

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LUANA DA CONCEIÇÃO NEVES
MARCELLE RAMOS COUTINHO SILVA
RONALDO MOREIRA DINIZ JUNIOR
SARAH DE SOUSA CARDOSO**

**ESTUDO DA TRATABILIDADE DA AREIA PROVENIENTE DE
ESGOTO PARA FINS DE APLICAÇÃO EM CONCRETO NÃO
ESTRUTURAL**

**VOLTA REDONDA
2019**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DA TRATABILIDADE DA AREIA PROVENIENTE DE
ESGOTO SANITÁRIO PARA FINS DE APLICAÇÃO EM CONCRETO
NÃO ESTRUTURAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Alunos:

Luana da Conceição Neves

Marcelle Ramos Coutinho Silva

Ronaldo Moreira Diniz Junior

Sarah de Sousa Cardoso

Orientadora:

Prof. M.Sc. Joice Andrade de Araújo

Coorientador:

Prof. Esp. Luigi Walter Andrichi

VOLTA REDONDA

2019



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ESTUDO DA TRATABILIDADE DA AREIA PROVENIENTE DE ESGOTO SANITÁRIO PARA FINS DE APLICAÇÃO EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**

Elaborado por Luana da Conceição Neves- Matrícula: 201410382, Marcelle Ramos Coutinho Silva- Matrícula: 201420349, Ronaldo Moreira Diniz Junior- Matrícula: 201711034 e Sarah de Sousa Cardoso- Matrícula: 201510076, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Civil.

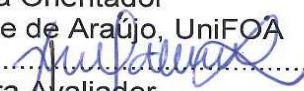
Aprovado em 31 de Outubro de 2019

Banca Avaliadora:

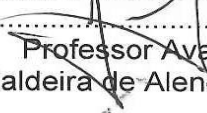
Assinatura dos membros da Banca Examinadora:


.....
Professora Orientador

Prof.ª Joice Andrade de Araújo, UniFOA


.....
Professora Avaliador

Prof.ª Dra. Gilmara Pires de Moura Palermo, UFRRJ


.....
Professor Avaliador

Prof. Me. Jesus Caldeira de Alencar Alvarenga, UniFOA .

A Deus, por ser essencial em nossas vidas, por nos dar força e coragem durante esta caminhada. Às nossas famílias, por acreditarem, investirem, e incentivarem nossos sonhos. Aos amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. E aos professores, pois esta conquista não seria possível sem a paciência e dedicação de cada um.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por nos abençoar e manter no caminho certo durante toda a pesquisa, com força, saúde e disposição. O Senhor em sua infinita sabedoria nos deu fé para lutar até o fim.

Somos gratos aos nossos pais, pelo apoio, paciência e compreensão, e que apesar das dificuldades, estiveram conosco na realização de mais um sonho. Aos familiares que nunca negaram palavras de otimismo e nem mediram esforços para nos ajudar ao longo de nossa jornada acadêmica.

A todos os funcionários desta instituição de ensino que de alguma forma contribuíram para a realização desse projeto, e em especial ao Arthur, por todo suporte e ajuda no laboratório; à Cristiane da secretaria do curso de Engenharia Civil por todo suporte, auxílio e por vibrar e acreditar conosco.

Aos nossos companheiros Vitor e Renata, que ao longo dos meses não nos deram apenas forças, mas apoio e suportaram nossa ausência e crises de estresse.

Agradecemos também ao João Vitor e Bruna, pela ajuda e apoio desde o início, pois sem vocês nossa trajetória seria muito mais árdua. O nosso mais sincero obrigado!

Somos gratos aos nossos amigos, em especial ao Dionatan Amaral, Luanna Mendonça, Myllena Menegatti e Luan Ponciano pela cumplicidade, ajuda, e por não permitir sermos vencidos pelo cansaço, nos estimulando sempre a continuar.

Professores, muito obrigado pelo incentivo, auxílio e dedicação. Em especial ao Prof. Luigi Walter Andrichi por todo o conhecimento compartilhado conosco, orientações e por acreditar nesse projeto conosco. À nossa professora e orientadora Joice Andrade de Araújo que ao longo dos meses sempre esteve presente nos orientando, compartilhando conhecimentos e experiências. Sua paciência e dedicação foram fundamentais para a concretização desse projeto!

Nossa eterna gratidão a todos, pois esta monografia também é de vocês!

RESUMO

A disposição final de resíduos sólidos originados do tratamento de esgoto vem se tornando um dos mais graves problemas ambientais da atualidade, demandando estudos para um tratamento adequado e possíveis utilizações desses resíduos, visto que comumente são descartados em escassos aterros sanitários onde não ocorre a preocupação com os impactos ambientais causados pelo lançamento deste material, redução e reaproveitamento do mesmo. Nessa circunstância, o presente estudo objetiva a desinfecção da areia oriunda dos desarenadores do tratamento de esgoto sanitário de uma estação de tratamento de esgoto do estado do Rio de Janeiro, com o propósito da potencial substituição da areia comercial pela areia residual como agregado miúdo, de acordo com suas características técnicas e sanitárias na composição de argamassas e concretos para fins não estruturais, como na construção de calçadas, de forma a ser uma alternativa de sustentabilidade ambiental, econômica e social. A areia residual foi submetida a análises qualitativas e quantitativas com o intuito de validar a eficácia do tratamento, sendo as mesmas análises realizadas com a areia de referência (comercial), com a finalidade de comparação e maior clareza para o estudo. Após o tratamento físico-químico, o material apresentou características visuais satisfatórias e ausência de odor.

Palavras-chave: Areia residual; Aproveitamento de areia de ETEs; Construção civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Problema Abordado	16
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Estratégias de Pesquisa.....	17
1.4 Objetivo Geral.....	17
1.4.1 Objetivos Específicos	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Tratamento do Esgoto Doméstico	19
2.2 Tratamento Preliminar do Esgoto Doméstico	19
2.3 Caixa de Areia.....	20
2.4 Agregados para a Construção Civil.....	21
2.4.1 Tipos de Agregados e Utilização.....	22
2.4.2 Areia.....	23
2.4.3 Extração da Areia	24
2.4.4 Legislações Importantes sobre Extração de Recursos Minerais	24
2.4.5 Exploração Mineral e o Impacto Ambiental	25
2.5 Problemática e Disposição Final dos Resíduos Gerados na ETE.....	28
2.5.1 Importância do Aproveitamento da Areia de ETES.....	29
2.5.2 A Ausência de uma Legislação Específica para Tratamento da Areia Retirada na Caixa de Areia.....	30
2.6 Concreto.....	30
2.7 Cimento Portland.....	31
2.7.1 Concreto com Aplicação em Calçadas.....	33
2.8 Ensaio Experimentais.....	33
2.8.1 Caracterização e Avaliação dos Principais Parâmetros Analisados no Esgotamento Sanitário	34
2.8.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	34
2.8.3 Demanda Química de Oxigênio – DQO	35
2.8.4 Potencial Hidrogeniônico – pH	35
2.8.5 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV.....	35

2.8.6 Granulometria.....	37
2.9 Descrição Geral da ETE em estudo	38
2.9.1 Remoção de Resíduo Orgânico no ano de 2018	39
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 Materiais.....	40
3.2 Equipamentos	40
3.3 Preparo e Amostragem do Material.....	42
3.3.1 Lavagem da areia.....	42
3.3.2 Secagem da areia	43
3.3.3 DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio	44
3.3.4 DQO – Demanda Química de Oxigênio	45
3.3.5 Granulometria.....	45
3.3.6 Matéria orgânica.....	46
3.3.7 Análise de pH.....	48
3.3.8 MEV.....	49
3.3.9 Dosagem e Ensaio de Compressão do Corpo de Prova	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio	53
4.2 Demanda Química de Oxigênio	54
4.3 Granulometria	55
4.4 Matéria Orgânica.....	56
4.5 pH.....	57
4.7 Resistência a Compressão Axial	62
4.8 Custos	63
5 CONCLUSÃO	65
7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS	66
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de Tratamento do esgoto doméstico.....	20
Figura 2 - Produção mineral brasileira.	21
Figura 3 - Principais impactos causados pela extração de areia.....	27
Figura 4 - Critérios para a execução de calçadas.	33
Figura 5 - Fluxograma de procedimentos.....	41
Figura 6 - Lavagem da areia em betoneira.....	43
Figura 7 - Areia disposta em fôrmas forradas com tecido.	44
Figura 8 - Preparação da solução de Hidróxido de sódio a 3%.....	47
Figura 9 - Preparação da solução de Ácido tânico a 2%.....	48
Figura 10 - Soluções em repouso.	48
Figura 11 - Análise do pH através da submersão de eletrodo combinado.	49
Figura 12 - Aparelho utilizado para análise do MEV.	50
Figura 13- Corpos de Prova com cura de 14 dias.	52
Figura 14 - Ensaio de Compressão axial do corpo de prova.....	52
Figura 15- Comparativo da granulometria da areia residual tratada e areia comercial.	56
Figura 16 - Coloração das amostras em comparação à solução padrão.	56
Figura 17 - Análise da matéria orgânica da areia residual tratada e areia comercial.	57
Figura 18 - Comparativo de pH entre as amostras de areia.....	58
Figura 19 - Areia antes do tratamento, com corrida de x50.	59
Figura 20 - Areia após tratamento, com corrida de x50.	59
Figura 21 - Areia antes do tratamento, com corrida de x200.	60
Figura 22 - Areia após tratamento, com corrida de x200.	60
Figura 23 - Areia antes do tratamento, com corrida de x2,0k.....	61
Figura 24 - Areia após tratamento, com corrida de 2,0k.	61
Figura 25 - Areia após lavagem com NaOCl com concentração de 12%, com corrida de x50.	62
Figura 26 - Areia após lavagem com NaOCl com concentração de 12%, com corrida de x200.	62

Figura 27 - Resistência à compressão do concreto com média de três variações de
porcentagem de areia residual.....63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais utilizações dos agregados.	23
Quadro 2 - Principais impactos ambientais da mineração no Brasil.....	26
Quadro 3 - Processos de fabricação do cimento Portland.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção mineral do Brasil em toneladas.....	22
Tabela 2 - Dados operacionais da ETE no ano de 2018.....	39
Tabela 3 - Tabela de variações da areia.....	50
Tabela 4 - Resultado da DBO.....	53
Tabela 5 - Resultado da DBO após lavagem com NaOCl de 12%.....	54
Tabela 6 - DQO em triplicata.....	54
Tabela 7 - DQO após lavagem da areia com agente oxidante.....	55
Tabela 8 - Custos por equipamento.....	64
Tabela 9 - Custos gerais.....	64
Tabela 10 - Custo do processo de lavagem de 70kg de areia.....	64

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação para resolução da DBO.....	44
Equação 2 - Massa Total da amostra seca.	46
Equação 3 - Porcentagem de Materiais que passam pelas peneiras.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.

ASTM - American Society for Testing and Materials.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio.

DRX - Difractometria de Raio-x.

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto.

EDS - Energy-Dispersive Spectroscopy.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura.

MPa - MegaPascal.

NBR - Norma Brasileira.

OD - Oxigênio Dissolvido.

pH - Potencial Hidrogeniônico.

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos.

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.

1 INTRODUÇÃO

A disposição final dos resíduos sólidos gerados no tratamento de esgoto tem se tornado um dos problemas ambientais mais graves atualmente. Esses resíduos necessitam de um tratamento adequado visando a utilização do material tratado na construção civil.

Segundo o IBGE (2019) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no ano de 2017 a população brasileira passou a ser de 207,7 milhões de habitantes, e destes, apenas cerca de 66% de domicílios possuíam esgotamento sanitário (rede geral, pluvial ou fossa ligada à rede).

Os esgotos gerados são classificados em quatro principais grupos, de acordo com sua origem: esgotos industriais, domésticos, hospitalares e agropecuários. O tratamento de esgoto tem o propósito de acelerar o processo natural que os microrganismos realizam nos cursos d'água a fim remover substâncias indesejáveis e impurezas orgânicas para que a água possa retornar ao meio ambiente e ser reutilizada.

O processo de tratamento de esgoto consiste em quatro etapas, sendo que no tratamento preliminar é realizada a remoção de sólidos grosseiros e areia, a fim de que esses sólidos não ocasionem problemas nos sistemas de bombeamento e tubulações, garantindo a eficiência nas demais etapas do processo de tratamento de esgoto. A extração de sólidos grosseiros ocorre através da passagem do efluente em grade e a retirada da areia dá-se pelo processo de sedimentação que visa à separação de misturas heterogêneas. A remoção da areia tem por objetivo extrair o material de granulometria de menores partículas, que através do processo de sedimentação são arrastadas para o fundo.

Segundo a NBR 10004/2004, os resíduos de um modo geral podem ser classificados de quatro maneiras: resíduos perigosos, não perigosos, inertes e não inertes. A areia retirada do tratamento preliminar é composta de partículas orgânicas presentes no esgoto *in natura* e também microrganismos patogênicos, podendo assim, ser classificada como resíduo não perigoso.

Nesse contexto, a proposta deste estudo visa a tratabilidade da areia proveniente de esgotamento sanitário de uma estação de tratamento de esgoto localizada no estado do Rio de Janeiro.

1.1 Problema Abordado

A quantidade de resíduos sólidos gerados no Brasil apresentou crescimento de 0,75% entre os anos de 2016 e 2017, correlacionado a este dado tem-se a geração per capita de RSU com um acréscimo de 0,48% para o mesmo período. Assim sendo, a geração total de resíduos sólidos elevou 1% no mesmo período, alcançando a máxima de 214.868 t/d de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU (ABRELPE, 2017).

Associado ao cenário dos RSU apresenta-se a coleta e tratamento do esgoto, onde especificamente para o tratamento verificou-se que apenas 44,9% do esgoto gerado no país era tratado em 2016. Um contraponto a 2011, cujo indicador era de 37,5% - uma evolução de 7,4 pontos percentuais (SNIS, 2017).

Mediante o aumento da geração dos RSU e da necessidade de tratamento de esgoto sanitário – objeto que origina o resíduo por ora estudado neste projeto de pesquisa, investiga-se como problema se o tratamento da areia proveniente de uma ETE situada no interior do Rio de Janeiro, com efeito de aplicação a fins não estruturais proposto neste estudo possui viabilidade técnica.

1.2 Justificativa

A relevância deste estudo reside na proposta de agregar valor ao subproduto do tratamento de esgoto, de forma a direcionar seu uso, diminuir a disposição de resíduos provenientes de ETE em aterro sanitário e conseqüentemente a atenuação dos passivos ambientais, além da proposta de novos nichos de mercado, geração de emprego e renda.

1.3 Estratégias de Pesquisa

O presente trabalho agrega estudos com o objetivo de gerar conhecimento, mas sem aplicação direta. Schwartzman (1979, p. 37) apresenta a pesquisa básica como “aquela que acumula conhecimentos e informações que podem eventualmente levar resultados acadêmicos ou aplicados importantes, mas sem fazê-los diretamente”. A pesquisa é considerada a parte mais importante de um trabalho, pois é onde se lê, compreende e organiza o que será realizado.

Com abordagem quantitativa e qualitativa, que conforme o artigo nomeado por “Abordagens Metodológicas no Campo da Pesquisa Científica”, define a abordagem quantitativa como a pesquisa que se caracteriza pelo emprego de instrumentos estatísticos, tanto na coleta como no tratamento de dados, usando-se o tipo de amostragem aleatória; e a abordagem qualitativa, que se fundamenta principalmente em análises qualitativas, com amostragem selecionada. A junção dessas duas técnicas de abordagens torna-se uma pesquisa considerada mista.

Esta pesquisa procura verificar e justificar os fatores que contribuem, determinam e justificam a realização do fenômeno em estudo, relacionando prática e teoria. Busca explorar algo novo, conectando ideias para que seja possível assimilar as causas e efeitos do objeto em estudo, determinando a relação entre as variáveis e o efeito previsto através de experimentos.

1.4 Objetivo Geral

O estudo em questão, tem por intuito averiguar a tratabilidade da areia proveniente de desarenadores de uma ETE localizada no interior do Rio de Janeiro.

1.4.1 Objetivos Específicos

- Preparar o material para estudo;
- Caracterizar o material *in natura* através de testes químicos, físicos, mecânicos e morfológicos;
- Avaliar o resíduo de caixa de areia como material alternativo para a construção civil, por meio de confecção e ensaio de corpos-de-prova de compressão axial;
- Levantar os custos das análises qualitativas e quantitativas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tratamento do Esgoto Doméstico

O tratamento de esgoto é dividido em quatro etapas de processos que conforme Chernicharo e Nour (2008) consistem em:

- Preliminar: remoção física de sólidos grosseiros e areia;
- Primário: remoção física e bioquímica dos sólidos facilmente sedimentáveis;
- Secundário: remoção bioquímica da matéria orgânica presente no esgoto;
- Terciário: remoção de nutrientes, microrganismos patogênicos e processos específicos.

2.2 Tratamento Preliminar do Esgoto Doméstico

Para Chernicharo *et al.* (2008, p.33), o pré-tratamento tem por objetivo a remoção de sólidos grosseiros em suspensão conforme apresentado na figura 1. Essa remoção é realizada através do mecanismo de gradeamento que tem por finalidade separar os resíduos de maior dimensão como: plásticos, papéis, areia; e com isso preservar a tubulação evitando sua obstrução e garantindo a continuidade das demais etapas do processo de tratamento.

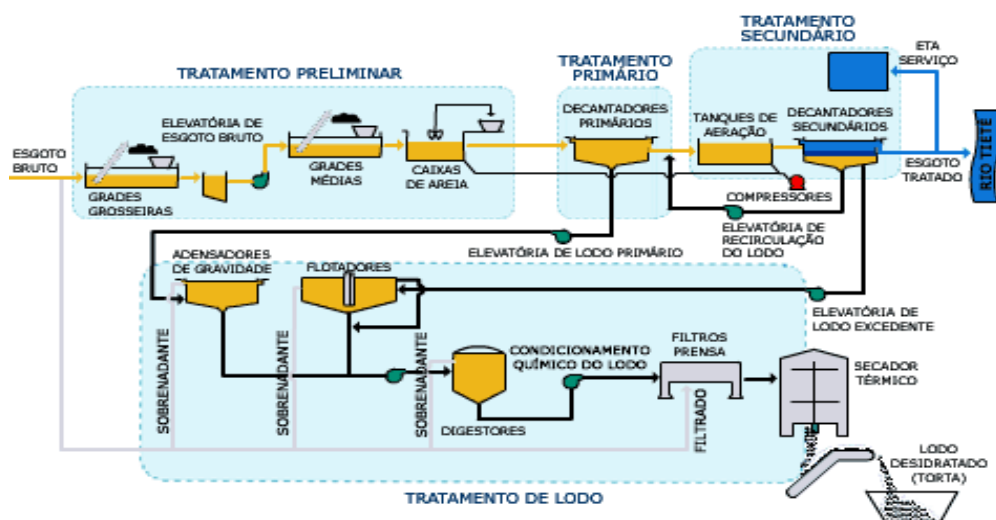


Figura 1 - Fluxograma de Tratamento do esgoto doméstico.
Fonte: AQUABLOG (2017)

De acordo com a NBR 12208 (1992) o espaçamento entre as barras podem ser: grade grossa, média e fina, variando de 10 mm à 100 mm. A velocidade para vazão do efluente deve ser de no máximo 1,20 m/s e sua inclinação deve atender aos parâmetros para limpeza manual e mecânica, que varia de 45° à 90°.

Segundo a NBR 12209:2011, o projeto de um desarenador precisa atender aos parâmetros de remoção mínima de massa de partículas, que corresponde a 95%; no qual o diâmetro deve ser igual ou superior a 0,2 mm com densidade correspondente a 2,65 g/cm³.

2.3 Caixa de Areia

Segundo Pivelli (2016) a caixa de areia localizada após a grade tem como objetivo remover partículas de areia com o diâmetro efetivo de 0,2 mm à 0,4 mm, massa específica de 2,65 g/cm³ e velocidade de sedimentação de 2,0 cm/s.

2.4 Agregados para a Construção Civil

Agregados para a construção civil possuem em sua composição mineral, sólida inerte e devem atender às dimensões dentro de faixas específicas, quanto ao seu uso, conforme a granulometria especificada por valores normativos. (VALVERDE; TSUCHIYA, 2009)

No que tange ao seu uso e aplicação na construção civil, faz necessário o atendimento de pré-requisitos e características de acordo com o fim que se pretende aplicar. Os agregados possuem relevância, pois seu emprego se desdobra em qualidade de vida, tendo em vista os mais diversos sistemas construtivos de infraestrutura que comporta o saneamento básico, viadutos, pontes, pavimentação, etc.

De acordo com Ferreira e Silva (2004) os insumos da construção civil são os mais consumidos, tendo como consequência uma alta produtividade desses minerais.

A figura 2 evidencia que a formação rochosa antiga presente no território brasileiro garante uma imensa produção de mineral.

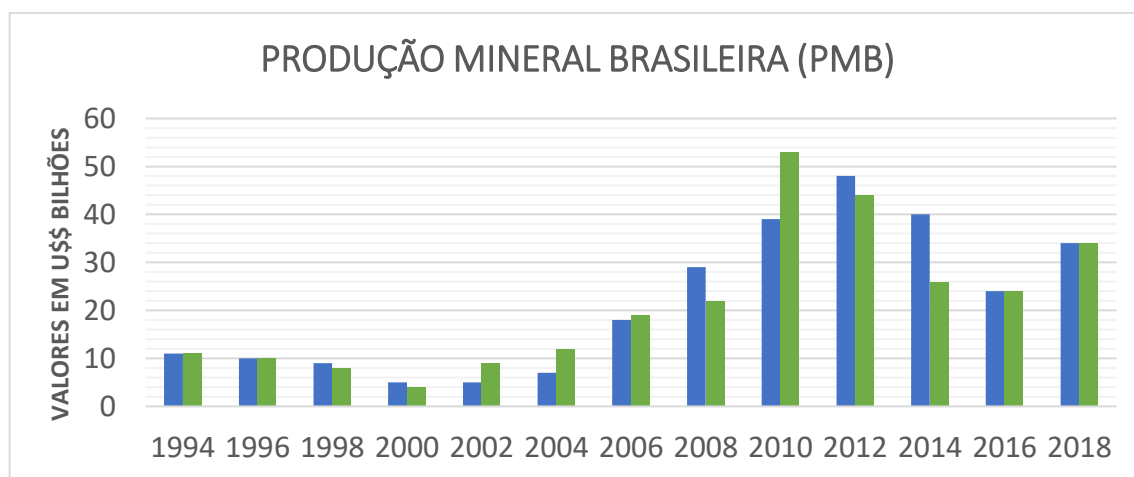


Figura 2 - Produção mineral brasileira.
Fonte: Adaptado de Ibram (2019).

A tabela 1 complementa os dados anteriormente expostos com informações dos minerais mais produzidos nos Brasil entre os anos de 2016 à 2018.

Tabela 1 - Produção mineral do Brasil em toneladas.

PRODUÇÃO MINERAL DO BRASIL EM TONELADAS			
Água Mineral	10.000.000.000	10.000.000.000	9.500.000.000
Agregados Construção Civil	450.000.000	420.000.000	452.000.000
Minério de Ferro	450.000.000	430.000.000	400.000.000
Bauxita	35.000.000	35.000.000	32.000.000
Fosfato	6.800.000	6.800.000	6.800.000
Manganês	2.400.000	2.400.000	2.400.000
Alumínio Primário	1.000.000	1.000.000	962.000
Potássio Concentrado	460.000	460.000	460.000
Cobre Contido	335.000	335.000	300.000
Zinco Concentrado	240.000	240.000	230.000
Liga de Nióbio	90.000	90.000	90.000
Níquel Contido	78.000	78.000	60.000
Ouro	97	95	93

Fonte: Adaptado de Ibram (2019).

2.4.1 Tipos de Agregados e Utilização

Os agregados são divididos em dois grupos: artificiais e naturais. Os naturais são os que já se encontram na natureza, como por exemplo: areia e cascalho. Já os artificiais são aqueles que passam por alguma atividade industrial, como por exemplo: pedras britadas, areias artificiais, entre outros.

Os agregados utilizados em obras de engenharia civil segundo La Serna e Rezende (2009) são insumos granulares que não possuem padrão em sua forma e volume.

Os agregados podem ser definidos conforme sua granulometria, sendo esses graúdos ou miúdos, possuindo diversas utilizações como consta no quadro 1.

São agregados miúdos segundo a NBR 7211 (2019, p.3): “Agregado cujo grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm”.

Já os agregados graúdos segundo a NBR 7211 (2019, p.3) são “Agregado cujo grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura malha de 4,75 mm”.

No quadro 1 estão dispostos as principais aplicações dos agregados mais utilizados na construção.

Quadro 1- Principais utilizações dos agregados.

PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DOS AGREGADOS	
Agregado	Utilização
Areia Artificial e Areia Natural	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, emboço, podendo entrar na composição de concreto e asfalto
Pedrisco/brita 0	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, jateamento de túneis e acabamentos em geral
Brita 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas
Brita 3	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias
Brita 4	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas
Rachão, pedra de mão ou pedra morrada	Fabricação de gabiões, muros de contenção e bases
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, galpões e estradas

Fonte: Adaptado de Yara Kulaif (2001).

2.4.2 Areia

Conforme descrito por Ambrozewicz (2012) a areia é um sedimento inconsolidado, em que os grãos possuem diâmetros que variam entre 0,075 mm e 4,8 mm. Os fragmentos de rochas constituem a areia grossa e os grãos minerais a areia fina.

É um elemento fundamental na construção civil sendo utilizado desde a parte inicial da construção, como a fundação, até as etapas finais como vedação e acabamento.

2.4.3 Extração da Areia

A extração da areia é processada das jazidas, que são locais onde localiza-se substâncias úteis que contém grande valor econômico.

A extração da areia é realizada de três tipos de jazidas segundo Ambrozewicz (2012):

- Jazidas de rio: É realizada no leito do rio através de sucção, e o material coletado é peneirado e classificado com o objetivo de remover partículas;
- Jazidas de cava: É retirada de depósitos aluvionares (depósito de areia que origina de foz ou margem de rios oriundo de erosão);
- Jazidas de dunas e praias: É uma areia fina extraída de dunas ou praias e há presença de cloreto, o que impossibilita sua utilização em argamassas.

2.4.4 Legislações Importantes sobre Extração de Recursos Minerais

São bens da União segundo a Constituição Federal de 1988 no artigo 20:

IX - Recursos minerais, inclusive os do subsolo;

X - Cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos.

Artigo 176 parágrafo primeiro, trata da pesquisa e lavra mineral e declara:

A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o *caput* deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e

administração no País, na forma de lei, que estabelecerá as condições quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas.

Seguindo para o artigo 225, p.131 que estabelece:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Onde, em seu primeiro parágrafo inciso IV exige um estudo prévio de impacto ambiental de obras ou atividades com significativa degradação.

Sobre a exploração de recursos minerais, há obrigação de recuperação do meio ambiente degradado. O parágrafo segundo do artigo 225 da Constituição Federal aborda a solução técnica exigida.

2.4.5 Exploração Mineral e o Impacto Ambiental

Pessoa em 2006 ressaltou que acontecimentos como o mercado externo, escravidão e exploração dos recursos minerais podem ser facilmente confundidos com o processo de colonização nacional.

O Brasil possui recursos minerais diversificados como: amianto, carvão, cobre, ferro, níquel, ouro, potássio, zinco, magnesita, agregados para a construção civil, calcário e etc. Esses recursos têm uma exploração expressiva que alerta para dois pontos importantes: os recursos finitos que estão sendo explorados e os impactos ambientais causados pela exploração demasiada. Tendo em vista que à medida que a exploração aumenta, os recursos não renováveis disponíveis se limitam, havendo uma necessidade eminente de explorar e utilizar os recursos de forma a garantir a durabilidade desses minerais.

Segundo a resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986 que trata das responsabilidades do uso ambiental:

Artigo 1º Para efeito dessa Resolução considera-se ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matérias ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I.A saúde, segurança e o bem-estar da população;
- II.As atividades sociais e econômicas;
- III.A biota;
- IV.As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V.A qualidade dos recursos ambientais;

Com base no levantamento de Farias e Coelho (2002) verifica-se que dos problemas gerados no processo de mineração existem quatro principais categorias: poluição sonora, da água, do ar, e subsidência do terreno.

No quadro 2 estão dispostos os impactos provenientes da exploração mineral.

Quadro 2 - Principais impactos ambientais da mineração no Brasil.

PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL			
Substância Mineral	Estado	Principais Problemas	Ações Preventivas e ou Corretivas
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometido devido à cravação desordenada de áreas alagadas.	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento.
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba acarretando a destruição da mata ciliar, turbidez, conflitos com uso e ocupação do solo, acidentes nas rodovias pelo causados transporte.	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento e de transporte.
	RJ e SP	Produção de brita nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, acarretando: vibração, ruído, emissão de particulado, transporte, conflitos com uso e ocupação do solo.	Aplicação de técnicas menos impactantes; Estudos de alternativas de abastecimento.

Fonte: Adaptado de Farias, Coelho (2002).

Conforme a descrição de Farias e Coelho (2002) extração de areia causa impactos diretos no lençol freático, destruição de mata ciliar que têm como consequência a perda da biodiversidade local, erosão e assoreamento. Em alguns casos, quando há extração de um grande volume de areia dos rios, há alargamento das margens afetando diretamente a vegetação local e a sobrevivência da mesma. Conforme apresentado na figura 3, que dispõe os impactos causados pela extração de areia entre a década de 1980 à meados de 2017, onde a intensificação da utilização do material de construção civil resultou no aumento do desmatamento e processos erosivos.

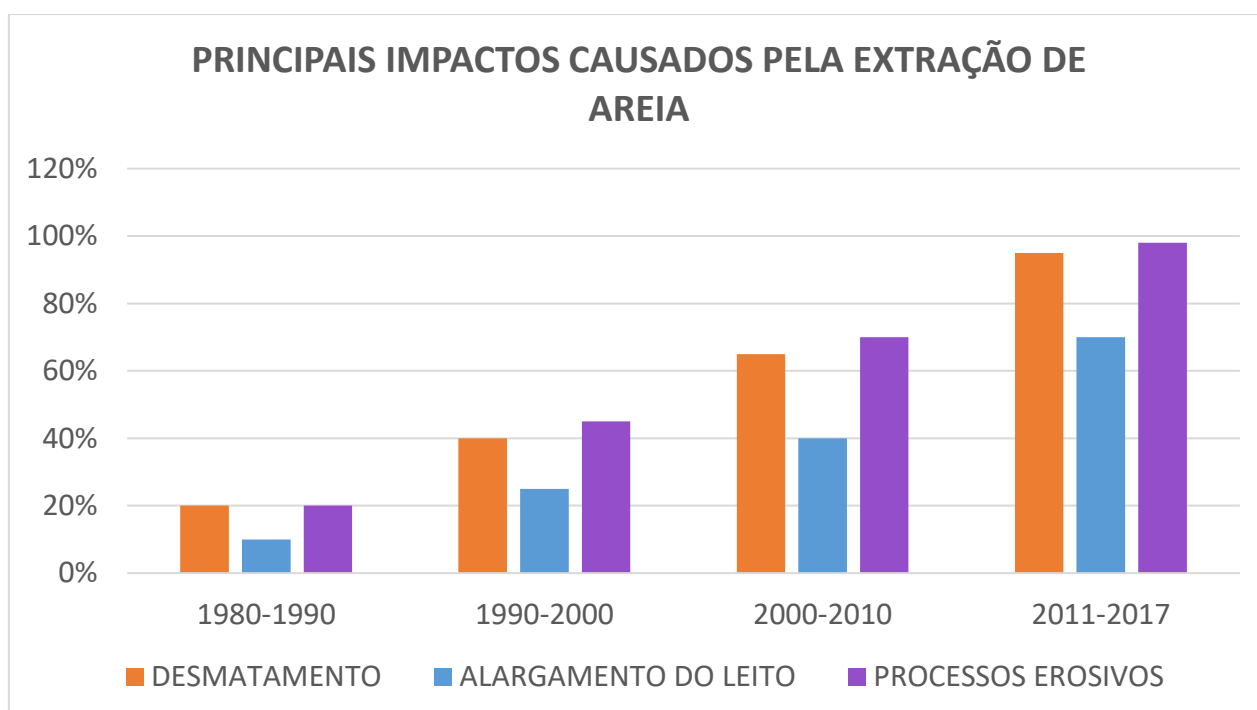


Figura 3 - Principais impactos causados pela extração de areia.
Fonte: Adaptado de Silva (2018).

De acordo com Machado (1989), os problemas ambientais oriundos da mineração de materiais de construção civil vêm caminhando para a diminuição de jazidas disponíveis, o que gera uma atenção importante para a exploração desses recursos finitos presentes na natureza e o reaproveitamento dos minerais que estão sendo descartados de forma inadequada.

Com isso, fica evidente que a exploração de areia tem impactos positivos como a geração de empregos seja ela direta ou indireta; e negativo, que em sua grande maioria está ligado ao meio ambiente e a utilização demasiada destes recursos.

Desta forma, a extração de areia e outros recursos minerais têm sua importância, mas vale ressaltar que é necessário ser realizado de maneira sustentável, respeitando as leis impostas pelos órgãos ambientais e Constituição Brasileira.

2.5 Problemática e Disposição Final dos Resíduos Gerados na ETE

As quatro etapas complementares do processo de tratamento do esgoto têm como objetivo principal: limitar a demanda química de oxigênio, extinguir micro-organismos patogênicos e limitar substâncias químicas indesejáveis.

Uma das consequências do crescimento populacional é o aumento demasiado na geração de resíduos sólidos. Com o acréscimo desses resíduos no meio ambiente surgem dois problemas preocupantes: o tratamento adequado e destinação final adequada para esses resíduos.

Segundo Silveira *et al* (2005) e Yamane (2007), ter um destino adequado para os resíduos gerados numa ETE é de grande relevância para a preservação do meio ambiente, visto que projetos de ETE não devem visar somente o tratamento do esgoto, mas também atender a legislação ambiental no que se refere à destinação final dos resíduos sólidos gerados.

Porém, muitas das vezes, o resíduo gerado no processo de tratamento de esgoto seja ele lodo ou areia residual são destinados a aterros sanitários sem uma estrutura projetada para o recebimento e realização do tratamento adequado. Existem vários fatores que influenciam nessa prática e um dos mais importantes é a falta de cobrança e fiscalização de órgãos ambientais.

A prática inadequada da disposição desses resíduos no meio ambiente gera impacto direto no meio e na saúde da população.

2.5.1 Importância do Aproveitamento da Areia de ETEs

No Brasil, o descarte dos resíduos gerados em ETEs são realizados em aterros ou até mesmo em terrenos da estação de tratamento. Segundo Borges, no geral, não há uma preocupação com as potencialidades associadas ao aproveitamento, diminuição de volume gerado e impactos ambientais.

Estudos e pesquisas dedicados a resíduos gerados em ETEs e o potencial de reutilização e aproveitamento ainda são carentes. Isso indica que essa área tem muito a ser explorada trazendo propostas e resultados eficazes e com alto potencial de aplicação.

A areia retida no tratamento preliminar do esgoto é um insumo com grande empregabilidade na construção civil, porém precisa ser devidamente tratada visando atender parâmetros estabelecidos por normas para seu uso e aplicação.

Yamane (2007) ressalta que a disposição dos resíduos gerados em ETE diretamente no meio ambiente é uma prática que põe em risco a saúde da população e causa poluição dos cursos d'água, tendo em vista que os resíduos são contaminados por microrganismos patogênicos.

A Indústria da construção civil é um dos setores mais expressivos da economia nacional. É uma indústria com grande empregabilidade e um alto volume de mão de obra, tendo uma parcela significativa no desenvolvimento do país.

Nesse contexto, a proposta de aproveitar a areia retida no tratamento preliminar de esgoto, traz dupla vantagem ao meio ambiente, uma vez que diminui a exploração do recurso natural (areia) e elimina a disposição final desse material em aterros, que é altamente prejudicial ao meio ambiente.

Um dos principais problemas em aproveitar a areia retida nos desarenadores da ETE é a elevada concentração de matéria orgânica contida nesse insumo. A proposta do trabalho é a tratabilidade da areia por lavagem com a utilização de hipoclorito de sódio que visa à redução da matéria orgânica acelerando o mecanismo de degradação que ocorre de forma natural nos corpos receptores.

Segundo Gasparim (2013), para que o tratamento adequado ocorra, é necessário viabilizar a desinfecção do resíduo, pois o mesmo é um insumo contaminado que necessita do adequado manuseio a fim de torná-lo apto a utilização.

2.5.2 A Ausência de uma Legislação Específica para Tratamento da Areia Retirada na Caixa de Areia

No Brasil, não existe legislação específica no aproveitamento de areia. A lei nº 9.605 de 12/02/98 de crimes ambientais deixa explícito que a responsabilidade dos resíduos gerados e dos problemas que podem ser causados ao meio ambiente em decorrência de um destino inadequado é dos produtores.

A este respeito, considera-se que:

Um dos objetivos previstos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010) é o incentivo ao desenvolvimento de sistema de gestão ambiental e empresarial voltadas para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos. De acordo com a mesma lei, a areia removida nos desarenadores de ETEs é classificada como resíduo de serviços públicos de saneamento básico, sendo o município responsável pelo seu gerenciamento. (BORGES, 2014, p.117).

Conforme proposto por essa pesquisa, a areia retida nos desarenadores de ETEs necessita de um tratamento adequado a fim de reduzir os microrganismos patogênicos e matéria orgânica. Contudo, esse assunto ainda é pouco explorado.

“Em relação à areia gerada em estações de tratamento de esgoto, a legislação brasileira não determina parâmetros ou limites para a caracterização e aplicação do resíduo.” (YAMANE, 2007, p.30)

2.6 Concreto

O concreto é constituído por um conjunto de elementos como água, areia, brita e cimento. Quando a mistura desses elementos ocorre, gera-se uma liga que possui diversas aplicações.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), o concreto possui características que estão ligados a resistência, moldabilidade, durabilidade, resistência e trabalhabilidade.

2.7 Cimento Portland

O cimento Portland é um agregado que possui aglomerantes, aglutinantes ou ligantes que com a adição de água ocorre seu endurecimento (ABCP, 2002).

Existem 8 tipos de cimento no mercado nacional que possuem características que varia com o tipo de obra que será empregado. Sua fabricação passa por diversos processos, conforme apresentado no quadro 3:

Quadro 3 - Processos de fabricação do cimento Portland.

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND	
PROCESSO	DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTADO
Extração	Ocorre a extração do calcário, principal componente para a fabricação do cimento
Britagem	Redução das dimensões do calcário extraído de jazidas e com isso a eliminação de impurezas presentes no calcário
Depósito	Armazenamento em baía do calcário e argila
Dosagem	90% da composição é de calcário e os outros 10% de argila que são dosados e triturados no moinho de cru
Moinho de Cru	Com a mistura do calcário e argila origina-se a farinha crua que passa por um processo de mistura e pulverização que tem o objetivo de reduzir o tamanho das partículas a 0,050 mm em média
Silos de Homogeneização	É realizado a mistura crua da farinha a fim de garantir a perfeita combinação dos elementos. É executada em silos verticais de grande porte através da gravidade e de processos pneumáticos
Forno	A farinha homogeneizada é inserida no forno passando por um aquecimento inicial. Após esse processo a mistura é calcinada até 1450°C que tem como resultado o clínquer
Resfriador	Promove a redução da temperatura a 80°C, aproximadamente. Com isso, a clinquerização é completa quando uma série de reações químicas que influenciarão na resistência mecânica do concreto nas primas idades
Depósito de clínquer	Essa matéria-prima fica armazenada em silos aguardando a próxima etapa do processo
Adições	Junto ao clínquer é realizado a adição de gesso, escória ou pozolana e calcário. Essas substâncias são estocadas separadamente antes ir ao moinho de cimento
Moinho de cimento	Onde ocorre a moagem final do cimento com a mistura dos componentes da adição
Silos de comento	É o estoque do cimento resultante do processo de moagem até sua expedição
Expedição	Cimento chega ao mercado consumidor através de sacos de 50Kg ou granel

Fonte: Adaptado de ABCP (2002)

2.7.1 Concreto com Aplicação em Calçadas

O presente trabalho tem como proposta utilizar a areia tratada do processo de desarenadores com fim de aplicação em calçadas de passeio públicas.

A NBR NB 1338/1990 trata de condições para a execução e a utilização dos passeios (calçadas).

Segundo a NBR 1338/1990 o termo passeio é definido como:

Parte da via pública adjacente e paralela aos imóveis existentes em ambos os lados do leito carroçável, limitada pelo alinhamento destes e pelo meio-fio. Destina-se fundamentalmente ao trânsito das pessoas e deve possuir as condições para o trânsito adequado dos deficientes físicos.

Como apresentada na figura 4, a base consiste em uma camada de concreto que fica sobre a sub-base.

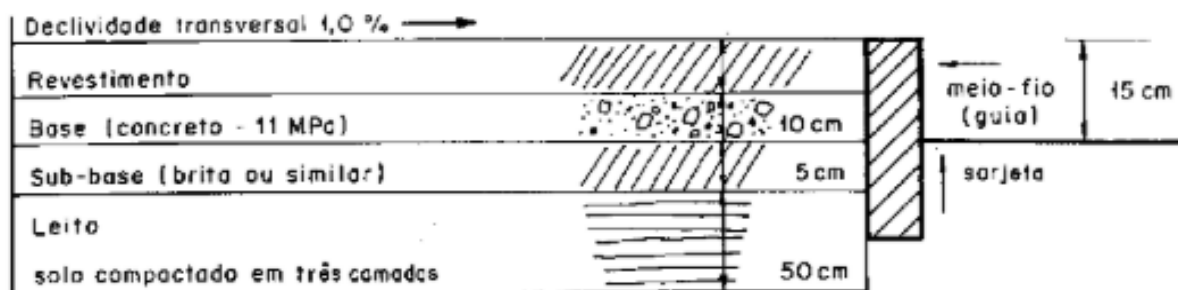


Figura 4 - Critérios para a execução de calçadas.
Fonte: NBR NB 1338 (1990)

2.8 Ensaios Experimentais

Para análise e parâmetros da resistência do concreto a ser aplicado em calçadas, é necessário a realização de ensaios de bancada, a fim de obter a resistência mínima estabelecida pela NBR 1338 de 1990.

2.8.1 Caracterização e Avaliação dos Principais Parâmetros Analisados no Esgotamento Sanitário

Os esgotos são caracterizados de uma forma geral em qualitativo e quantitativo e segundo Yamane (2007) eles podem ser definidos como:

- Quantitativo: Vazão de projeto (inicial e final) que resultará no dimensionamento hidráulico da rede coletora.
- Qualitativo: São características físicas, químicas e biológicas.

Os parâmetros analisados na caracterização qualitativa visam à aplicação de medidas de correção a fim de garantir a resistência necessária da areia. Esses parâmetros são: DBO, DQO, Potencial Hidrogeniônico (pH), Matéria Orgânica, MEV.

2.8.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

Demanda bioquímica de oxigênio, segundo Von Sperling (2005), representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar ou estabilizar a matéria orgânica, que acontece por meio da decomposição aeróbica efetuada por microrganismos no ambiente aquático. Essa decomposição é um processo fundamental para o desempenho dos ecossistemas, que é responsável pela ciclagem de nutrientes.

A DBO, nas estações de tratamento de esgoto é um padrão empregado para verificar a eficácia na decomposição da matéria orgânica, pois se a mesma está sendo consumida, significa que a DBO está elevada. A Resolução nº.430 do Conama determina que a máxima de DBO presente no esgoto deve ser de 60 mg/L.

Segundo a NBR 12614/1992, a determinação da DBO se resume em medidas da concentração de oxigênio desfeito nas amostras antes e depois de um período de incubação à 20°C por 5 dias. No decorrer desses dias acontecerá redução de DBO na água.

2.8.3 Demanda Química de Oxigênio – DQO

Demanda química de oxigênio, mais conhecido por DQO, qualifica a quantidade de oxigênio dissolvido, o OD, consumido no ambiente ácido que leva a degradação de matéria orgânica, estando biodegradável ou não, e é isso que ela se diferencia da DBO. Ela pode ser tida como um processo de oxidação química, onde se faz uso do dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$).

Quando utilizada em companhia da DBO, a DQO é muito útil para observar a biodegradabilidade de despejos. Uma das vantagens da DQO (SPERLING, 1998), é que o método é mais eficiente que o da DBO, visto que ele tem a extensão de 2 a 3 horas e já o outro tem tempo de 5 dias.

2.8.4 Potencial Hidrogeniônico – pH

Potencial Hidrogeniônico ou pH, é o que indica a alcalinidade, acidez ou neutralidade em uma solução e é, na forma conceitual, determinado pela sua concentração de íons de hidrogênio (H^+).

Cruz, Lorenzo e Magano (2005) já abordavam que, o pH é interpretado numa escala que varia os valores de 0 à 14, sendo que o pH 7 é considerado o valor neutro, o pH 0 acidez máxima e o pH 14 a alcalinidade máxima. As soluções com pH entre 0 e 7 são consideradas ácidas e as com pH entre 7 e 14 são consideradas alcalinas ou básicas.

2.8.5 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

Técnica que permite a observação e caracterização de seções polidas dos mais diferentes tipos de materiais a partir da emissão e interação dos feixes de elétrons

retro espalhados sobre a amostra, caracterizando a organização e composição química através da morfologia.

Em baixas ampliações, é possível estudar os defeitos, o arranjo dos agregados, pastas e poros grandes; enquanto em imagens de elevadas ampliações, observa-se a morfologia do material. Já com a variação de contrastes na microestrutura, é possível quantificar através da análise de imagens os constituintes microestruturais, como anidros, porosidade e hidratos.

Para a realização da técnica, utiliza-se o MEV acoplado a um espectrômetro de energia EDS com padrão de calibração interno e tensão de aceleração de 20kV, lâminas de agregado de pequeno formato (4,5x7,0cm) e torrões de agregado seco de 1cm³.

Os princípios utilizados na análise são:

- Reconhecer as principais feições pedológicas observadas nas lâminas e nos torrões, com microscópio ótico e lupa binocular respectivamente, descrevendo as microanálises pontuais e precisando a natureza e variação espacial dos constituintes;
- Identificar os constituintes do fundo matricial: podem apresentar, dependendo da distribuição e natureza do agregado, variabilidade nos padrões de arranjo no interior do agregado. É basicamente constituído pelo plasma (fração granulométrica menor ou igual a 2µm, conhecido como fração argila); esqueleto: (fração granulométrica entre 2 e 2000µm, como os siltes e areia) e poros (volumes vazios capazes de reter e permitir a percolação de líquidos e a passagem de ar).
- Identificar as organizações estruturais: podem ser estrutura de base, que é o resultado do arranjo espacial entre o esqueleto, os poros e o plasma, segundo a classificação de Stoops & Jongerius (1975); e estrutura plásmica, sendo o arranjo espacial das partículas das frações da areia em diferentes direções;
- Elaboração de croquis, construção de quadros sínteses e elaboração de gráficos.

Como o MEV apresenta variação na ordem de grandeza que vai do milímetro ao nanômetro, é possível identificar as estruturas elementares do agregado, com os aumentos concluídos a partir da combinação de *backscattered*, ou elétrons

retroespalhados e elétrons secundários, aumentando o contraste entre a fase mineral e a porosidade (Stoops & Jongerius, 1975).

2.8.6 Granulometria

A distribuição granulométrica é realizada pelo ensaio de granulometria que tem por objetivo determinar características físicas do agregado.

A NBR 7211/2019 estabelece especificações para agregados de concreto.

Existem alguns tipos de ensaios granulométricos, sendo esses: peneiramento, sedimentação e combinação de ambos os processos.

2.8.7 Moldagem dos corpos de prova

Segundo a NBR 5738:2016, que estabelece procedimento para a moldagem e cura dos corpos de prova. É importante que os moldes de corpos de provas atendam os limites mínimos estabelecidos pela norma. Ela estabelece que a altura do cilindro deve ser igual ou o dobro de seu diâmetro, onde o diâmetro deve ser entre 10 cm à 45 cm variando em múltiplos de 5.

Essa norma também estabelece critérios para: haste de adensamento, vibradores, amostragem e abatimento.

Para o adensamento dos corpos de prova, é importante a escolha do método a ser utilizado, que varia em função do abatimento. Para essa escolha do método é utilizada a NBR NM 67:1998.

Após a cura inicial em corpos de prova cilíndricos que tem duração de 24 h, é necessário submeter os mesmos à cura correspondente.

2.8.8 Ensaio de Compressão Axial

A NBR 5739:2018 estabelece ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos, onde há uma tolerância para a execução do ensaio em função da idade de ruptura, que varia de 24 horas a 90 dias.

A apresentação dos resultados obtidos varia entre os tipos de ruptura e devem ser dispostos conforme a NBR 7680-1:2015.

2.9 Descrição Geral da ETE em estudo

A cidade possui aproximadamente 265,2 mil habitantes, e cerca de 30% do esgoto gerado é tratado. Essa porcentagem de esgoto é coletada, dividida e tratada em duas ETE's.

O tratamento da ETE em estudo é através de processos de reator anaeróbio e lodo ativado. A ETE está em operação desde abril de 2015 e tem uma capacidade para atender até 75 mil pessoas, alcançando uma vazão média dos efluentes de até 140 l/s. Atualmente, 18 bairros são atendidos por ela, com um processo de tratamento que consiste na utilização do sistema anaeróbio, garantindo a eficiência de 95% na remoção de carga orgânica, e assim a qualidade da água para reuso.

No ano de 2018, a estação tratou cerca de 2.954.889 m³ de esgoto, ocasionando na extração de 137 toneladas de resíduo orgânico. Atualmente a ETE possui uma parceria com uma central de tratamento de resíduos situado em uma cidade vizinha, onde é realizada a destinação final desse material. Os custos de retirada, transporte e destinação final são arcados pela prefeitura da própria cidade.

Em vista dos diversos aspectos desfavoráveis desde o momento da coleta do resíduo até sua destinação final, o tratamento propõe uma alternativa sustentável proporcionando redução de custos, a minimização de extração de areia natural reduzido assim à degradação ambiental.

2.9.1 Remoção de Resíduo Orgânico no ano de 2018

Segundo a ETE em estudo não há uma separação de todos os resíduos que chegam com o esgoto, e com isso é realizado a remoção do resíduo orgânico. No ano de 2018 conforme a tabela 2, foram removidos uma média de 11,1 toneladas de resíduo orgânico. Esse resíduo fica situado na caixa de areia e é removido e armazenado em caçambas.

Tabela 2 - Dados operacionais da ETE no ano de 2018.

DADOS OPERACIONAIS DA ETE EM 2018	
Mês	Remoção de Resíduo Orgânico (toneladas)
Janeiro	7,1
Fevereiro	13,1
Março	29,4
Abril	10,8
Maio	6,7
Junho	7,2
Julho	10,9
Agosto	8
Setembro	8
Outubro	10
Novembro	12,4
Dezembro	9,8
Média	11,1

Fonte: ETE em estudo.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

- Areia residual;
- Cimento Portland;
- Areia média comercial;
- Brita nº1;
- Hipoclorito de sódio com concentração de 5%;
- Água potável;
- Ácido tânico;
- Água destilada;
- Água deionizada;
- Hidróxido de sódio com 100% de pureza;
- Álcool etílico com 95,9% de pureza.

3.2 Equipamentos

- Balança analítica de precisão – Gehaka AG200;
- Jogo de peneiras ASTM;
- Tronco cone;
- Moldes para corpos de prova;
- Estufa – Odontobrás EI 1.0;
- Bastão de vidro;
- Cadinho de porcelana;
- Espátula;
- Microscópio de Varredura Eletrônica – Hitachi TM 3000;
- Cilindro graduado de 100ml;

- Potenciômetro com eletrodo combinado – PSH -3E-BI
- Betoneira;
- Bécher;
- Prensa Hidráulica – EMIC Instron PC 100C
- Balão de ensaio;
- Tubo de ensaio;
- Agitador – Quimis Q235-2;
- Vidro-relógio;
- pHmetro de Bancada – PHS-3E.

Os procedimentos adotados para o estudo do material estão dispostos conforme figura 5.

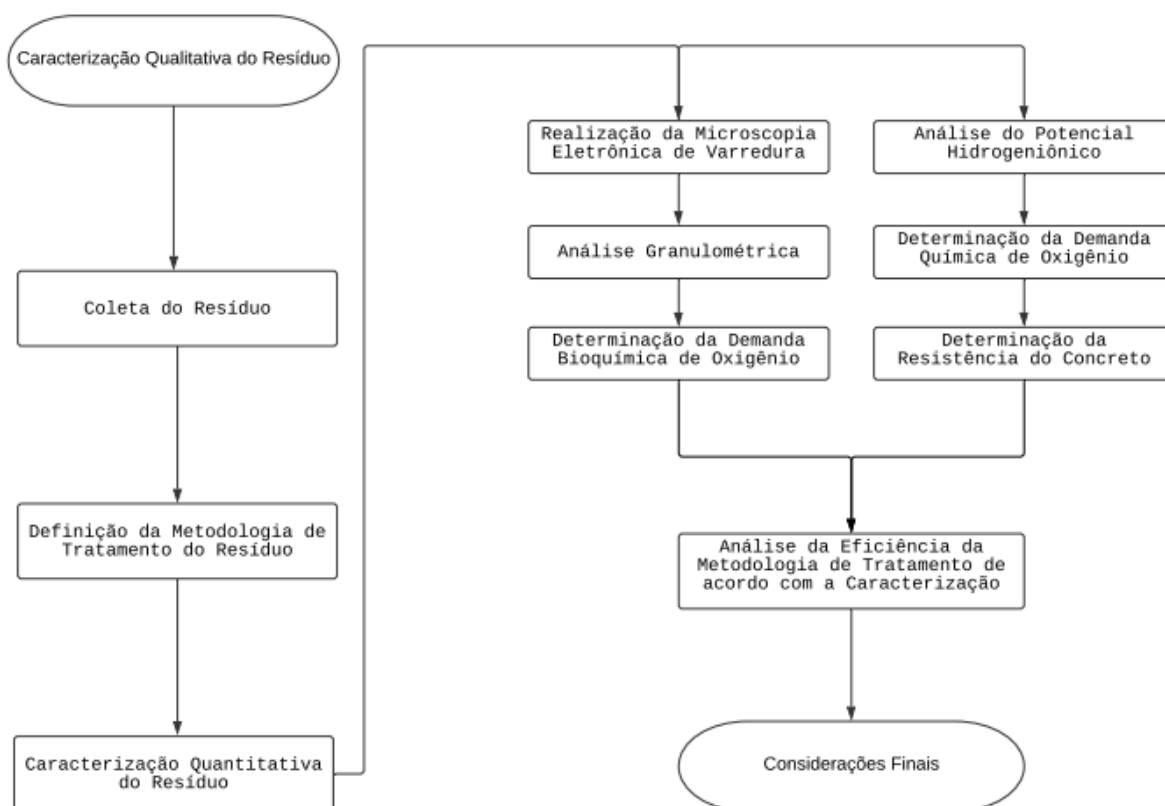


Figura 5 - Fluxograma de procedimentos.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para análise e estudo do material, foram coletados de uma Estação de Tratamento de Esgoto localizada no estado do Rio de Janeiro, cerca de 100 quilos de areia. Este material foi armazenado em tambor, vedado e com capacidade de 45kg, acondicionado em local arejado até que fosse deslocado ao laboratório para análise e caracterização da areia.

3.3 Preparo e Amostragem do Material

Avaliou-se o desenvolvimento do processo de higienização com hipoclorito de sódio na concentração de 5% para a desinfecção da areia retida no desarenador. A primeira etapa de higienização foi realizada com água potável e 70 quilos de areia residual.

3.3.1 Lavagem da areia

Essa etapa tem como objetivo a inativação de micro-organismos e a possível oxidação da matéria orgânica. A areia foi disposta em uma betoneira onde foi lavada com dois tipos de preparos de solução:

- Primeira solução: areia e água potável;
- Segunda solução: areia, água potável e hipoclorito de sódio.

O procedimento foi realizado três vezes para a primeira solução e três vezes para a segunda solução, durante 10 minutos cada conforme apresentado na figura 6. A lavagem da areia em com água potável em conjunto ao hipoclorito de sódio é de grande importância, permitindo que parâmetros sejam analisados para a melhoria da qualidade da água e tratamento da areia residual.



Figura 6 - Lavagem da areia em betoneira.
Fonte: Autores.

3.3.2 Secagem da areia

Após a lavagem, a areia residual foi disposta em fôrmas conforme a figura 7 forradas com tecido, para maior absorção da água, auxiliando e diminuindo o tempo de secagem do material, em seguida, o mesmo foi disposto em estufa para a secagem a 105 °C por 24 horas.



Figura 7 - Areia disposta em fôrmas forradas com tecido.
Fonte: Autores.

3.3.3 DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

As análises de DBO do lixiviado da areia não tratada e tratada foram realizadas pelo laboratório AMPRO Análises Industriais, no qual o método analítico seguiu a metodologia SM 5210 B, referenciada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th Edition*. Para tal, foi enviada uma alíquota de 1 litro do lixiviado da areia tratada e não tratada para análise.

O método de realização da DBO consiste em esterilizar os frascos, enxaguar e deixar escorrer. Seguindo as recomendações da *Standard Methods (2001)*, é necessário preparar os reagentes com antecedência e descartar o mesmo ao sinal de qualquer crescimento biológico ou precipitação nos frascos.

É necessário a realização de 4 soluções nutriente seguindo parâmetros *Standard Methods (2001)* com cuidados em relação a incubação e a concentração inicial de Oxigênio Dissolvido – OD. A incubação ocorreu à temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ com a solução de glicose-ácido glutâmico, as diluições, branco da água e controle de *seed*; excluindo de toda luz e incubando por $5 \text{ dias} \pm 6 \text{ horas}$ e repetindo o processo de medição do OD em cada frasco incubado.

O resultado é dado através da equação 1 e expressa em $\text{mg O}_2/\text{L}$:

$$DBO \left(\frac{\text{mg O}_2}{\text{L}} \right) = \frac{[(OD_i - OD_f) - Semente] * [V_{\text{Frasco}}] * [F_{\text{Diluição}}]}{V_{\text{amostra}}}$$

Equação 1 - Equação para resolução da DBO.

Sendo:

- OD = Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ antes e depois de incubar;
- Semente = Medida entre os valores de OD;
- V_{Frasco} = Volume do frasco de DBO;
- $F_{\text{Diluição}}$ = Fator de diluição se necessário;
- V_{amostra} = Volume da amostra.

3.3.4 DQO – Demanda Química de Oxigênio

O princípio que norteia o teste de DQO é o fato de que todos os compostos orgânicos podem ser oxidados pela ação de agentes oxidantes quando há uma condição muito forte de ácidos

Na execução do procedimento é necessário a aplicação de amostras de DQO³ 50 mg O₂/L de esgoto doméstico.

Segundo o Standard Methods SM5210B o procedimento de determinação da DQO é necessária uma análise laboratorial que se baseia na oxidação da matéria orgânica usando-se reagentes específicos. A amostra depois da preparação, que consiste na diluição da areia com água preparada, é aquecida no decorrer de 2 horas com temperatura de 147,8 °C.

3.3.5 Granulometria

Este ensaio é utilizado para definir a percentagem em peso que a faixa especificada de tamanho do grão representa na massa seca utilizada no ensaio, conhecendo a distribuição granulométrica e representando-a através da denominada curva granulométrica, que permite determinar as características físicas do grão.

Para este trabalho, utilizou-se o ensaio de peneiramento, que consiste em secar uma amostra da areia em estufa e determinar seu peso, colocar essa amostra em peneiras, que estão dispostas da maior para a menor, e então lavá-las para o

vibrador de peneiras, onde devem ficar o tempo necessário para separação das frações.

Através deste ensaio é possível determinar a massa total da amostra seca (M_s), e a percentagem de materiais que passam nas peneiras (Q_g), conforme equações 2 e 3:

$$M_s = \frac{(M_t - M_g)}{(100 + h)} \times 100 + M_g$$

Equação 2 - Massa Total da amostra seca.

Sendo:

- M_s = Massa Total da Amostra Seca;
- M_t = Massa da Amostra Seca;
- M_g = Massa do material seco retido na maior peneira;
- h = Umidade Higroscópica do Material passado na maior peneira.

$$Q_g = \frac{(M_s - M_i)}{M_s} \times 100$$

Equação 3 - Porcentagem de Materiais que passam pelas peneiras.

Sendo:

- Q_g = Porcentagem de material que passou em cada peneira;
- M_s = Massa Total da Amostra Seca;
- M_i = Massa do material retido acumulado em cada peneira.

3.3.6 Matéria orgânica

Para a execução da análise utilizou-se como base a NBR NM 49:2001 que dispõe de aparelhagens, método de execução e análise de resultados. Na execução esterilizou-se o vidro-relógio, balões de ensaio, espátula e demais equipamentos com água destilada. Após, pesou-se 15g de hidróxido de sódio, homogeneizando manualmente com água destilada no balão *Erlenmeyer* de 500ml, preparando assim

a solução de hidróxido de sódio. Pesou-se também 1g de ácido tânico, colocando em um balão *Erlenmeyer* de 500ml, junto com 5ml de álcool etílico, completando com água destilada, homogeneizando manualmente, sendo esta a solução de ácido tânico conforme apresentado na figura 9.

Em outro frasco, adicionou-se 200g de areia residual tratada, com 100ml da solução de hidróxido de sódio preparada anteriormente, agitando vagarosamente e deixando em repouso no frasco envolvido por papel laminado e em ambiente escuro por 24 horas. O processo foi repetido com a areia residual não tratada. Ao fim do tempo de repouso, a solução passou pelo processo de filtração com papel de filtro.

Simultaneamente à solução de hidróxido de sódio, preparou-se a solução padrão, que consiste em 3ml da solução de ácido tânico a 2% e 97ml da solução de hidróxido de sódio a 3%, agitando e deixando o frasco envolvido em papel laminado em repouso em ambiente escuro por 24 horas. Após o período de repouso, a solução padrão foi transferida para um tubo de ensaio.

Seguindo a NBR NM 49:2001, comparou-se a cor da solução com a presença de areia residual após a filtragem com a solução padrão, verificando e anotando se a solução com agregado é mais clara ou mais escura, conforme apresentado nas figuras 8, 9 e 10.



Figura 8 - Preparação da solução de Hidróxido de sódio a 3%.
Fonte: Autores.



Figura 9 - Preparação da solução de Ácido tânico a 2%.
Fonte: Autores.



Figura 10 - Soluções em repouso.
Fonte: Autores.

3.3.7 Análise de pH

A medição foi realizada através de eletrodo combinado como mostrado na figura 11, imerso em suspensão e seguindo os preceitos da NBR 7353:2014, onde foi colocado 10ml de solo em copo de 100ml numerado. Após, adicionou-se 25ml de líquido (pode ser água, KCl 1N ou CaCl), agitando a amostra com bastão de vidro e então mergulhando o eletrodo na suspensão homogeneizada e assim foi realizado a leitura do pH.



Figura 11 - Análise do pH através da submersão de eletrodo combinado.
Fonte: Autores.

3.3.8 MEV

Um filamento de tungstênio é aquecido por uma voltagem de 200V a 300V no equipamento ilustrado na figura 12, liberando um feixe de elétrons em todas as direções, onde uma passagem no anodo permite a chegada às lentes magnéticas. Os elétrons coletados no anodo são acelerados devido à diferença de potencial e a voltagem do filamento e o anodo, em que a abertura permite que apenas uma fração dos elétrons continue a trajetória, sendo o a outra fração coletada e retirada através do fio-terra.

O processo foi realizado pelo equipamento Hitachi TM 3000 onde as lentes eletromagnéticas condensadoras reduzem o feixe eletrônico, e as bobinas geram um campo magnético homogêneo no interior das lentes, onde, ao atingir a superfície da amostra, os feixes de elétrons reagem modificando sua velocidade inicial e mudando a trajetória. Através dessa interação, o feixe de varredura atingiu a superfície da amostra, e o mesmo foi transportado junto ao feixe que produz a imagem na tela, construindo em vídeo a imagem tridimensional da areia analisada.



Figura 12 - Aparelho utilizado para análise do MEV.
Fonte: Autores.

3.3.9 Dosagem e Ensaio de Compressão do Corpo de Prova

Para o presente trabalho, foram utilizados corpos de prova cilíndricos de 10cm de diâmetro. A dosagem, a cura e o ensaio de compressão foram realizados no laboratório de solos do UniFOA em Três Poços, Volta Redonda.

A dosagem para a fabricação dos corpos de prova foi de 1:3:3:0,5.

O cimento, brita, areia e água conforme traço, foram colocados na betoneira, e misturados por 10 minutos. A dosagem de substituição de areia foi realizado conforme apresentado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Tabela de variações da areia.

TABELA DE VARIAÇÕES DA AREIA

	AC	AT
A0	100%	0%
A1	20%	80%
A2	40%	60%
A3	60%	40%

Fonte: Autores.

Obs.: AC – Areia Comercial

AT – Areia Tratada

Antes da moldagem dos corpos de prova, foi necessário aplicar uma fina camada de revestimento com óleo mineral ou outro lubrificante, que não reaja com o cimento. Após, os moldes foram apoiados em uma superfície rígida, e o concreto foi misturado novamente para ficar uniforme, sendo em seguida, colocado nos moldes com uma concha, e seguindo a recomendação da NBR 5738/2016 com o número de 2 camadas e 12 golpes, para adensamento manual em corpos de prova cilíndricos de 100mm de diâmetro.

O adensamento não deve atingir a base do molde na primeira camada, sendo distribuído uniformemente na seção transversal do molde. As camadas seguintes devem ser adensadas em toda a espessura, com a haste penetrando cerca de 2 centímetros da camada anterior, e dar leves batidas no lado externo do molde para fechar os vazios causados pelo adensamento.

A quantidade de concreto adicionada na última camada deve ser maior, para ocorrer o rasamento com régua metálica ou colher de pedreiro do material, e não a adição de concreto após o adensamento. Sendo assim, os corpos de prova foram cobertos por material impermeável não absorvente e não reativo por 24h para que não houvesse perda de água do concreto. Após esse período, os corpos de prova assim como os dispostos na figura 13 foram desmoldados e submersos na cura úmida até o dia do ensaio.

Os ensaios foram realizados com 7, 14, 21 e 28 dias de cura, sendo os corpos de prova retirados somente no momento do ensaio. Para a execução do ensaio, mensurou-se a altura e o diâmetro dos corpos de prova que devem ser medidas com precisão de 0,1mm. O equipamento para a realização dos ensaios deve ser limpo e os pratos da máquina devem ser secos, colocando o corpo de prova centralizado, na mesma direção em que foi moldado, coincidindo o eixo da prensa com o eixo do corpo de prova. Aplicou-se o carregamento continuamente na velocidade de aproximadamente 0,5 MPa até a ruptura do corpo de prova, sendo cessado então, e anotado a resistência à compressão dada em MPa, conforme figura 14.



Figura 13- Corpos de Prova com cura de 14 dias.
Fonte: Autores.



Figura 14 - Ensaio de Compressão axial do corpo de prova.
Fonte: Autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a lavagem da areia residual com o hipoclorito de sódio na concentração de 5%, houve redução do odor e alteração da cor. Contudo, análises quali-quantitativas (química, física, mecânica e morfológica) foram executadas para averiguar a eficácia do tratamento, bem como o uso do material em questão para fim não estrutural. Devido a possível contaminação ou baixa concentração de hipoclorito, uma nova lavagem da areia com NaOCl com concentração de 12% foi realizada, evidenciando ausência de odor, bem como coloração próxima à da areia comercial. As análises de DBO, DQO e MEV foram refeitas, comprovando as hipóteses levantadas.

4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os resultados obtidos nas análises das amostras de lixiviado do material antes e após o tratamento, podem ser observados na tabela 4. Intrigantemente após o tratamento os valores aumentaram, ocorrência que formula a hipótese de contaminação no processo e/ou a concentração de 5% não tenha sido suficiente para o *breakpoint* da reação, tendo em vista que agente oxidante NaOCl tenha somente solubilizado o material e não de fato o tratado. Sendo o material solubilizado oxidado na análise de DBO e DQO e matéria orgânica, hipótese que coaduna com as elevações dos valores após o tratamento. Por este motivo, faz-se necessário inspeções complementares para a partir de uma nova lavagem com concentração de 12 %, maior tempo de residência e avaliação da presença de organoclorados.

Tabela 4 - Resultado da DBO.

Amostra	Resultado	Unidade
Não tratada- ANT	139,00	mg/L
Tratada- AT	329,00	mg/L

Fonte: Ampro Análises Industriais, 2019

O Relatório de Ensaio tipo A apresentado pela empresa, foram acreditados conforme ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Após a nova lavagem com o hipoclorito de sódio na concentração de 12%, as amostras foram enviadas para análise, e os resultados foram satisfatórios, apresentando diminuição do valor após o tratamento, conforme mostra a tabela 5:

Tabela 5 - Resultado da DBO após lavagem com NaOCl de 12%.

Amostra	Resultado	Unidade
Não tratada- ANT	139,00	mg/L
Tratada- AT	125,00	mg/L

Fonte: Ampro Análises Industriais, 2019

4.2 Demanda Química de Oxigênio

É possível observar na tabela 6 que a amostra em triplicata antes do tratamento obteve indicadores com variação de 86,91 a 85,24 e os indicadores após o tratamento obteve um resultado entre 441,97 a 447,88. Com isso, indica-se que o aumento da DQO no tratamento pode estar relacionado com a inserção do cloro utilizado no tratamento preliminar da areia ou ainda hipóteses levantadas nas discussões das análises de DBO.

Tabela 6 - DQO em triplicata.

DQO EM TRIPLICATA				
	Primeira	Segunda	Terceira	Unidade
AT	441,97	445,13	447,88	mg/L
ANT	86,91	83,66	85,24	mg/L

Obs.: AT – Amostra Tratada.

ANT – Amostra Não Tratada.

Fonte: Autores

Com a lavagem, os resultados obtidos foram os esperados, visto que o valor da areia tratada manteve-se mais alto que o da areia não tratada, conforme a tabela

7, devido a DQO compreender além da matéria orgânica, também a matéria inorgânica, que é o caso do agente oxidante utilizado.

Tabela 7 - DQO após lavagem da areia com agente oxidante.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO		
AT	177,00	mg/L
ANT	88,60	mg/L

Obs.: AT – Amostra Tratada.

ANT – Amostra Não Tratada.

Fonte: Autores

4.3 Granulometria

Os ensaios de granulometria da areia foram realizados conforme a NBR NM 248 e também a NBR 7211/2019. Com isso foi possível verificar a curva granulométrica da areia passante tratada e passante comercial na figura 15, que foi utilizada como parâmetro de comparação. A granulometria da areia tratada obtida é fina, com isso, sua utilização como agregado ao concreto com aplicação em calçadas segundo a NBR 1338 de 1990 pode ser considerada viável.

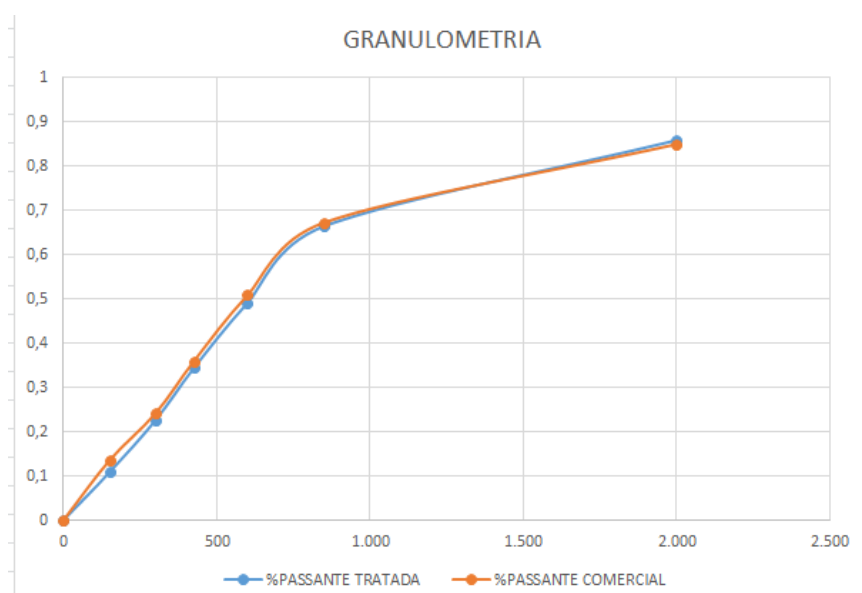


Figura 15- Comparativo da granulometria da areia residual tratada e areia comercial.
Fonte: Autores.

4.4 Matéria Orgânica

Comparando a solução com areia residual à solução padrão após o processo de repouso e filtração, verificou-se a presença de matéria orgânica, pois a mesma manteve-se mais escura que a solução padrão, conforme figura 16:



Figura 16 - Coloração das amostras em comparação à solução padrão.
Fonte: Autores.

A análise de matéria orgânica foi refeita, e embora a areia apresentasse ausência de odor, e coloração semelhante à areia comercial, ambas estiveram mais escuras que a solução padrão, conforme figura 17, devido à presença de matéria orgânica. Esse resultado já era esperado, pois a areia comercial não é livre da presença desses microrganismos, porém em menores quantidades.

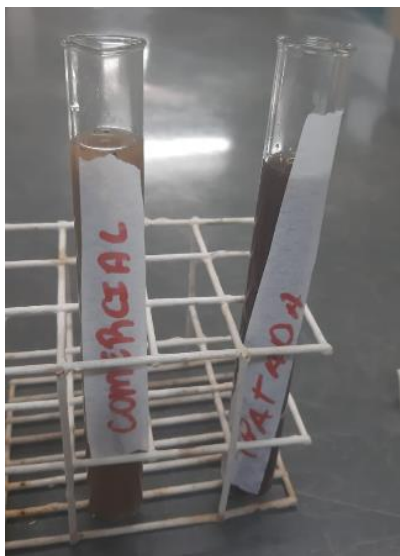


Figura 17 - Análise da matéria orgânica da areia residual tratada e areia comercial.
Fonte: Autores.

4.5 pH

O pH da amostra de areia residual antes do tratamento com hipoclorito de sódio foi de 8,34, sendo assim alcalino. Utilizando como parâmetro o pH da areia comercial, que foi de 9,33 esta também foi considerada alcalino.

Realizou-se um comparativo entre as análises de pH conforme figura 18, utilizando como parâmetro a areia comercial e após o tratamento, observou-se um aumento de 7,91% do valor do pH da areia tratada em relação à areia não tratada, indicando maior basicidade da mesma.

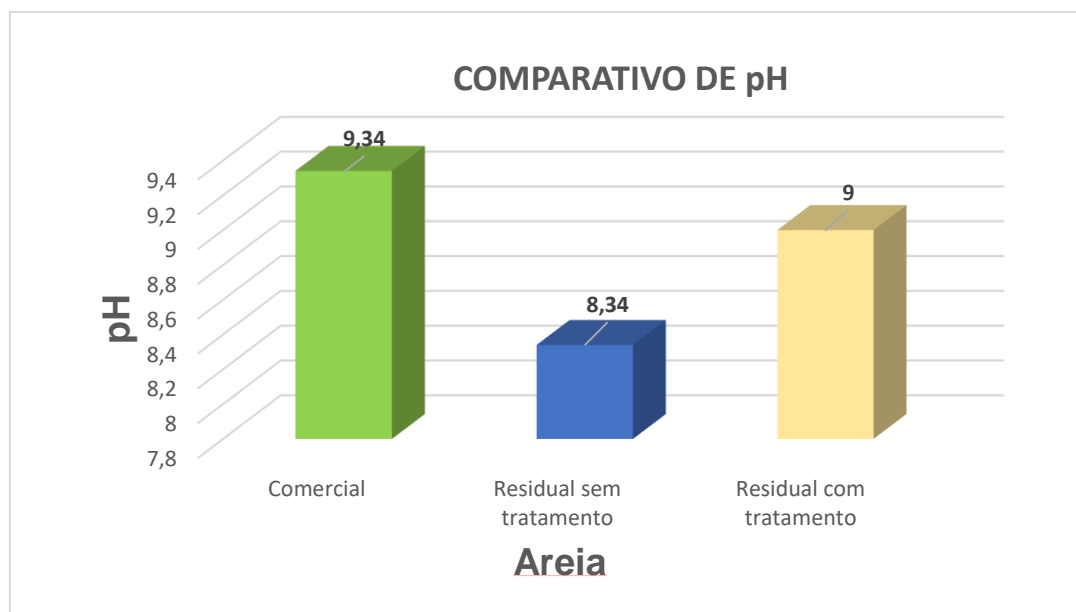


Figura 18 - Comparativo de pH entre as amostras de areia.
Fonte: Autores.

Após o tratamento, como pode ser observado na figura 18, o pH da areia tratada aumentou para 9,00; que mesmo sendo um valor considerado alcalino, ainda indica a presença de microrganismos na areia.

Uma das alternativas para o aumento do pH da areia segundo Yamane (2007), é a adição de calcário à mesma, que aumenta a basicidade eliminando assim os microrganismos.

4.6 MEV

Com efeito de validar o tratamento e complementar a análise qualitativa de matéria orgânica, apresentam-se as imagens registradas pela microscopia de varredura óptica da areia antes e após o tratamento proposto. Pode ser verificada por meio das figuras 19 à 24. Nela, observa-se uma diminuição de matéria orgânica dispersa, por meio do aumento dos conglomerados como indicado pelo círculo em vermelho. Ressalta-se, que tal avaliação é apenas física e necessita de complementação de análises químicas para confirmação da hipótese levantada. Que neste estudo, os resultados de DQO e DBO apresentaram negação quanto a eficácia do tratamento. Tendo em vista seu aumento, que pode ter ocorrido por meio de

contaminação em alguma etapa do processo, estufa, betoneira devido ao extenso número de projeto executados nos equipamentos em questão e etc. De forma a convalidar os dados obtidos, os pesquisadores deste estudo, refizeram o processo simulando as mesmas condições físicas e químicas, contudo em ambientes diferentes para a secagem, que foi ao ar livre e a lavagem em um recipiente plástico estéril ao invés da betoneira, sendo o resultado apresentado nas figuras 25 e 26.

Pôde-se observar um aumento significativo no espaçamento entre os grãos, após a repetição do processo, evidenciando a diminuição da matéria orgânica em comparação ao processo feito anteriormente, confirmando as hipóteses levantadas.

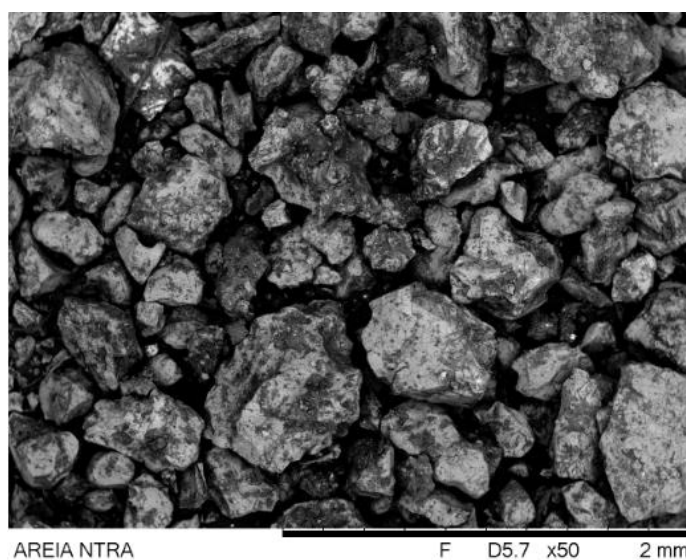


Figura 19 - Areia antes do tratamento, com corrida de x50.
Fonte: Autores.

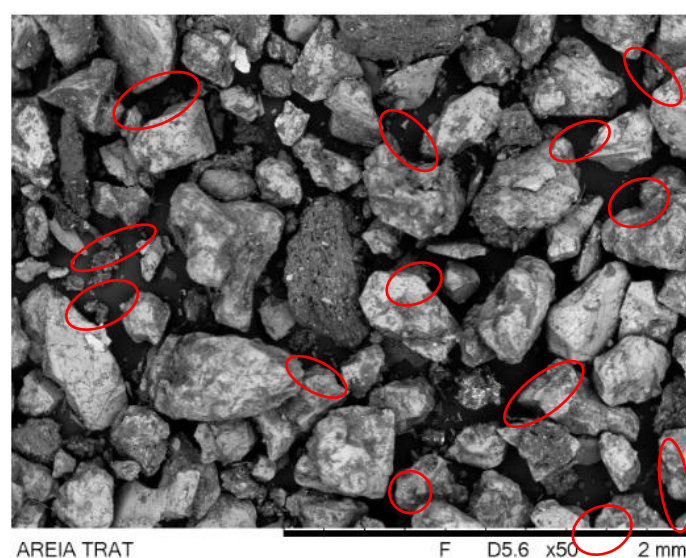


Figura 20 - Areia após tratamento, com corrida de x50.
Fonte: Autores.

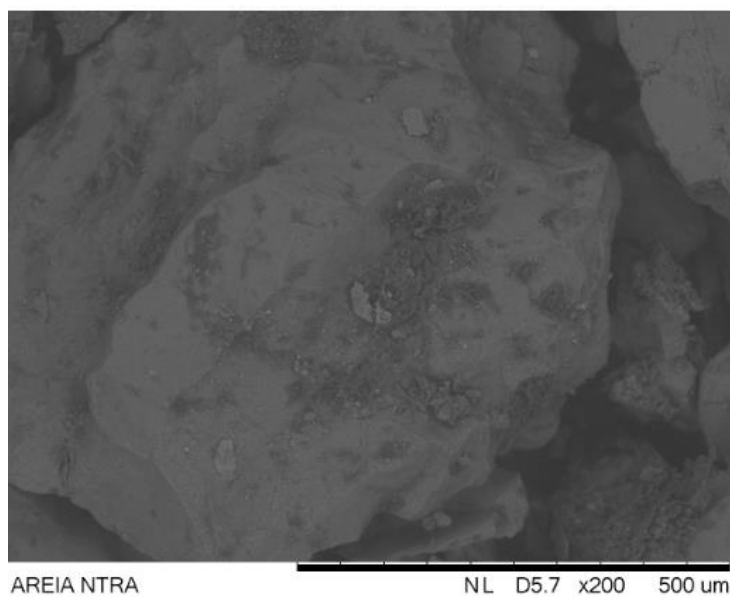


Figura 21 - Areia antes do tratamento, com corrida de x200.
Fonte: Autores.

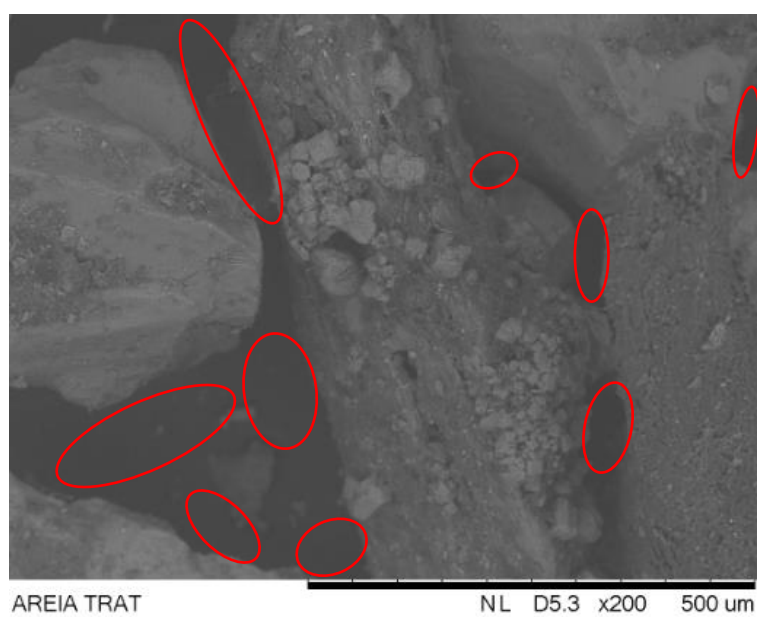


Figura 22 - Areia após tratamento, com corrida de x200.
Fonte: Autores.

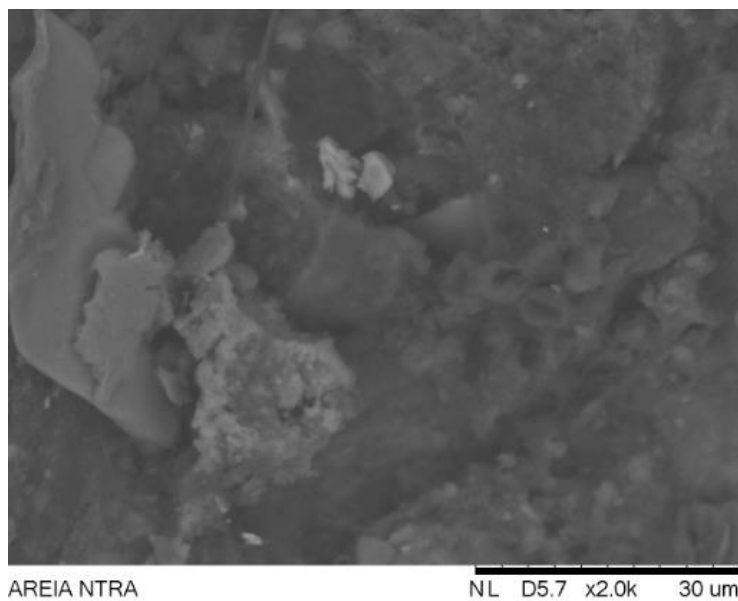


Figura 23 - Areia antes do tratamento, com corrida de x2,0k.
Fonte: Autores.

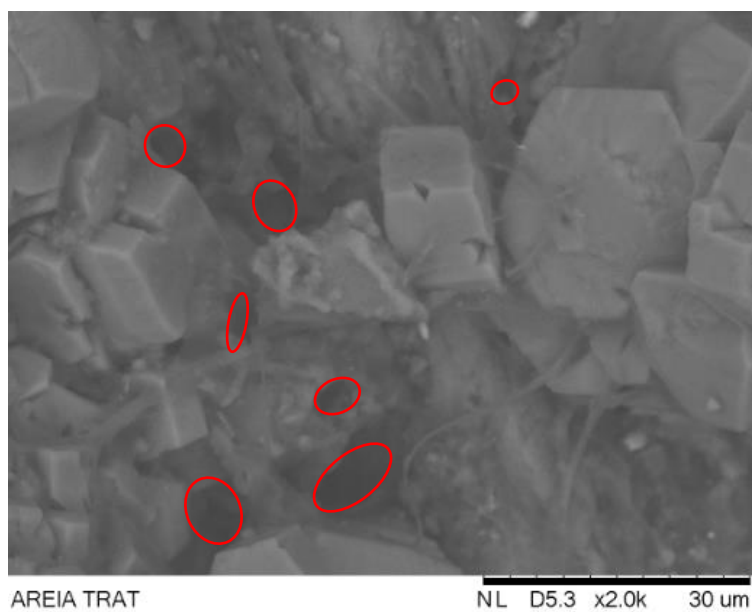


Figura 24 - Areia após tratamento, com corrida de 2,0k.
Fonte: Autores.

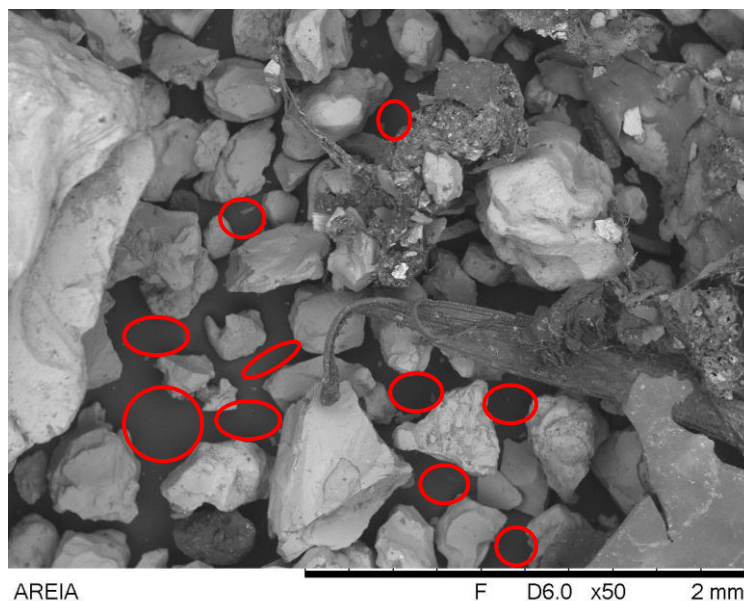


Figura 25 - Areia após lavagem com NaOCl com concentração de 12%, com corrida de x50.
Fonte: Autores.

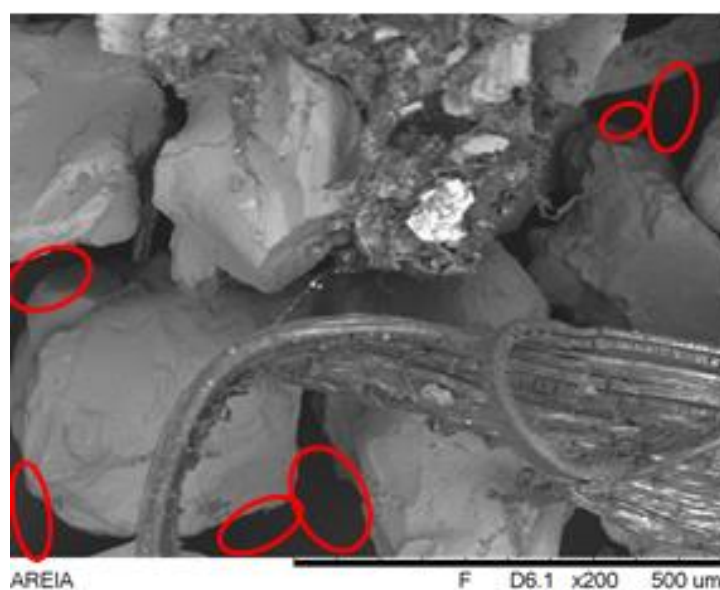


Figura 26 - Areia após lavagem com NaOCl com concentração de 12%, com corrida de x200.
Fonte: Autores.

4.7 Resistência a Compressão Axial

Através dos ensaios de compressão com os corpos de prova com cura de 07, 14, 21 e 28 dias conclui-se que pela média das resistências obtidas com 20%, 40% e 60% conforme figura 27, a maior resistência obtida foi a de 9,56 Mpa com 28 dias de cura. A NBR1338/1990 estabelece como resistência mínima 11Mpa, com isso os

resultados obtidos não foram satisfatórios pois não atendem ao limite mínimo estabelecido por norma.

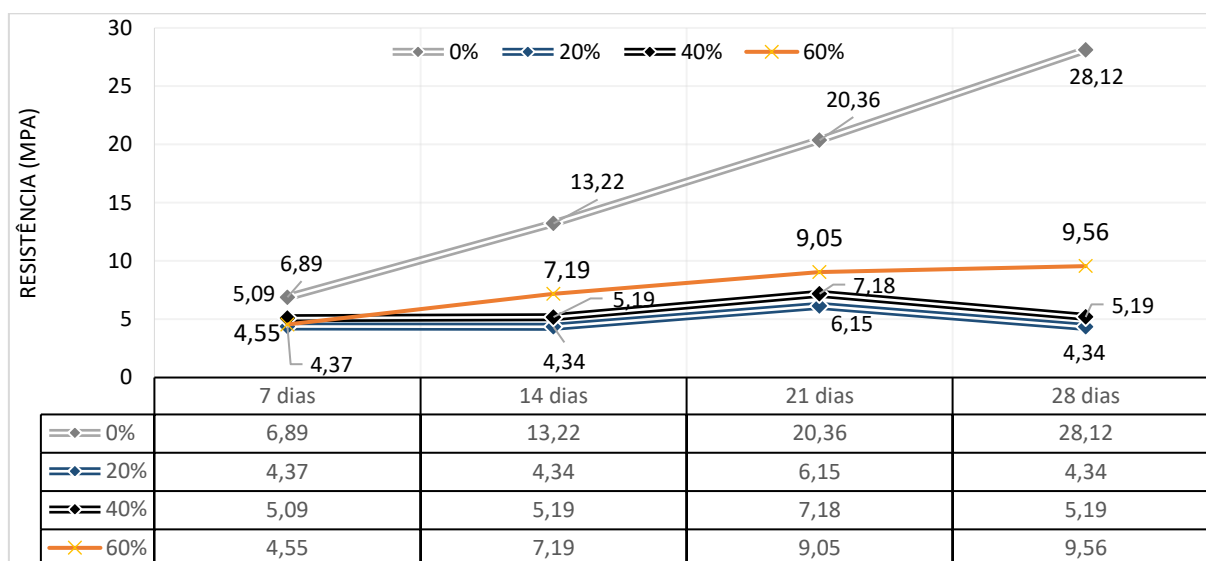


Figura 27 - Resistência à compressão do concreto com média de três variações de porcentagem de areia residual.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.8 Custos

Tendo como base os testes, ensaios e análises realizados durante o processo de desenvolvimento do trabalho, levantou-se as despesas geradas a partir da lavagem e caracterização da areia residual coletada.

Na tabela 8, foram analisados os custos individuais que cada aparelho utilizado ocasionou, levando em conta a sua voltagem e o tempo em que ele foi usado segundo as especificações da companhia de energia do estado. Já a tabela 9 apresenta, de forma geral, os custos gastos, desde a energia consumida até a análise específica que foi efetuada, gerando o valor de custo total de R\$ 370,52. A tabela 10 indica o gasto total para tratamento de 70kg de areia residual, excluindo-se o gasto com estufa, visto que o objetivo do presente estudo é o tratamento químico e não térmico, levando em consideração a secagem da areia ao ar livre em condições climáticas favoráveis.

Tabela 8 - Custos por equipamento.

EQUIPAMENTOS							
Produto	Marca	Potência	Voltagem	Modelo	Custo Unitário	Qtd Utilizada	Custo Final
Agitador	Quimis	110/220 V	200 W	Q-235A	R\$ 0,66	0,26 kWh	R\$ 0,17
Estufa	Odontobrás	110/220 V	1100 W	EL- 1.5	R\$ 0,66	132 kWh	R\$ 87,12
Bloco Digestor	Alfakit	220 V	300 W	AT 509	R\$ 0,66	0,6 kWh	R\$ 0,39
Microscópio Eletrônico de Varredura	Hitachi	220 V	350 W	TM 3000	R\$ 0,66	0,84 kWh	R\$ 0,55
Betoneira	Menegotti	110 V	550 W	488925	R\$ 0,66	2,2 kWh	R\$ 1,45
Balança	Welmy	110/220 V	15 W	BCW 15 LCD	R\$ 0,66	0,07 kWh	R\$ 0,05
Máquina Universal De Ensaio	EMIC	110/220 V	1100 W	D L 2000	R\$ 0,66	4,4 kWh	R\$ 2,90

Fonte: Autores.

Tabela 9 - Custos gerais.

CUSTOS E GASTOS GERAIS					
Item	Insumos	Unidade	Custo Unitário	Qtd Utilizada	Custo Final
1	Eletricidade	kWh	R\$ 0,66	141 kWh	R\$ 92,63
2	Água	m ³	R\$ 1,78	0,192 m ³	R\$ 0,34
3	Bombonas	Item	R\$ 45,00	3	R\$ 135,00
4	Hipoclorito de Sódio 5%	Litro	R\$ 3,19	5 L	R\$ 15,95
5	Cimento	Kg	R\$ 0,80	10 Kg	R\$ 8,00
6	Areia Comercial	m ³	R\$ 266,67	0,036 m ³	R\$ 9,60
7	Brita	m ³	R\$ 250,00	0,036 m ³	R\$ 9,00
16	Análise da DBO	Item	R\$ 50	2	R\$ 100,00
TOTAL					R\$ 370,52

Fonte: Autores.

Tabela 10 - Custo do processo de lavagem de 70kg de areia.

CUSTO DO PROCESSO DE LAVAGEM DA AREIA					
Item	Insumos	Unidade	Custo Unitário	Qtd Utilizada	Custo Final
1	Energia Elétrica (Sem estufa)	kWh	R\$ 0,66	8,37 kWh	R\$ 5,52
2	Água (+50% de retorno)	m ³	R\$ 2,67	0,19 m ³	R\$ 0,51
3	Hipoclorito de Sódio	L	R\$ 3,19	5 L	R\$ 15,95
TOTAL					R\$ 21,98

Fonte: Autores.

5 CONCLUSÃO

De acordo com a proposta inicial do trabalho, as principais conclusões são:

- I. Após a lavagem com hipoclorito de sódio concentração a 5%, houve redução no odor e cor da areia, porém, há uma diferença relevante se comparado a areia comercialmente vendida.
- II. Houve melhora significativa na coloração e odor da areia com hipoclorito de sódio concentração 12%.
- III. Os resultados obtidos na DBO e DQO foram insatisfatórios tendo em vista a hipótese de contaminação e/ou insuficiência na concentração utilizada.
- IV. Após a lavagem com 12% houve diminuição comprovando as hipóteses anteriormente levantadas.
- V. A matéria orgânica da amostra tratada e amostra não tratada não apresentou uma diferença relevante na coloração e com isso, sendo um indicador da hipótese de que a concentração de 5% de NaOCl utilizado de fato não tenha tratado a areia.
- VI. O pH da areia utilizado como parâmetro entre a areia tratada é alcalino, porém utilizando como comparativo com a areia antes e após o tratamento, observa-se que ambos são alcalinos.
- VII. A avaliação física do MEV com a areia tratada com 5% apresentou baixa diminuição da matéria orgânica, tendo em vista os espaçamentos e conglomerados.
- VIII. Com a areia tratada a 12% na avaliação física do MEV houve maior diminuição da matéria orgânica, tendo em vista o aumento dos espaçamentos e conglomerados.
- IX. A maior média das resistências obtidas com a cura de 28 dias do concreto foi a de 60% de areia comercial com 40% da areia tratada que obteve 9,56 Mpa, apresentando assim um valor inferior ao estabelecido pela NBR NB 1338/1990 não podendo ser aplicada em concreto não estrutural.
- X. O levantamento de gastos do trabalho gerou um custo de R\$ 370,52, levando em consideração energia gasto equipamentos, insumos e água.

- XI. É necessário seguir preceitos estabelecidos por normas em toda pesquisa experimental, porém em sua execução, alguns fatores podem intervir no desenvolvimento e com isso influenciar o resultado obtido.
- XII. Ocorreram variações das resistências nos diferentes percentuais, onde o maior resultado obtido não atendeu o valor mínimo estabelecido por norma, fato que pode ter sido influenciado por contaminação e/ou concentração de NaOCl insuficiente para o tratamento da areia residual. Com isso, a areia não está apta a ser utilizada como insumo em concreto não estrutural por não atender os parâmetros mínimos estabelecidos por norma.

7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Como recomendação futura, faz-se necessário:

- Realizar cuidados necessários para que não haja a contaminação das amostras analisadas no processo;
- Realizar um comparativo mais preciso nas análises de DQO e DBO utilizando como parâmetro areia comercialmente vendida;
- Realizar a caracterização da areia com ensaios de DRX.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. 7 Ed. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf>> Acesso em: 14 ago. 2019.

ABRELPE, 2017, PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, **Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf>. Acesso 17 out. 2019.

AMBROZEWICZ, Paulo. **Materiais de construção**. São Paulo, 2012.

_____. **NBR NM 49**: Agregado miúdo– Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NB 1338**: Execução e utilização de passeios públicos. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 5738** Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 5739**: Concreto –Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2019.

____. **NBR 7353**: Soluções aquosas – Determinação do pH com eletrodos de vidro. Rio de Janeiro, 2014.

____. **NBR 7680-1**: Concreto – Extração, preparo, ensaio, análise de testemunhos de estruturas de concreto parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

____. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitário. Rio de Janeiro, 2011.

____. **NBR 12255**: Execução de passeios públicos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1990.

____. **NBR 12614**: Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20°C, cinco dias) – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

____. **NBR ISSO/IEC 17025**: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2017.

BORGES, Nayara Batista. **Aproveitamento dos Resíduos Gerados no Tratamento Preliminar de Estações de Tratamento de Esgoto (2014)**. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-16012015-153958/publico/Tese_Borges_2014.pdf> Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_26.06.2019/art_20_.asp> Acesso em: 17 ago. 2019.

BRASIL, CONAMA Nº 430 de 13 de Maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, Complementa e Altera a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 17 set. 2019.

BRASIL, CONAMA Nº 001 de 23 de Janeiro de 1986. **Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental com um dos Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente**.

Disponível: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902>> Acesso em: 17 set. 2019.

BRASIL, LEI Nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998. **Dispõe Sobre as Sanções Penais e Administrativas Derivadas de Condutas e Atividades Lesivas ao Meio Ambiente, e dá Outras Providências.** Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9605.htm> Acesso em: 14 ago. 2019.

BRASIL, Decreto nº7.404 de 23 de Dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que Institui a Política Nacional de Recursos Sólidos, Cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá Outras Providências.** Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm> Acesso em: 14 ago. 2019.

CHERNICHARO, Carlos Augusto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. **Esgotamento Sanitário.** Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-PTE.1.pdf>> Acesso em: 17 ago. 2019.

CRUZ, Isa; LORENZO, Joana; MAGANO, Sandra. **Determinação do pH de Diversas Substâncias.** Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/estagios/jovens/ocjf2005/isel/ph.pdf>> Acesso em: 14 out. 2019.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes; COELHO, José Mário. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/minera.pdf> Acesso em: 25 ago. 2019.

FERREIRA, Gilson Ezequiel; SILVA, Valesca da Silveira. **Mercado Brasileiro de Agregados Minerais e o Estudo do Cetem para Obtenção de Areia Manufaturada** Disponível em: <<https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2004/CAC01440004.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2019.

GASPARIM, José. **Viabilidade de Aproveitamento de Resíduos de Tratamento de Esgotos na Construção Civil.** Campinas, 2013.

IBGE, Instituto de Geografia e Estatística. **Projeção Populacional do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>> Acesso em: 04 abr. 2019.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **Economia Mineral – Dados Sobre o Brasil e Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<https://portaldaminerao.com.br/wp-content/uploads/2017/10/economia-mineral-mg-mar2018-1.pdf>> Acesso em: 07 abr. 2019.

SILVA, Adriano Calcanti. **Impactos Ambientais Causados pela Extração de Areia no Rio Paraíba, Trecho da Cidade de Pilar – PB**. Paraíba, 2016.

KULAIF, Yara. **Análise dos Mercados de Matérias-Primas Mineraias: Estudo de Caso da Indústria de Pedras Britadas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001.

LA SERNA, Humberto Almeida de; REZENDE, Márcio Marques. **Agregados para a Construção Civil (2009)**. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/dnmp/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>> Acesso em: 15 de ago. 2019.

MACHADO, I. F. 1989. **Recursos Mineraias, Política e Sociedade**. Rio de Janeiro, 2002.

PESSOA, G. A. **Avaliação de Projetos de Mineração Utilizando a Teoria das Opções Reais em Tempo Discreto – Estudo de Caso em Mineração de Ferro**. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial). Rio de Janeiro, 2006.

PIVELLI, Roque Passos. **Tratamento Preliminar de Esgotos Gradeamento e Caixa de Areia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

RICE, Euhene W., et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (2001)**. 22th Edition. Rio de Janeiro, 2012.

SCHWARTZMAN, Simon. **Formação da comunidade científica do Brasil**. São Paulo, 1979

SILVEIRA, I. A.; BALTAZAR, J. H. F.; MEDEIROS, S. A. **Caracterização Física e Gravimétrica dos Resíduos de Gradeamento do Sistema de Esgotamento Sanitário Camburi – ES**. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) Universidade Federal do Espírito Santo.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Disponível em: <www.snis.gov.br>. Acesso em: 17 out. 2019.

STOOPS, G; JONGERIUS, A. **Proposta de classificação micromorfológica dos materiais do solo. I. Uma classificação das distribuições relacionadas de partículas finas e grossas.** Geoderma.

VALVERDE, Fernando Mendes; TSUCHIYA, Osvaldo Yutaka. **Agregados para Construção Civil no Brasil.** Disponível em: <
http://www.senado.leg.br/comissoes/ci/ap/AP20090511_fernandovalverde.pdf>
Acesso em: 16 de ago. 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).** v.1, 3ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

YAMANE, Luciana Harue. **Avaliação da Higienização do Resíduo de Caixa de Areia de Estações de Tratamento de Esgoto.** Disponível em: <
[http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3886/1/tese_2645_YAMANE%20L%20%20H.p](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3886/1/tese_2645_YAMANE%20L%20%20H.pdf)
[df](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3886/1/tese_2645_YAMANE%20L%20%20H.pdf)> Acesso em: 20 abr. 2019.