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN), tomando como base os dados do ano de 2017, foi identificado o volume tal qual expresso no gráfico a seguir:

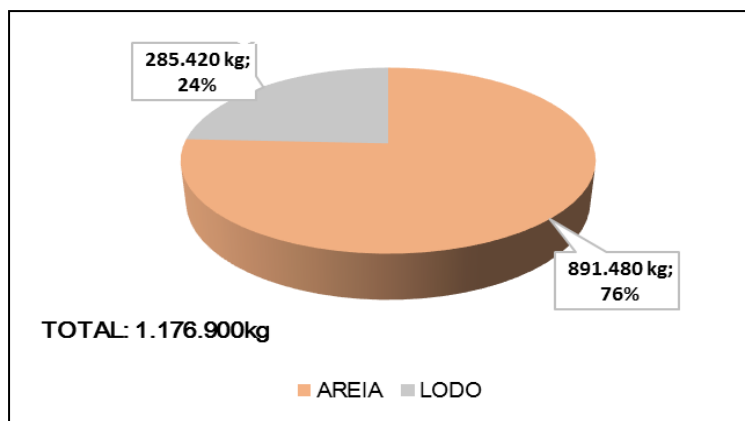


Figura 2 - Resíduos sólidos gerados pela ETE do Baldo no ano de 2017, em kg. Fonte: CAERN (2018) adaptada.

Ao longo deste tópico, serão desenvolvidos os procedimentos adotados para a realização do trabalho, que são divididos em cinco (5) etapas, conforme o esquema abaixo:

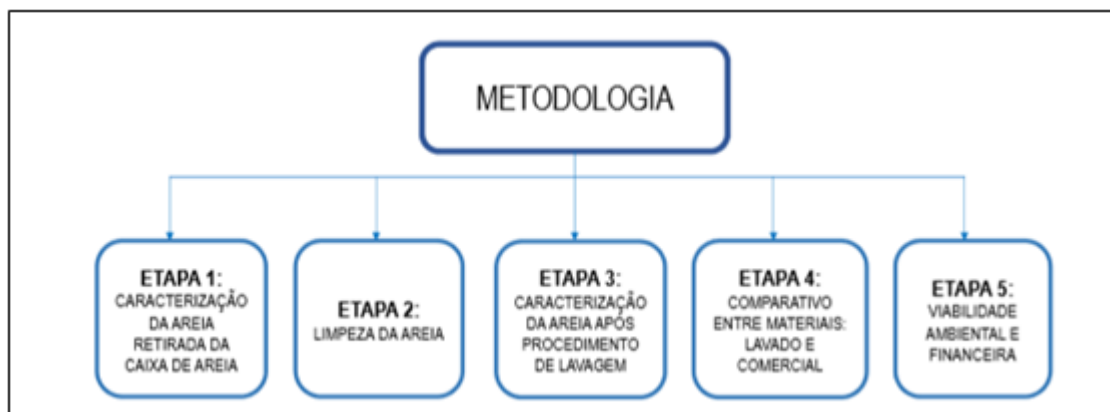


Figura 3 - Esquema da metodologia utilizada. Fonte: Autor.

ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA AREIA PROVENIENTE DA CAIXA DE AREIA

Buscando conhecer as características específicas da areia em estudo utilizou-se os parâmetros existentes para o esgoto bruto da estação de tratamento de esgoto, posto que a areia está inserida exatamente neste efluente, o que indica que apresentam características físicas similares, como a demanda bioquímica e química (DBO e DQO), coliformes totais e termotolerantes. Estes parâmetros são fundamentais para avaliar uma possível metodologia de limpeza da areia e sua utilização futura, uma vez que valores excessivos desses indicadores sugerem riscos à saúde dos usuários do material.

Tabela 1 – Resultados de diversos parâmetros medidos no esgoto da ETE no mês de Agosto de 2018.

Parâmetro	Valor médio no mês
pH	7,42
DQO(mg/L)	299,16
SST	569,71
Coliformes/E.Coli	5,00E+09

Fonte: CAERN (2018) adaptado

Além disso, foi analisado o aspecto visual da areia presente nas caçambas de descarte, onde foi possível identificar a presença de sujeiras não retiradas nas grades grossas e finas, dentre elas galhos, sementes, pedaços de plásticos e de alimentos. Logo, foi necessária a adoção de uma etapa preliminar de limpeza para retirada do máximo possível dessas impurezas.

ETAPA 2: LIMPEZA DA AREIA

O procedimento escolhido para a limpeza foi a caleagem com exposição solar, posto que este se mostra eficaz em atingir melhores condições de uso do material trabalhado, assim como apresenta um baixo custo de execução. É um processo comum na higienização e estabilização do lodo e consiste na mistura da cal com água, seguida de inserção desta solução no resíduo. Reações de hidrólises, saponificações e neutralização de ácidos são responsáveis por alterar características físicas e químicas do material. Ademais, o efeito do aumento do pH reflete no crescimento bacteriano, visto que o pH elevado inibe a atividade enzimática das bactérias e a maioria delas crescem em meio neutro. (YAMANE, 2007).

Seguindo a metodologia de limpeza proposta por Yamane (2007), foi utilizada uma proporção volumétrica de 10% de cal hidratada para o volume total de areia escolhido. Neste caso foi utilizado um volume total de 1,5 litros de areia e 150 ml de cal hidratada. A fim de obter o resultado apenas da influência da cal no processo de limpeza, uma amostra com adição de cal e uma segunda amostra contendo apenas a areia bruta foram colocadas em diferentes recipientes e expostas ao sol. Ambas permaneceram expostas por sete dias, sendo diariamente reviradas para garantir a máxima homogeneização possível.

É importante pontuar que a areia apenas exposta ao sol foi chamada de “Areia Bruta” e a areia com adição de cal foi denominada “Areia tratada” e essa denominação será utilizada ao longo do desenvolvimento do presente trabalho.



Figura 4 - Amostra de areia bruta e tratada, da esquerda para a direita. Fonte: Autor (2018).



Figura 5 – Areia bruta (B) e tratada (T) dissolvidas em água para retirada do volume necessário para realização dos ensaios. Fonte: Autor (2018).

ETAPA 3: CARACTERIZAÇÃO DA AREIA APÓS PROCEDIMENTO DE LIMPEZA

Passado o período pré-estabelecido para exposição, foi coletada uma amostra de cada um dos materiais e levada para o laboratório localizado na própria ETE do Baldo, na CAERN, onde foram submetidas a diversos ensaios de caracterização. Para que possa ser verificada a eficiência do tratamento utilizado, bem como a possibilidade de manuseio seguro do resíduo, os seguintes parâmetros foram medidos: coliformes totais e termotolerantes, DQO e sólidos totais e voláteis. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e utilizado um valor médio das 3 amostras, com objetivo de garantir maior seguridade aos resultados.

Ademais, também foram feitas análises de outros parâmetros, buscando conferir a adequabilidade dessa areia para o uso proposto na construção civil, tais quais: umidade higroscópica e distribuição granulométrica. Os ensaios foram realizados na estação de tratamento da CAERN, com o auxílio do biólogo presente, bem como pelo laboratorista do local, seguindo as devidas normas especificadoras. Os resultados de DQO foram realizados no laboratório da UFRN localizado no LARHISA, pela técnica de laboratório responsável. Já os ensaios de umidade e distribuição granulométrica foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos da UFRN, segundo a NBR 7181 – “Solo – Análise Granulométrica”.

Para obtenção dos valores referentes à contagem dos coliformes – tanto totais, quanto termotolerantes ou *Escherichia coli* (*E. coli*) – foi utilizada como metodologia o uso das Placas 3M Petrifilm E.C. por tratar-se de um método econômico, conveniente e confiável, além de ser a forma comumente utilizada pela ETE em estudo. Vale ressaltar que os procedimentos foram segundo as recomendações do fabricante, analogamente ao que é usualmente executado com o esgoto. A areia bruta precisou passar por 4 diluições para ser possível a leitura da quantidade de coliformes, enquanto a areia tratada foi usada sem diluição – lembrando que a areia bruta se caracteriza por ter ficado exposta ao sol pelo mesmo período da areia tratada (com adição de cal) -.

ETAPA 4: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A AREIA RESIDUAL TRATADA E AREIA USUALMENTE COMERCIALIZADA

É de extrema importância que os resultados obtidos na etapa anterior sejam comparados com os valores encontrados para a areia usualmente empregada na construção civil, com o objetivo de verificar a verdadeira possibilidade de sua utilização após o processo de limpeza, assim como determinar em qual área da construção civil seria viável utilizá-la. Entretanto, não há normatização que determine os limites de patogenicidade da areia utilizada na construção civil; existem somente requisitos para recepção e produção dos agregados miúdos para confecção de concreto, quanto ao teor máximo de matéria orgânica e composição granulométrica.

Como não há legislação que se refira ao reaproveitamento desse tipo de material no Brasil, utilizou-se como referência a normatização que se refere à areia presente nas praias (loais semelhantes aos que são retiradas as areias utilizadas na construção civil), bem como as especificações granulométricas determinadas para esse mesmo fim. Quanto aos limites de concentração de micro-organismos presentes nas areias, foram utilizados como referência os valores propostos por pesquisadores portugueses no “Guideline for Microbiological Quality of Sands” (MENDES et al., 1993 apud BORGES, 2014), indicados na tabela a seguir:

Tabela 2 - Concentração máxima de microorganismos em areia de praia	
Parâmetro	Valor proposto pelo “Guideline for microbiological Quality of Sands” (NMP.100g⁻¹ areia seca)
Coliformes Totais	1,00E+06
Coliformes Termotolerantes	1,00E+06
Streptococos Fecais	1,00E+05
Candida sp	1,00E+05

Fonte: Mendes et. Al (1993) apud Borges (2014)

A norma NBR 15116 estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Segundo a norma, este material deve ser destinado a usos como enchimentos, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio e sarjetas (ABNT, 2011).

ETAPA 5: VIABILIDADE AMBIENTAL E FINANCEIRA

É incontrovertível a importância de estimar os custos relativos ao reaproveitamento da areia da ETE do Baldo para análise da viabilidade do projeto, assim como compará-los com os gastos provenientes da disposição da areia em aterros sanitários.

Para tanto, estimou-se a quantidade e valores dos insumos utilizados no período de um mês: cal hidratada e água potável, baseado numa quantidade média de areia retirada do desarenador da estação de tratamento. Além disto, estimou-se um trabalho de uma mão de obra de duas horas por dia, para reviramento do material.

É necessário, porém, considerar a porcentagem de aproveitamento do material coletado nas caçambas, pois, como citado anteriormente, possui muitas partículas de sujeira e necessita ser lavado previamente à aplicação da cal. Nesse sentido, foi obtido um aproveitamento de apenas cerca de 40% de areia após a lavagem preliminar, uma vez que, além da grande quantidade de sólidos diferentes da areia, o processo de limpeza utilizado, com água potável e peneiramento, por si só já carregava grande quantidade da própria areia.

Por fim, foi analisada a quantidade de material que deixaria de ser depositada no aterro sanitário de Ceará Mirim e estimou-se a quantidade de areia que substituiria a retirada de rios e lagos. Também foram avaliados os impactos ambientais que essa utilização traria, especialmente se passasse a ser adotada nas novas ETEs que serão inauguradas na cidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DA AREIA APÓS O PROCESSO DE LIMPEZA

Na Tabela 3 estão descritos os valores referentes à contagem dos coliformes totais e E. Coli, dividido em areia bruta e tratada. A areia bruta representa o material apenas exposto à radiação solar, enquanto a areia tratada representa o material misturado com a cal hidratada e também exposto ao sol. Os ensaios ocorreram nos dias 14, 22 e 24 de setembro, apresentando uma eficiência bastante satisfatória.

Tabela 3 - Resultados de coliformes totais e termotolerantes

Data	Efluente-Areia Bruta		Efluente-Areia Bruta		Eficiência	
	<i>Escherichia coli (E.Coli)</i>	Coliformes Totais (CT)	<i>Escherichia coli (E.Coli)</i>	Coliformes Totais (CT)	<i>Escherichia coli (E.Coli)</i>	Coliformes Totais (CT)
Unid. Ref.	UC/100mL 1/1000	UC/100mL ND	UC/100mL 1/1000	UC/100mL ND	99,99%	ND
14	1,00E+10	1,00E+10	0,00E+00	3,00E+02	100%	100,00000%
22	1,00E+10	1,00E+10	0,00E+00	2,00E+03	100%	99,99998%
24	1,70E+07	7,00E+07	3,00E+02	9,00E+02	99,99824%	99,99871%
Média	6,67E+09	6,69E+09	1,00E+02	1,07E+03	99,99941%	99,99935%
SD	5,76E+09	5,73E+09	1,73E+02	8,62E+02	0,00102%	0,00074%

Fonte: Autor (2018)

É possível perceber que, segundo os limites citados no item 3.4, os valores resultantes de coliformes se encontram dentro do desejado comprovando a viabilidade quanto ao número limite de coliformes, pois na maioria dos casos foi observado uma desinfecção total da areia após o tratamento.

Ademais, os valores de DQO reduziram de forma bastante satisfatória, o que indica a utilização segura do material. Por fim, o resultado de sólidos totais voláteis e sólidos totais fixos comprovam a existência de uma pequena parcela de sólidos voláteis, o que sugere uma menor quantidade de material orgânico.

Tabela 4 - Resultados da DQO

Data	Areia Bruta	Areia Tratada
unid.	mg/L	mg/L
14	96,4	63
22	87	45,2
24	108	37
Média	97,13	48,4
SD	10,52	13,29

Fonte: Autor (2018).

Tabela 5 - Valores de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis, em mg/L

Data	SST	SSF	SSV
14	0,0146	0,0111	0,0035
22	0,0512	0,0419	0,0093
24	0,0126	0,0116	0,0010
média	0,02613	0,02153	0,00460
desvio padrão	0,02173	0,01764	0,00426

Fonte: Autor (2018).

Devido aos 7 dias de exposição solar, o material foi seco ao ar, permitindo que fosse medida sua umidade higroscópica, a qual resultou aproximadamente 1%. Tal resultado indica que a areia se encontrava praticamente seca, o que se mostra positivo quanto a uma possível necessidade de ajuste de umidade.

Tabela 6 - Valores utilizados para obtenção da umidade higroscópica

Cápsula	Tara	Solo umido + Tara	Solo Seco + Tara
1	15,69	64,79	64,59
2	16,67	80,24	80,00
3	16,57	67,72	67,64

Fonte: Autor (2018).

ANÁLISE COMPARATIVA COM A AREIA USUALMENTE COMERCIALIZADA

A caracterização granulométrica é fundamental para a análise de aplicabilidade da areia estudada como agregado miúdo na construção civil, uma vez que sua aplicação varia de acordo com a quantidade de finos. O gráfico abaixo apresenta a distribuição granulométrica da areia após o processo de limpeza:

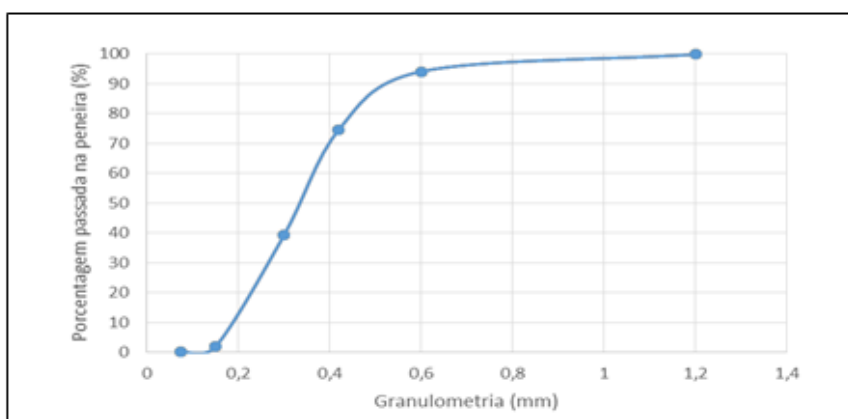


Figura 6 – Curva granulométrica do solo analisado.

Diante disso, é possível perceber a areia proveniente da ETE do Baldo como sendo um material com porcentagem de finos predominantes, sendo considerada uma areia fina. Neste caso, foi ignorada a porcentagem acima de 1,2mm, uma vez que possuía muitas impurezas e torrões de cal devido a exposição solar. A granulometria encontrada sugere um uso apropriado deste material em atividades como revestimento, fabricação do concreto e das argamassas. Outrossim, pode ser misturada com areias médias ou grossas para melhor distribuição entre grãos.

CONSIDERAÇÕES FINANCEIRAS E AMBIENTAIS

A análise financeira se baseia nos custos da CAERN com transporte e disposição do resíduo proveniente da caixa de areia, comparando-os com os gastos necessários para limpeza desse resíduo para destinação alternativa. Vale destacar que, por possuir muitas impurezas sólidas a serem removidas, o aproveitamento desse resíduo não é de 100%, o que exige que parte do seu volume total seja disposto no aterro sanitário.

Segundo a CAERN, o valor gasto para transporte da areia é de R\$ 480,00 por caçamba e, além disso, o valor pago para disposição desse mesmo material no aterro da BRASECO é de R\$ 65,28 por tonelada. Sendo assim, baseados nos valores anteriormente expostos acerca da quantidade de resíduo proveniente do processo de desarenação, os custos da empresa relacionados a areia estão representados nas Tabela 7 e 8.

Tabela 1 – Custos totais relacionados ao transporte da areia

Mês	Numero de Caçambas	Preço por Caçamba	Valor Gasto
Janeiro	9	R\$ 480,00	R\$ 4.320,00
Fevereiro	14	R\$ 480,00	R\$ 6.720,00
Março	15	R\$ 480,00	R\$ 7.200,00
Abril	13	R\$ 480,00	R\$ 6.240,00
Maio	16	R\$ 480,00	R\$ 7.680,00
Junho	12	R\$ 480,00	R\$ 5.760,00
Julho	24	R\$ 480,00	R\$ 11.520,00
Agosto	14	R\$ 480,00	R\$ 6.720,00
Setembro	11	R\$ 480,00	R\$ 5.280,00
Outubro	14	R\$ 480,00	R\$ 6.720,00
Novembro	15	R\$ 480,00	R\$ 7.200,00
Dezembro	13	R\$ 480,00	R\$ 6.240,00
TOTAL			R\$ 81.600,00

Fonte: Autor (2018).

Considerando uma média de 890 toneladas por ano, como foi levantado no ano de 2017, pode-se calcular o valor gasto com a disposição no aterro sanitário.

Tabela 2 – Custos totais anuais relacionados à disposição da areia

Volume médio anual (Ton)	Custo da disposição	Valor Gasto
890	R\$ 65,28	R\$ 58.099,20

Fonte: Autor (2018).

Sabendo que o rendimento após a lavagem preliminar foi de apenas 40% do volume total de areia, o volume não utilizado para limpeza continuará a ser enviado para o aterro, considerando sua toxidade e potencial de contaminação. Portanto, 60% dos custos acima serão mantidos, resultando em um valor de R\$ 83.819,82 anual, sendo uma média de 7.000,00 mensais.

Para obter valores mais mensuráveis, foi realizado o levantamento dos gastos mensais com a limpeza da areia. Para tanto, foi considerada a utilização de 10% de cal hidratada, para a quantidade de areia a ser lavada, resultando em uma quantia de cal demonstrada na tabela a seguir:

Tabela 3 - Custo relacionado a utilização de cal hidratada no processo de limpeza da areia residual

Volume médio mensal (kg)	Volume de cal a ser utilizada (kg)	Valor do saco de cal contendo 20kg	Valor total de cal
80000	8000	R\$ 9,00	R\$ 3.600,00

Fonte: Autor (2018).

Além disso, é preciso considerar a quantidade de água utilizada para o processo de limpeza. O volume de água utilizado foi de aproximadamente 1,2 litros de água para cada kg de areia coletada e o custo de cada m³ de água baseou-se no valor cobrado pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN), resultando nos valores apresentados na tabela 10.

Tabela 4 – Custo total considerando o tratamento de parte do resíduo da caixa de areia

Volume médio mensal (kg)	Transporte e disposição do volume remanescente (R\$)	Cal hidratada (R\$)	Água potável para lavagem (R\$)	Mão de obra (R\$)	Custo total (R\$)
80000	7.000,00	3.600,00	627,45	105,60	11.333,05

Fonte: Autor (2018).

Tabela 5 - Comparação entre custos sem e com tratamento da areia

Custo total inicial	Custo total do processo de reutilização
R\$ 11.641,60	R\$ 11.333,05

Fonte: Autor (2018).

Analisando apenas os valores brutos, percebe-se que não houveram grandes reduções de custos na reutilização do resíduo. Entretanto, ao analisar uma possível venda do produto resultante, tem-se uma considerável vantagem lucrativa. Para tanto, considerou-se que um saco de 20kg de areia seria vendido por uma média de R\$ 3,00, tendo em vista os valores usualmente comercializados. Desse modo, obteve-se o lucro mensal mostrado na tabela 12.

Tabela 6 – Estimativa de faturamento com a comercialização da areia após tratamento

Volume médio mensal (kg)	Preço da areia (20kg)	Preço total da areia
80000	R\$ 3,00	R\$ 12.000,00

Fonte: Autor (2018).

Todavia, a principal vantagem dessa reutilização não é financeira, mas ambiental. Essa prática se relaciona diretamente com a diminuição da retirada de areia dos rios, processo que é extremamente prejudicial ao meio ambiente, especialmente quando considerado o possível esgotamento desse recurso. Outrossim, o reuso de 80 toneladas de areia mensalmente representa uma grande diminuição do volume de resíduo destinado ao aterro sanitário da BRASECO, garantindo uma maior vida útil ao local.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até então mostram expressiva desinfecção com a utilização da cal e exposição solar, além de redução da DQO, indicando que o manuseio do material é seguro. Além disso, percebeu-se neste trabalho que a utilização da areia removida em desarenadores, após estarem em condições adequadas para o manuseio, abre uma gama de possibilidades de aplicações para sua reutilização ou reaproveitamento.

Ainda é possível perceber vantagens financeiras relacionadas ao processo de reuso e comercialização do material, mostrando-se uma alternativa vantajosa para as empresas que gerenciam as estações de tratamento. Contudo, o principal objetivo do estudo se baseia no impacto ambiental resultante desse estudo. Nesse contexto, destaca-se os impactos positivos no que se refere a preservação dos recursos naturais e a preservação da vida útil dos aterros sanitários, tendo em vista o volume que deixará de ser destinado a eles.

Por outro lado, a indústria da construção civil encontra-se carente de novas alternativas para obtenção da areia utilizada nos seus procedimentos, uma vez que a retirada da mesma dos leitos dos rios resulta em grande impacto ambiental, além da possibilidade de esgotamento de suas reservas. Assim, diante do preocupante cenário ambiental vivido no mundo atualmente, espera-se que este trabalho não somente reforce a viabilidade do reuso da areia, mas também que motive a comunidade científica a buscar alternativas que tornem o processo de tratamento de esgoto mais sustentável.

Sugere-se que, em estudos futuros, seja avaliada uma melhor forma de limpeza preliminar do resíduo, de modo a obter um maior aproveitamento do volume total de areia. Além disto, também se faz necessário efetuar um estudo mais detalhado para obter a eficiência da utilização desse material como agregado miúdo, com os devidos ensaios regidos pelas normas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 – Resíduos
4. sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
5. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016
6. ANDREOLI, C. V. (Coordenador). Resíduos Sólidos de Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final – Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, ABES: 2001.
7. BORGES, N.B. Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto. São Carlos, 2014. Tese de doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2014.

8. COLPAS, F.T. (2011). Incorporação de lodo e areia de ETE em blocos para construção. Revista DAE. V 186, n.1437, p. 23 – 28, mai. 2011. Disponível em <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_186_n_1437.pdf>. Acesso em mai. 2018.
9. DUARTE, P.A.A.P., LIMA, M.R.P., SANTOS, C.M.L. Aproveitamento da areia extraída de Estações de Tratamento de Esgoto. 2018. 6º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, Brasil. Disponível em <https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=390&ano=_sexto>. Acesso em out. 2018.
10. FERRAZ, D. L. M. Eficiência de uma ETE em escala real composta po reator UASB seguido de Lodo Ativado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de do Rio Grande do Norte, 80 p, 2014.
11. GASPARIM, J. C. Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na construção civil. Campinas, 2013. Tese de doutorado - Faculdade de Engenharia Civil – Universidade estadual de Campinas, 2013.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sinopse do Censo Demográfico de 2010. Rio de Janeiro, 2011. _____. Pesquisa Nacional do Saneamento Básico de 2008. Rio de Janeiro, 2010.
13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos. 3. ed.
14. Belo Horizonte. DESA-UFGM, 1997.
15. YAMANE, L. H. Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de tratamento de esgoto. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.