



UFPB



UESC



UFPE



UFC



UFRN



UFS



UFPI

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIAS AMBIENTAIS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

ALYSSON TÁVORA CHAGAS

**POTENCIAL DE REUSO DO EFLUENTE DE ESGOTO NA COMPOSIÇÃO DE
ARGAMASSA**



Aracaju - SE

Junho - 2017

ALYSSON TÁVORA CHAGAS

**POTENCIAL DE REUSO DO EFLUENTE DE ESGOTO NA COMPOSIÇÃO DE
ARGAMASSA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título em Mestre em **Desenvolvimento e Meio Ambiente.**

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva (UFPB)

Aracaju - SE

Junho - 2017

Catálogo na publicação
Setor de Catalogação e Classificação

C433p Chagas, Alysson Távora.
Potencial de reuso do efluente de esgoto na composição de
argamassa / Alysson Távora Chagas. - Aracaju, 2017.
61 f. : il. -

Orientadora: Maria Cristina Basílio Crispim da Silva.
Dissertação (Mestrado) – UFPB/PRODEMA

1. Reuso de Água. 2. Biofilme. 3. Macrófitas.
4. Biorremediação. 5. Construção Civil. 6. Minimização de
Impactos I. Título.

UFPB/BC

CDU – 502.174(043)

ALYSSON TÁVORA CHAGAS

**POTENCIAL DE REUSO DO EFLUENTE DE ESGOTO NA COMPOSIÇÃO DE
ARGAMASSA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título em Mestre em **Desenvolvimento e Meio Ambiente.**

Aprovado em: 20/06/2017

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva - UFPB
(Orientadora)

Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira - UFPB
(Examinador interno)

Dr^a. Ilda Antonieta Salata Toscano - UFPB
(Examinador externo)

“Viemos a este mundo sem nada e vamos partir dele sem nada. O que temos a oferecer para a comunidade é o nosso legado”.

Kipchoge Keino

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora pela vida e por poder estar realizando o sonho de dar seguimento na minha vida profissional como Professor e Educador com esta pesquisa.

Agradeço incondicionalmente à minha esposa Danielle Costa O. Chagas, à minha filha Marina Oliveira Chagas, ao meu filho Leonardo Oliveira Chagas, aos meus pais, irmã e toda a minha família pelo apoio, paciência, compreensão e carinho que tiveram comigo, ao longo destes dois anos e que em inúmeras vezes estive ausente para poder me dedicar aos estudos, mas que com toda a certeza, agora vem a ser coroado com o resultado de todo este esforço que foi necessário.

Com muito carinho, também gostaria de agradecer à minha Orientadora Cristina Crispim, por ter acreditado e creditado toda a sua confiança em um trabalho, que vem para contribuir com o Meio Ambiente, além de toda a paciência e delineamento que minha pesquisa necessitou.

Por fim, agradeço pela oportunidade concedida pelo Instituto Federal de Sergipe-IFS e à Universidade Federal da Paraíba, pela parceria neste projeto de Mestrado Interinstitucional (MINTER), que se tornou realidade e trouxe aos funcionários do IFS, uma capacitação a fim de melhorar seu corpo de funcionários e professores.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ABS – Absorvância;
- AQUA – Processo Alta Qualidade Ambiental;
- ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído;
- BIM – Modelagem das Informações de Construção;
- BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method;
- CI – Cloretos;
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- DAFA – Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente;
- D.B.O. – Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe;
- DGNB – Deutsche Gesel Ischafftfür Nachhaltiges Bauen;
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem;
- DNER-EM - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Especificação de Material;
- D.Q.O. – Demanda Química de Oxigênio;
- E.T.E. – Estação de Tratamento de Esgoto;
- Fe – Ferro;
- GIAU – Gestão Integrada das Águas Urbanas;
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;
- ISO – Organização Internacional de Normalização;
- ITPS – Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe;

- LEED – Leadership in Energy and Environmental Design;
- MO – Matéria orgânica;
- pH – Potencial hidrogeniônico;
- P.V.C. – Policloreto de vinilo;
- RCS – Reatores de lodo ativado em Ciclos Sequenciais;
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas;
- SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;
- SGRCC – Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos;
- SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil;
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento;
- SO₄ – Sulfato.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema representativo do estudo dos aspectos e impactos ambientais	1
Figura 2	Esquema representativo do desenvolvimento sustentável	5
Figura 3	Processo esquemático do tratamento de efluente doméstico	10
Figura 4	Varição nas concentrações de materiais sedimentáveis em sistema de tratamento de esgoto	14
Figura 5	Etapas do projeto de gerenciamento de resíduos	16
Figura 6	Localização da Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Orlando Dantas em Aracaju-SE, Brasil	18
Figura 7	Chegada, gradeamento e caixa de areia. Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju,SE	19
Figura 8	Estação elevatória. Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	20
Figura 9	Valas de Oxidação da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	20
Figura 10	Decantadores da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	21
Figura 11	Tanque de separação do lodo ativado da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	21

Figura 12	Leitos de secagem da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	22
Figura 13	Chicane da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	22
Figura 14	Projeto de modelo esquemático da etapa de tratamento com biorremediação	24
Figura 15	Miniestação da etapa de tratamento com biorremediação (macrófitas e biofilme) montada	25
Figura 16	Configuração do Tratamento 1, da biorremediação testada experimentalmente no efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju	28
Figura 17	Configuração do Tratamento 2, da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju	29
Figura 18	Esquema do filtro de areia e brita inserido no Tratamento 3, para biotratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, para reuso na produção de argamassa	31
Figura 19	Tela de proteção contra a entrada de agentes externos, no filtro físico do Tratamento 3 para biotratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, para reuso na produção de argamassa	32

- Figura 20** Configuração do Tratamento 3 da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE 32
- Figura 21** Valores médios mensais de Demanda Química de Oxigênio (D.B.O.), Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Malvas, Juazeiro do Norte, Ceará 2004/2005, utilizando o aditivo biológico Biomix E/G 37
- Figura 22** Esquema de uma Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) compacta dentro de um container 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2014, segundo região geográfica do Brasil	9
Tabela 2	Métodos utilizados para as análises no Laboratório do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS)	23
Tabela 3	Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 1, com macrófitas e biofilme	28
Tabela 4	Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 2 da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	30
Tabela 5	Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 3 do experimento de biorremediação do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, com macrófitas, biofilme e filtro físico	33
Tabela 6	Análises realizadas no Laboratório do Instituto Federal de Sergipe (IFS) referentes às diferentes etapas do biotratamento	34
Tabela 7	Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 4 de biorremediação do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	35
Tabela 8	Análise dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 4, com o biotratamento no efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE	36

RESUMO

No universo da construção civil, o canteiro de obras representa uma estrutura temporária que é capaz de produzir um grande passivo ambiental, a depender do porte da obra, visto que este setor pode-se considerar como uma atividade que atinge o meio ambiente, com a geração de vários tipos de resíduos, dentre eles, o esgotamento sanitário. A grande questão é, como tratar esse efluente de forma eficiente e de baixo custo, para que se possa dar um destino diferenciado ao efluente tratado, ou seja, à sua utilização na aplicação da composição da argamassa ou ainda do concreto produzido na própria obra. Neste estudo, buscou-se um tratamento conhecido como Biorremediação, com o uso de plantas aquáticas, a macrófita *Eichornnia crassipes* e o uso do biofilme, para além de um filtro físico. Para assegurar a ocorrência do tratamento com efetividade, este projeto preocupou-se em atender às normas vigentes como, DNER-EM034-97 – Água para Argamassa e Concreto e para o padrão de corpos d'água e o padrão de lançamento a Resolução CONAMA 430 (2011), do Ministério do Meio Ambiente, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357 (2005). O sistema foi montado em uma Estação de tratamento de esgoto, da Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, que realiza o tratamento monitorado do esgoto do tipo doméstico, gerado pelo bairro Orlando Dantas na cidade de Aracaju – SE. Depois de preparada uma miniestação para a captação de parte do efluente (*bypass*), para a realização da pesquisa, foi aguardada a estabilização do biotratamento, para a retirada de amostras e posterior análise em laboratório. Foram testados diferentes modelos de biotratamento, até se atingir uma metodologia adequada ao objetivo proposto. Com o laudo da análise da amostra emitido pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITEC, conclui-se que o tratamento se mostrou eficaz, atendendo às condições pré-estabelecidas pela norma.

Palavras-chave: reúso de água, biofilme, macrófitas, biorremediação, construção civil, minimização de impactos

ABSTRACT

In the civil construction sector, the construction site represents a temporary structure that is capable of generating a large environmental liability, depending on the size of the work, since this sector can be considered as an activity that affects the environment with generation of various types of waste, including sanitary sewage. The great question is how to treat this effluent in an efficient and inexpensive way so that a noble destination can be given to the treated effluent. In this case, its use in the application of the composition of the mortar or of the concrete produced in the work itself. In this study, a treatment known as Bioremediation with the use of aquatic plants, the macrophyte *Eichhornia crassipes* and the use of the biofilm was tested, besides a physical filter. In order to ensure effective treatment, this project was concerned with complying with current standards such as DNER-EM034-97 - Water for Mortar and Concrete and for the standard of water bodies and the standard for launching Resolution CONAMA 430 (2011) of the Ministry of the Environment, which provides for the conditions and standards for the discharge of effluents, complements and amends Resolution 357 (2005). The system was set up in a sewage treatment plant of the Sergipe Sanitation Company - DESO that performs the monitored treatment of domestic sewage generated by the neighborhood of Orlando Dantas in the city of Aracaju - SE. After preparation of a mini-station for the capture of part of the effluent (bypass) to carry out the research. The stabilization of the biotreatment was waited for the withdrawal of some samples and later laboratory analysis. Different models of biotreatment were tested until a methodology adequate to the proposed objective was achieved. With the report of the analysis of the sample issued by the Technological and Research Institute of the State of Sergipe (ITEC), it was concluded that the treatment proved to be effective given the conditions established by the standard requirement.

Keywords: water reuse, biofilm, macrophyte, domestic effluent treatment, bioremediation, civil construction, impact minimization

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral:	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. HIPÓTESE	4
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
4.1. Sustentabilidade	5
4.2. Recursos hídricos	7
4.3. A importância da água e seu reuso	8
4.4. Tratamento de Esgoto	10
4.5. Biorremediação	12
4.6. Indústria da Construção Civil e o Meio Ambiente	14
5. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA.....	18
5.1. Caracterização da área de estudo	18
5.2. Montagem do Experimento de Biorremediação	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7. PROPOSTAS PARA REUSO EM CANTEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL	39
8. CONCLUSÕES	40
9. REFERÊNCIA	42

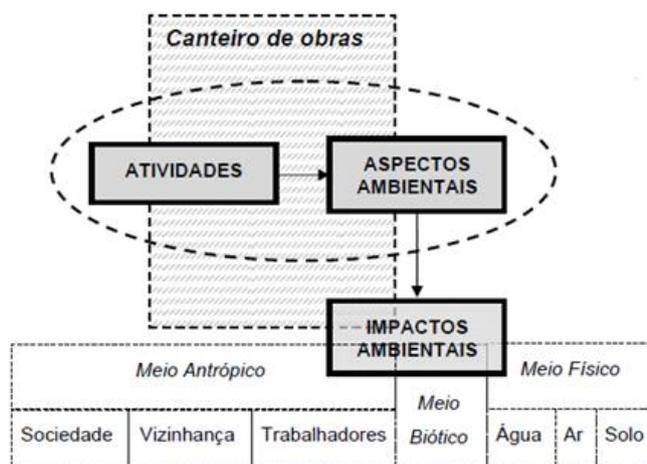
1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se acompanhado uma melhoria nas condições de trabalho e nos procedimentos adotados pelas construtoras, em seus canteiros de obras, seja pelas Normas Regulamentadoras ou pela legislação vigente, que cobram das empresas do ramo da construção civil, mais qualidade e responsabilidade no que diz respeito às demandas sócio-econômica-ambiental.

Apesar de se tratar de uma estrutura temporária, o canteiro de obras é capaz de gerar um grande passivo ambiental, a depender do porte da obra e do tipo de ambiente em que esta for realizada. Um ponto crítico a ser observado, nas grandes cidades, é o grande número de construções de novos empreendimentos, e com isso pode ser registrado também um aumento no esgotamento doméstico, gerado por esses canteiros, além de não receberem um tratamento adequado, pois parte é descartado, de forma inadequada, poluindo os lençóis freáticos da cidade. No caso da cidade de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, a situação é ainda mais drástica, porque parte da sua região metropolitana foi construída em cima de manguezais.

Araújo (2009, p.28) caracterizou a indústria da construção civil, como “*a atividade humana mais impactante sobre o meio ambiente. Todas as etapas de um empreendimento - construção, uso, manutenção e demolição - são relevantes no que diz respeito ao consumo de recursos e geração de resíduos*”. Em decorrência das atividades executadas nos canteiros de obras, estas levam ao surgimento de impactos ambientais, que serão sentidos diretamente pelo meio ambiente, seja no meio antrópico, biótico ou no meio físico em que tem-se a água como foco na discussão atual (Figura1).

Figura 1 – Esquema representativo do estudo dos aspectos e impactos ambientais.



Fonte: Araújo (2009)

O estudo tem como objetivo, avaliar a aplicação de um tratamento terciário, utilizando a técnica de biorremediação, com o desígnio de analisar se o efluente tratado atinge os parâmetros exigidos na *Norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), DNER-EM nº 034-1997 Água para Argamassa e Concreto*. Com isso, esse efluente poderia ser utilizado para o reuso na composição da argamassa, que é utilizada na indústria da construção civil, contribuindo assim para uma construção mais sustentável.

A pesquisa tem como foco, a busca de uma possível solução para o reuso, obtido do tratamento do efluente doméstico gerado no canteiro de obra, aliada às novas tecnologias e materiais de construção. É um projeto inédito, que utilizará conhecimentos da biologia, química, hidrologia e construção civil, de forma interdisciplinar, de maneira a obter o produto final. Impactos ambientais causados por ações antropogênicas, influenciam de forma direta no ambiente em que as ações são executadas, e conseqüentemente atingem negativamente os pilares da sustentabilidade de forma generalizada. Portanto, ações devem ser desenvolvidas no intento de minimizar esses impactos, por meio de medidas, às vezes pequenas, mas que em conjunto, formam uma rede a favor do meio ambiente e da sociedade, contribuindo com a sustentabilidade.

Um estudo foi realizado por Freitas (2013), no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reuso de Águas Residuárias, em Aquiraz, CE, visando à utilização de um efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção da cultura de cana-de-açúcar. Foi concluído nesse trabalho que o efluente de esgoto doméstico tratado, potencializa a produção de etanol da cana-de-açúcar, além do que a lâmina de irrigação com efluente de esgoto doméstico tratado, de 764,2 mm distribuída durante todo o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, é indicada para a exploração da cultura visando à produção de etanol.

Em outro estudo desenvolvido por Dos Santos et al. (2011), em que foi feita uma avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura, chegou-se à conclusão que o sistema de piscicultura usando esgoto tratado, com aeração, resultou na melhoria de sua qualidade, quando comparado com o efluente da estação de tratamento sem aeração, significando que essa prática resultou em uma melhora no líquido utilizado.

Ambos os sistemas de reuso de águas mostraram-se ambientalmente sustentáveis, o que indica a potencialidade do uso de esgoto doméstico tratado como fonte de água para outras atividades.

No trabalho de Bordonalli e Mendes (2009), sobre reuso de água em indústria de reciclagem de plástico, os resultados demonstraram a viabilidade do tratamento por meio de processos físicos e químicos (coagulação, floculação, decantação e filtração em manta geotêxtil). Com o uso do hidroxiclreto de alumínio como coagulante, soda cáustica como alcalinizante e polieletrólito como auxiliar de floculação e desidratação do lodo, bem como a exequibilidade do reuso dos efluentes em circuito fechado. Este sistema de tratamento é mais complexo e requer maior gasto.

Em suma, é significativo avaliar o sistema biorremediador, como metodologia alternativa para o tratamento complementar dos efluentes domésticos, levando a uma redução no impacto negativo no ecossistema e sua biodiversidade, favorecendo a sociedade que cada vez mais percebe a necessidade do uso da água para sua sobrevivência, seja na sua utilização primária ou de reuso. Reusando a água, as construtoras também terão ganhos econômicos, porque não precisarão usar tanta água potável na produção de argamassa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

- Propor um tratamento terciário do esgoto doméstico, de forma a reutilizar o efluente tratado na composição da argamassa em canteiros de obras.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a qualidade de água do efluente de estação de tratamento de esgoto;
- Testar e avaliar diferentes configurações entre os biorremediadores, no tratamento terciário e selecionar o mais adequado;
- Propor um sistema de tratamento de esgoto móvel nos canteiros de obras, inserindo a tecnologia de biotratamento, para o reuso de água na produção de argamassa.

3. HIPÓTESE

- H1: O sistema de biorremediação com macrófita e biofilme é eficiente na melhoria da qualidade do efluente para aplicação na produção de argamassa na construção civil.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Sustentabilidade

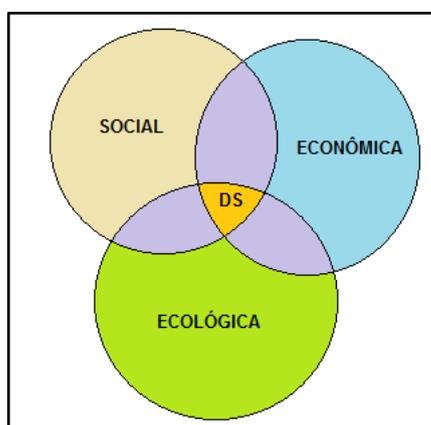
Em uma sociedade moderna e a cada dia mais consciente ambientalmente, observa-se uma preocupação com o meio ambiente cada vez mais intensa nas ações, nos mais diversos lugares, sejam eles: nas mídias, nas empresas, nos condomínios residenciais, no comércio e até mesmo nos parques naturais que são visitados. Nesses diálogos sobre o meio ambiente, sempre acaba-se deparando com o conceito da sustentabilidade para a manutenção da qualidade de vida, da economia e do meio natural, que acaba refletindo-se na melhor qualidade de vida para o ser humano.

Para Mikhailova (2004), esse conceito tem evoluído e tem como ideia principal algo que possa se sustentar, ou seja, à luz da natureza, seria a exploração de recursos vindos da natureza que durará para sempre. Um dos conceitos mais notório, foi criado no Relatório Brundtland de 1987, no segundo capítulo Nosso Futuro Comum, que diz acerca do desenvolvimento sustentável, “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da sociedade atual sem, no entanto, afetar as futuras gerações de prover suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987, p. 54).

Por outro lado, Redclift (1987), faz críticas à proposta do Relatório de Brundtland. Uma delas é por não dar ênfase ao enfrentamento que o desenvolvimento sustentável terá que afrontar diante das condições internacionais, ignorando as disparidades comerciais, as difíceis relações internacionais ou ainda os interesses de países desenvolvidos e industrializados frente aos países de terceiro mundo.

O desenvolvimento sustentável pode ser melhor compreendido quando se divide em três partes como observado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema representativo do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Cada uma dessas partes pode ser vista como uma gama de estudiosos cada um em sua área de atuação, ou seja, na parte ecológica é tratada a ecologia, na área social visando ideais do eco desenvolvimento e na econômica tratando da economia acerca do desenvolvimento sustentável. Quando se consegue interligar as três partes, tem-se o desenvolvimento sustentável.

Dentro dessa proposta, a ideia seria que essas três partes estivessem equilibradas entre si, como um tripé, numa situação ideal de equilíbrio e da aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, mas de acordo com Mateus (2004), na prática o que acontece é um desequilíbrio entre essas partes, que em ordem decrescente de valor as partes se apresentam da seguinte forma: em primeiro lugar a econômica, seguido da social e por último a parte ambiental.

Essa forma como se apresentam, em níveis de valores diferentes leva a uma assimetria perigosa que coloca em perigo o conceito de sustentabilidade e principalmente a manutenção de recursos para as gerações futuras, o que acaba se refletindo em perda de qualidade de vida.

Mikhailova (2004), disse que a sustentabilidade mostrou-se necessária e importante, porque no tocante às gerações futuras, ela representa a justiça, por procurar mostrar uma preocupação com os recursos naturais, para que eles não acabem antes que as gerações seguintes, também possam usufruir em benefício próprio e não apenas da geração atual.

Economicamente os recursos naturais são vistos como um capital natural, ou ainda conhecidos como capital ecológico, pois eles têm o seu valor independente de qual geração irá desfrutar desse capital. Eles são importantes, porque garantirão a manutenção dos serviços ecossistêmicos, necessários à sobrevivência humana.

Motivo de vários estudos, esse capital ecológico tem certo entrave, no que diz respeito à valoração de cada um dos itens componentes desse capital, considerados como recurso natural. Tayra (2006), considera que o mecanismo de precificação é imprescindível, visto que com a escassez de um determinado recurso natural a cotação do mesmo aumenta e isso leva ao descobrimento de outro bem ambiental, que possa substituir esse em escassez.

Dentro ainda desse conceito, para os economistas, uma questão de relevante importância está em avaliar e mensurar os bens naturais, seja medindo a quantidade física ou dar um valor monetário ao capital ecológico, visto que conseguir adjudicar um valor justo a bens que não se comercializam, é bastante difícil. Nisso inclui-se os recursos hídricos, que serão foco desta pesquisa. Apesar de ser cobrado o consumo de água à população, o preço reclamado está relacionado com o tratamento e distribuição e muito pouco ainda é feito em relação ao produto em si.

4.2 - Recursos hídricos

Levando em conta que, dos recursos naturais em nosso planeta, a água é um elemento que com o passar dos anos, tem-se mostrado cada vez mais escasso, e seu valor monetário cada vez maior, uma questão bem relevante é que a água é um bem natural, que não se tem conhecimento de um outro bem ambiental que venha a substituí-la.

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos – Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, a água é importantíssima e a tendência é diminuir o consumo *per capita*, pois tem sido cada vez menor a quantidade disponível de água potável para o consumo humano, enquanto que este cresce sem parar, portanto o uso desse recurso natural deve ser feito de forma consciente e evitando desperdícios.

Para Benetti (2008), dentro de uma conjuntura mundial, no ano de 2025 dever-se-á chegar a um total de 3,5 bilhões de habitantes no planeta, portanto, o reuso e a conservação da água passam a ser objetos de políticas públicas, para o manejo dos recursos hídricos de forma sustentável.

Estão definidas, na Constituição Federal do Brasil de 1988, no artigo 20, questões relacionadas com os recursos hídricos. No entanto, segundo Melo (2016), a competência para legislar sobre o tema hídrico e a gestão do mesmo, são questões distintas, ou seja, a jurisdição para legislar sobre a água é exclusiva da União, enquanto que, fica delegada aos Estados a função de preocupar-se com a fiscalização da Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, trata da regulamentação das mais variadas formas de uso da água como, por exemplo:

- O abastecimento residencial nas cidades e no campo;
- A geração de energia por meio de usinas hidrelétricas;
- O uso pelas indústrias para a produção de diversos produtos;
- O uso na irrigação de plantios, pela agricultura;
- No cultivo de diversas espécies por meio da piscicultura;
- No transporte de pessoas e mercadorias, pela navegação de rios que ainda se encontram navegáveis;
- No lazer e recreação em diversos balneários que se encontram nos municípios brasileiros;

Tudo isso sendo legalizado e devidamente autorizado pelo chamado Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGRH), para o uso do recurso natural através de licenças que atendam às exigências da legislação vigente.

Conforme Ribeiro (2014), o desafio enfrentado pelo sistema de gestão das águas, visa exatamente desenvolver práticas de gestão, visando o uso de forma eficiente que garanta o uso sustentável. Ressalta ainda a importância de novos conceitos, como a água virtual e a pegada hídrica.

4.3. A importância da água e seu reuso

No meio físico, tem-se a água como foco na discussão atual do planeta pela sua importância para a sobrevivência do ser humano. O uso da água para Braga (2005, p.79), "*é o mais nobre e prioritário, uma vez que o homem depende de uma oferta adequada de água para a sua sobrevivência*". Assim, toda a pesquisa no sentido de reuso de água é de extrema relevância para a sociedade.

Os parâmetros de qualidade da água são caracterizados por diversos aspectos sejam eles físicos, químicos ou biológicos.

- Padrão de potabilidade: Portaria nº 2914 (2011), do Ministério da Saúde;
- Padrão de corpos d'água: Resolução do Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), CONAMA nº 430 (2011), e eventuais legislações estaduais; e,
- Padrão de lançamento: Resolução CONAMA nº 430 (2011), e eventuais legislações estaduais.

Para além dessas acima citadas, alguns estados apresentam suas próprias legislações para a própria temática.

O reuso da água no cenário atual, pode ser encontrado em diversos ambientes e aplicado às diversas finalidades, como pode ser observado em várias pesquisas que tratam da importância do reuso da água. Nesta ótica, é de suma importância o tratamento de efluentes domésticos, para atender com praticidade a algumas situações encontradas no cotidiano, como por exemplo, o esgotamento gerado nos canteiros de obras da construção civil que, por inúmeras vezes, são executados em regiões em que não são atendidas por um sistema de esgoto da cidade, ou ainda, em regiões mais frágeis sem a infraestrutura adequada para receber essa demanda, sem um tratamento específico.

Como pode ser visto na Tabela 1, percentualmente os níveis de coleta de esgotamentos sanitários ainda estão aquém dos índices desejáveis na maioria das regiões do Brasil. Isso acaba acarretando em uma quantidade desses esgotos descartados na natureza de forma inadequada contaminando os solos, aquíferos e águas superficiais.

Tabela 1 – Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2014, segundo região geográfica do Brasil

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
Norte	54,5	67,8	7,9	9,9	14,4	78,2
Nordeste	72,9	89,5	23,8	31,1	31,4	78,5
Sudeste	91,7	96,8	78,3	83,3	45,7	65,4
Sul	88,2	97,3	38,1	44,4	36,9	84,1
Centro-Oeste	88,9	96,7	46,9	51,7	46,4	91,1
Brasil	83,0	93,2	49,8	57,6	40,8	70,9

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (2014).

Essa situação pode ser facilmente detectada, na área urbana e periurbana da cidade de Aracaju, no estado de Sergipe, mas que pode se repetir em outros locais com características semelhantes. Um tratamento terciário eficiente, com aplicação da técnica conhecida como biorremediação, em uma Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.), pode melhorar a qualidade do efluente tratado e atenderá a conceitos de sustentabilidade, em que na utilização de áreas ou recursos, naturais ou não, deve-se minimizar o impacto gerado ao meio ambiente.

Em uma pesquisa de Gestão Integrada das Águas Urbanas (GIAU), em Aracaju, realizada por profissionais de diversas áreas, é afirmado que a região metropolitana da capital sergipana expõe dificuldades que estão diretamente ligadas aos sistemas de coleta e tratamento de esgotos urbanos. Cita que existe apenas uma cobertura de 35% na capital, apresentando assim uma baixa eficiência e, conseqüentemente, levando à degradação de suas bacias hidrográficas e refletindo-se na comunidade que acaba sendo também impactada pela poluição iminente (GRUPO TÉCNICO DE GIAU, 2010).

Para Yemal (2011), a busca por um desenvolvimento sustentável mais limpo, passou a ser preocupação, em seguida tornou-se parte integrante dos planos estratégicos das empresas que buscaram minimizar os danos ambientais no seu processo produtivo, levando com isso, as

empresas a terem maior valor ambiental junto aos seus clientes. Diante desse novo cenário, de um mercado cada vez mais exigente, no tocante aos conceitos de sustentabilidade, as empresas em que as pessoas estão adquirindo seus bens, têm essa preocupação com o meio ambiente.

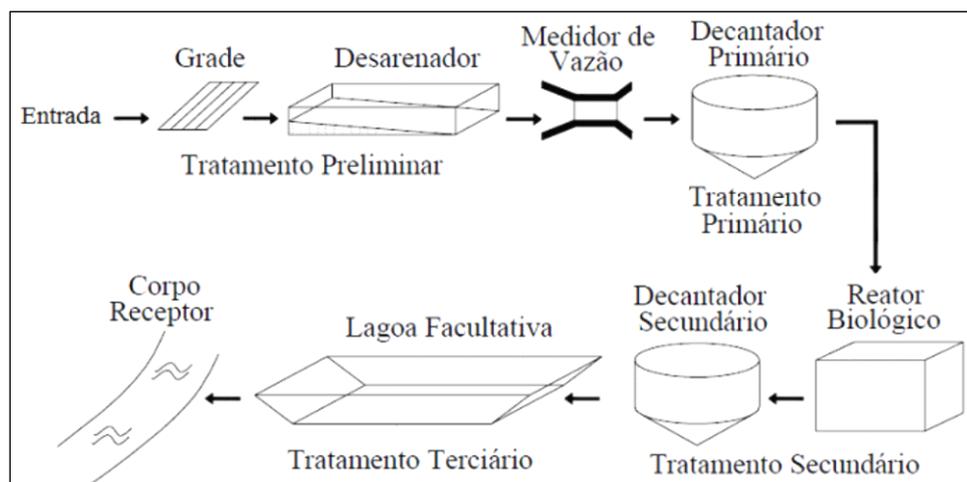
Visto isso, em estudo realizado por Silva (2013), verificou-se que a água é um material fundamental para a execução das obras de engenharia civil. O autor também destacou que, além das questões econômicas, observaram-se benefícios ambientais decorrentes de uma boa gestão da água utilizada na construção civil.

4.4. Tratamento de esgoto

Segundo Leoneti (2011), a solução para a preservação das águas é o investimento em saneamento, que é realizado por meio de estações de tratamento de esgoto que reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos de água.

As etapas de um tratamento de esgoto, seguem um fluxo que inicialmente passa pelo tratamento preliminar, em que os sólidos, areias e gorduras são removidas, por meio de um gradeamento, e a remoção de areia com as caixas de areia (Figura 3). Essa remoção de sólidos visa à proteção das etapas subsequentes do tratamento, evitando possíveis entupimentos e obstruções (SOUZA, 2015).

Figura 3 – Processo esquemático do tratamento de efluente doméstico



Fonte: Oliveira (2004)

Em seguida, vem o tratamento primário, com a utilização de decantadores primários, lagoas anaeróbias ou reatores anaeróbios visando à remoção da matéria orgânica (MO) com o

uso de mecanismos físicos. Dando continuidade, chega-se ao tratamento secundário, que se propõe à deterioração biológica de compostos carbonáceos, redução dos contaminantes biológicos, MO, além dos nutrientes, através do uso de filtros, reatores de lodos ativados, decantação secundária e lagoas de estabilização facultativas e aeróbias. Por fim, o tratamento terciário, que tem por objetivo a remoção complementar da MO, dos nutrientes, de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis, e a desinfecção.

Diante das várias aplicabilidades da água em diversos cenários, conclui-se que existem algumas propostas de soluções para as estações de tratamento de esgoto, que podem variar seus tratamentos, em cada uma das etapas, com tecnologias que vão surgindo em função de estudos aplicados aos diversos tipos de tratamento e para as diversas finalidades. Dependendo da qualidade do seu produto final, o efluente tratado pode ser utilizado para reuso, para diversas aplicações possíveis e quando isso não acontece, são descartadas nos ecossistemas aquáticos, de forma a diminuir o impacto ao meio ambiente.

Na cidade de Aracaju a empresa pública responsável pela coleta e tratamento do esgotamento doméstico é a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

A rede de saneamento da capital do estado de Sergipe é formada pelas estações abaixo listadas:

- Estação Orlando Dantas (tratamento utilizado: lodo ativado aeração prolongada. Estação escolhida para realizar a pesquisa aqui apresentada);
- Estação Eduardo Gomes (lagoas de estabilização);
- Estação Visconde de Maracaju;
- Estações de Recuperação de Qualidade SUL (escoamento no rio Pitanga);
- Estações de Recuperação de Qualidade OESTE (opera com um sistema de tratamento biológico de esgoto, do tipo “Digestor anaeróbio de fluxo ascendente” (DAFA) e tem o escoamento para o rio Poxim);
- Estações de Recuperação de Qualidade NORTE (escoamento para o rio do Sal).

Os tipos de tratamento utilizados nas E.T.E são:

- Lodo ativado aeração prolongada;
- Lagoas de estabilização;
 - Anaeróbias;
 - Facultativas;
 - De Maturação;
- Digestor anaeróbio de fluxo ascendente (DAFA);
- Reatores de lodo ativado em ciclos sequenciais (RCS).

4.5. Biorremediação

É um processo no qual, organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente, para remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente. Este processo biotecnológico de remediação, tem sido intensamente pesquisado e recomendado pela comunidade científica, como uma alternativa viável para o tratamento de ambientes contaminados, tais como águas superficiais, subterrâneas e solos, além de resíduos e efluentes industriais em aterro ou áreas de contenção (GAYLARDE, 2005).

Para Vidotti (2004), graças ao processo de evolução do uso da tecnologia de biorremediação, verifica-se que essa técnica é eficaz e consegue retirar alguns contaminantes de procedência orgânica ou inorgânica em sistemas aquáticos.

A efetiva aceitação de sua eficiência é recente, mesmo com estudos que comprovam essa enorme capacidade que alguns organismos têm de remover as impurezas desses sistemas. A biorremediação conta com a fitorremediação, que inclui plantas superiores no biotratamento. Outra vantagem ainda do uso dessas plantas aquáticas, é que além de ser uma técnica natural, ela é menos onerosa financeiramente se comparada com alguns métodos físicos e químicos que têm a mesma finalidade, de remover essas impurezas, mas, podem trazer impactos aos ecossistemas aquáticos.

Na prática, segundo Gaylarde (2005), cada processo de utilização de biorremediação pode ser considerado único, pois geralmente necessita de adaptação para aplicação em cada cenário selecionado, necessitando sempre de uma análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Contudo, segundo o autor, alguns problemas devem ser enfrentados como:

- A poluição é composta por diversos componentes químicos, necessitando de diferentes classes de microrganismos para combater essa variedade de componentes;
- Quando as quantidades dos poluentes são pequenas, os microrganismos podem não conseguir combater. Quando são em grande quantidade esses microrganismos podem ser impedidos;
- Certos poluentes podem ser conflitantes como o método de biodegradação escolhido;
- Os combatentes podem ser rapidamente absorvidos, reduzindo-se a níveis abaixo do exigido para acontecer a biodegradação e permanecer com níveis de concentração dos contaminantes ainda indesejáveis;
- O processo de tratamento com a biorremediação pode ser muito lento. No entanto, isso depende dos organismos utilizados, alguns apresentam rápido ciclo de vida, diminuindo o tempo de tratamento.

A biorremediação está dividida entre a técnica *in situ*, em que a técnica é efetivada oportunamente no local contaminado, e a técnica *ex situ*, quando a biorremediação é realizada em outro local (BOOPATHY, 2000).

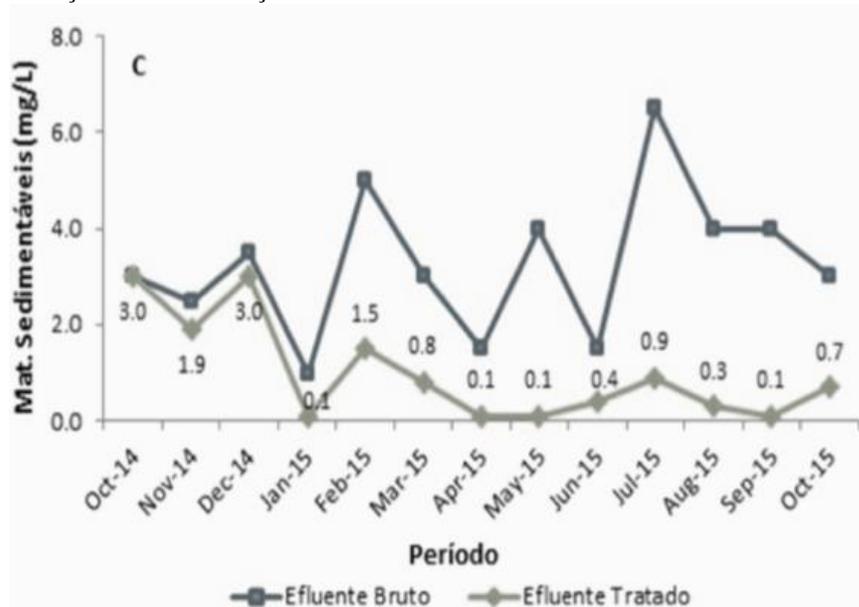
Os ambientes ricos em nutrientes, são propícios para a utilização das macrófitas. Estas, possuem longas raízes que atuam como filtros biológicos, que absorvem grande quantidade de contaminantes, retendo impurezas, tornando-se assim, um forte aliado no tratamento de efluentes, que para além de possuir grande eficiência no tratamento, tem um baixo custo.

A biorremediação pode ser usada para a retirada de substâncias químicas (como metais pesado, tóxicos, etc.) ou para a diminuição de nutrientes, para a diminuição do estado trófico, este último mais utilizado em corpos hídricos.

Em pesquisa realizada por Terra (2016), o crescimento urbano, levou a um aumento do descarte de esgotamento sanitário e, conseqüentemente, ao aumento da demanda bioquímica de oxigênio nos corpos hídricos. Foi verificado que a eficiência da biorremediação, com uso do Biorremediador Embralm, produto químico (líquido), com registro no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), destinado ao tratamento de efluentes sanitário e industrial (refrigeríficos, laticínios, indústria de alimentos, bebidas e curtumes), promovendo a biodegradação de MO oriunda destes efluentes e redução de odores,

levou a um aumento na eficiência do sistema de tratamento de esgotos, com uma significativa remoção da MO e ao mesmo tempo, trouxe a vantagem de ter um baixo custo e uma fácil aplicação da metodologia, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Variação nas concentrações de materiais sedimentáveis em sistema de tratamento de esgoto.



Fonte: Terra (2016)

4.6. Indústria da construção civil e o meio ambiente

No que diz respeito ao canteiro de obras, o setor da construção civil, foi se adaptando às legislações ambientais, que começaram a regulamentar todo o processo no que se refere à construção sustentável. Para a Agenda21¹, uma construção sustentável é definida como: "um processo holístico que aspira à restauração e manutenção da harmonia entre o ambiente natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica". (BRASIL, 2016).

Apesar da geração de resíduos em um canteiro de obras ser inevitável, a Resolução Conama 307 de 2002 (CONAMA, 2002) preconiza, em primeiro lugar, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e cuidados na destinação final (ARAÚJO,2009; p 50).

¹ A **Agenda 21** pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

De acordo com Couto Neto (2007), o rejeito gerado pelo canteiro de obras de construção civil, possui muito material que poderia ser reaproveitado, no entanto, esse descarte estava sendo feito de forma imprópria, o que levava a outro problema: de qualidade no aspecto socioambiental.

Logo, foi percebida a necessidade de entender o conceito de saneamento básico de forma mais ampla, integrando diversos membros que detêm influência, no que diz respeito à qualidade do meio urbano, por meio da resolução CONAMA nº 430 (2011), para a gestão dos resíduos da construção, promovendo assim, o desenvolvimento sustentável.

Para Agopyan e John (2011), no cenário do universo da construção civil, é indispensável, que inovações com características voltadas para a sustentabilidade sejam implementadas, possibilitando assim, a oportunidade do uso de materiais mais nobres e que já tenham essa característica de ser sustentável. Contudo, não obstante o fato de utilizar esses novos materiais, com conceitos já agregados da sustentabilidade, o desafio está em atender as perspectivas da atual sociedade, conservando o ambiente saudável para as gerações porvindouras.

De acordo com Burke (2010), as edificações que se preocupam com o conceito de sustentabilidade, têm uma preocupação na concepção de seus projetos de maneira integrada com o meio ambiente, no que se refere à água, tendo como objetivo de redução no seu consumo para fins sanitários, bem como, a reciclagem desse efluente como uma tática para a conservação da água como um bem ambiental.

Durante o Simpósio do Conselho Internacional da Construção sobre Construção e Meio Ambiente – da teoria para a prática, iniciou-se uma inquietação no conceito da construção sustentável no Brasil, em que um artigo de John et al. (2000), deu a ideia de iniciar um cronograma brasileiro, nos modelos da Agenda 21, preponderando um trabalho coletivo entre os Construtores, o Governo e as Academias através de pesquisas e desenvolvimento.

Com isso, outros eventos e organizações ligadas ao conceito de uma construção sustentável no país foram aparecendo, como por exemplo, a criação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) em 2007 e o I Encontro Nacional de Edificações e Comunidades Sustentáveis, idealizado pela Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC).

Outra forma de se tentar manter um controle de padronização nas ações da sustentabilidade na construção civil foi a aplicação de certificações ambientais como: “Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)”; o

“Deutsche Gesel Ischafft für Nachhaltiges Bauen (DGNB)””; o “Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)” e o “Processo Alta Qualidade Ambiental (AQUA)”.

Foi estabelecido dentro do município de Aracaju o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC), que preconiza que os resíduos da construção civil e os resíduos volumosos originados na cidade devem ser direcionados para uma seleção, reaproveitamento, reciclagem ou outra finalidade que esteja em acordo com a legislação ambiental vigente, como pode ser conferido na Lei nº 4.452/2013 da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Sema) (COSTA, 2011).

De acordo com Barreto (2005), diante de uma preocupação iminente, por parte de algumas instituições como “Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI)”, “Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE)”, “Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON)”, juntamente com o Projeto COMPETIR (acordo de cooperação técnica entre Brasil e Alemanha), para o encaminhamento apropriado dos rejeitos da construção civil, elaborou-se um trabalho para a disseminação de informações, que pudessem colaborar com a capacitação de técnicos, tornando assim possível que medidas pudessem ser colocadas em prática, fortalecendo o interesse de participar do processo de desenvolvimento sustentável no ramo da construção civil, na região. O gerenciamento de resíduos foi definido, com as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Etapas do Projeto de Gerenciamento de Resíduos

CARACTERIZAÇÃO	O gerador deve identificar e quantificar os resíduos.
TRIAGEM	Realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou nas áreas de destinação licenciadas, respeitadas as classes de resíduos.
ACONDICIONAMENTO	O gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos possíveis, as condições de reutilização e de reciclagem.
TRANSPORTE	Realizado conforme as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.
DESTINAÇÃO	Deve atender a Resolução CONAMA Nº 307, conforme descrito em “Destinação dos Resíduos da Construção Civil”.

Fonte: Barreto (2005)

Abrecon (2015), levanta um ponto importante com relação aos resíduos gerados pela construção civil. Segundo o autor, uma receita pode ser gerada a partir da reciclagem desse rejeito, além de também gerar emprego e renda para a população por meio de postos de trabalho de quem vai receber e trabalhar a reciclagem desses materiais.

Outro ponto importante, é a eliminação de problemas de ordem pública, como focos de doenças geradas pelo acúmulo inadequado desses materiais descartados de forma irregular, além da desvalorização imobiliária desses espaços com o acúmulo de entulho. Por outro lado, acúmulos de entulho não permanecem assim isoladamente, virando rapidamente locais de depósito de lixo também, o que acarreta em outros impactos ambientais.

5. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Neste trabalho, foram aplicadas pesquisas dentro da área de engenharia civil no que se refere a uma construção sustentável, visando o uso eficiente de recursos naturais, tendo como foco a água e o seu reuso. Para a consecução do objetivo, foram utilizadas metodologias aplicadas, de caráter exploratório, com abordagens qualitativa e quantitativa amparada por uma revisão bibliográfica, a partir de livros, artigos, normas e de repositórios de instituições pela internet, buscando referências para análise e comparação.

5.1. Caracterização da área de estudo

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi escolhida uma das estações de tratamento de esgoto da DESO, uma empresa de economia mista criada em 1969, responsável pelo abastecimento de água e tratamento de esgoto do estado de Sergipe, atendendo a cerca de 1,8 milhões de habitantes e que zela pelas práticas de educação ambiental.

A E.T.E. da DESO selecionada para a consecução dos estudos foi a E.T.E. Orlando Dantas, que fica localizada no conjunto habitacional Jornalista Orlando Dantas na capital do estado de Sergipe como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Localização da Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Orlando Dantas em Aracaju-SE, Brasil.



Fonte: adaptação do GoogleEarth.

A cidade de Aracaju, abrange uma área com cerca de 174 km², e uma população de 641.523 e uma densidade demográfica em 2010 de 3.140,65 hab/km² segundo dados do IBGE (2016). Apresenta um clima predominantemente quente e úmido, períodos de chuvas concentradas nos meses de março a agosto e temperaturas com média de 26 °C. A média anual do volume de chuva chega a cerca de 1.600 mm.

O tratamento é realizado inicialmente com um tratamento preliminar, constituído de gradeamento e caixa de areia, seguido de um tratamento secundário, representado por uma vala de oxidação e tanque secundário, e por fim um tratamento terciário, caracterizado pela desinfecção. A escolha dessa estação deu-se por ser uma estação monitorada.

Ocorreram diversas visitas de campo para avaliar se o sistema estava funcionando a contento, sem nenhuma anomalia ou influência de agentes externos, além de realizar registros fotográficos do sistema como um todo. Nessa estação de tratamento de esgoto, o sistema de tratamento presente é o de aeração prolongada e lodo ativado.

Inicialmente o esgoto doméstico gerado pela comunidade chega à estação através da rede pública de esgoto e passa por um gradeamento no tratamento primário.

Esse dispositivo tem como objetivo a retirada das grandes partículas, retendo sólidos inorgânicos, tais como plásticos, absorventes dentre outros, e assim também evita possíveis obstruções nas tubulações do sistema. Em seguida passa pela caixa de areia com o objetivo de reter a areia que é carregada pelo efluente promovendo a sedimentação das partículas sólidas como areia ou terra (Figura 7).

Figura 7 – Chegada, gradeamento e caixa de areia. Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE



Foto: autor, 2016

O material retido é retirado periodicamente. Logo em seguida chega a uma estação elevatória, com três bombas (Figura 8), que têm como função o bombeamento do efluente até os tanques onde ocorrerá o processo de aeração.

Figura 8 – Estação elevatória. Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE

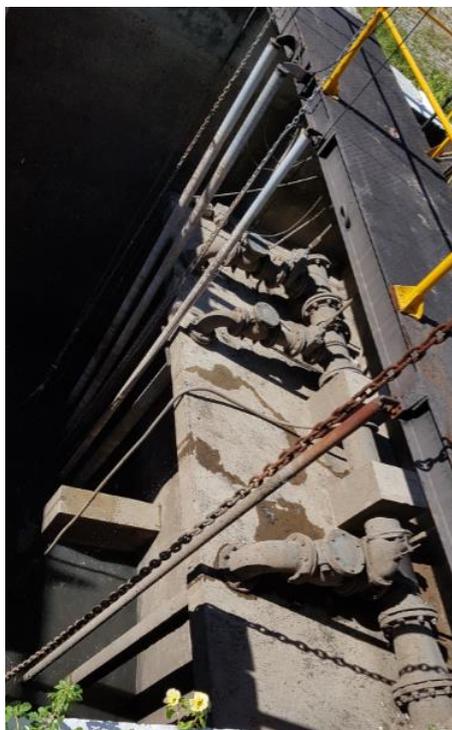


Foto: autor, 2016

Após a elevatória, dando sequência ao tratamento, têm-se dois tanques de aeração, o processo ocorre através de um processo biológico em que esgoto e o lodo ativado são misturados fisicamente, agitados e aerados em tanques chamados de valas de oxidação (Figura 9).

Figura 9 – Valas de Oxidação da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE



Foto: autor, 2016

Em seguida ocorre, nos decantadores (Figuras 10 e 11), o processo de separação entre o lodo ativado e o esgoto tratado por meio de sedimentação em quatro tanques de decantação. A

partir desse momento o lodo ativado separado pode ter dois destinos: ou ele regressa para o procedimento anterior, para abastecer com mais microrganismos o sistema, ou é levado para tanques de secagem.

Figura 10 – Decantadores da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.



Foto: autor, 2016.

A Figura 11, destaca o tanque que faz a coleta, separação e destina o lodo ativado que é gerado pelos decantadores da etapa anterior, através de três bombas que trabalham de forma automática evitando o transbordamento do tanque em questão.

Figura 11 – Tanque de separação do lodo ativado da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.

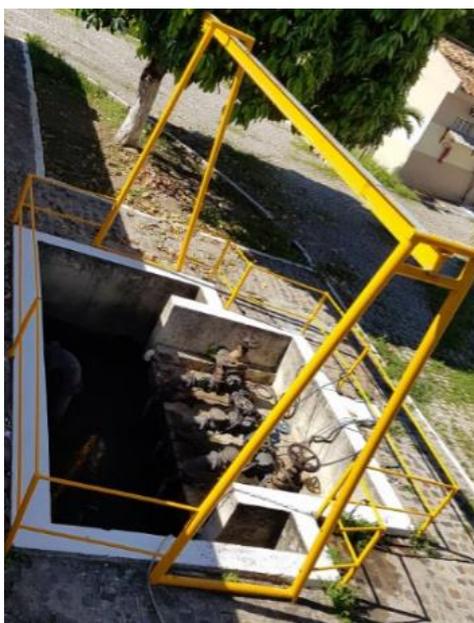


Foto: autor, 2016.

Esse lodo pode ter dois destinos:

1. Pode retornar para os tanques de decantação, para a continuidade do tratamento; e,

2. Pode ser destinado aos leitos de secagem quando são descartados do sistema.

O lodo que é descartado do processo anterior, é removido para tanques conhecidos como leitos de secagem (Figura 12). Esses têm por objetivo desidratar, por meios naturais, os lodos que foram rejeitados do processo. A secagem natural do lodo resulta em um produto com baixo teor de água, o que facilita a sua remoção e transporte, além de possível ausência de patogênicos, acarretada pela exposição ao sol.

Figura 12 – Leitos de secagem da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.



Foto: autor, 2016.

Por fim, após o processo de decantação, o efluente já tratado, recebe uma aplicação de cloro, com o objetivo de proporcionar a desinfecção de organismos patogênicos desse efluente, que segue para o tanque de contato onde o efluente percorre uma chicane (Figura 13) até ser devolvida ao meio ambiente.

Figura 13 – Chicane da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.



Foto: autor, 2016.

5.2. Montagem do experimento de biorremediação

Para que fosse possível realizar os estudos das amostras, para determinação dos parâmetros que classificarão o efluente da E.T.E., foram realizadas análises físicas (Ph, turbidez, cor aparente, sólidos totais) e químicas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (laboratório de ensaios credenciado pela norma ABNT ISO/IEC nº 17025:2005), seguindo métodos para cada condição específica de acordo com a Tabela 2, com base nas normas anteriormente citadas.

Tabela 2 – Métodos utilizados para as análises no Laboratório do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS).

Condição Específica	Método
Cloretos	SMEWW
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	NBR10739 de 1989
Sólidos Totais a 105 °C	SMEWW, 2012, 2540 B
pH	SMEWW, 2012,4500 H+ B
Sulfatos	SMEWW, 2012,4500-SO4 E
Ferro Total	ICP OES
Açúcares (quantitativo)	NBR 15900-11

Fonte: Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS)

A realização das coletas das amostras para serem analisadas em laboratório, foram feitas pelo período da manhã. A primeira amostra do efluente coletado foi no mês de setembro de 2016, com uso de dois recipientes, um de plástico e o outro frasco de vidro auto-clavado, para a análise microbiológica e levado ao laboratório de forma refrigerada.

Também foi contemplada a verificação do resultado da Demanda Química do Oxigênio (DQO), que foi medida em duplicata através do espectro de absorvância (ABS) que evidencia como a absorção da luz depende do comprimento de onda dessa luz, utilizando um equipamento chamado de espectrofotômetro (SPECTRO 3000W). Com esse resultado obteve-se a concentração do DQO por um gráfico por meio de uma curva padrão.

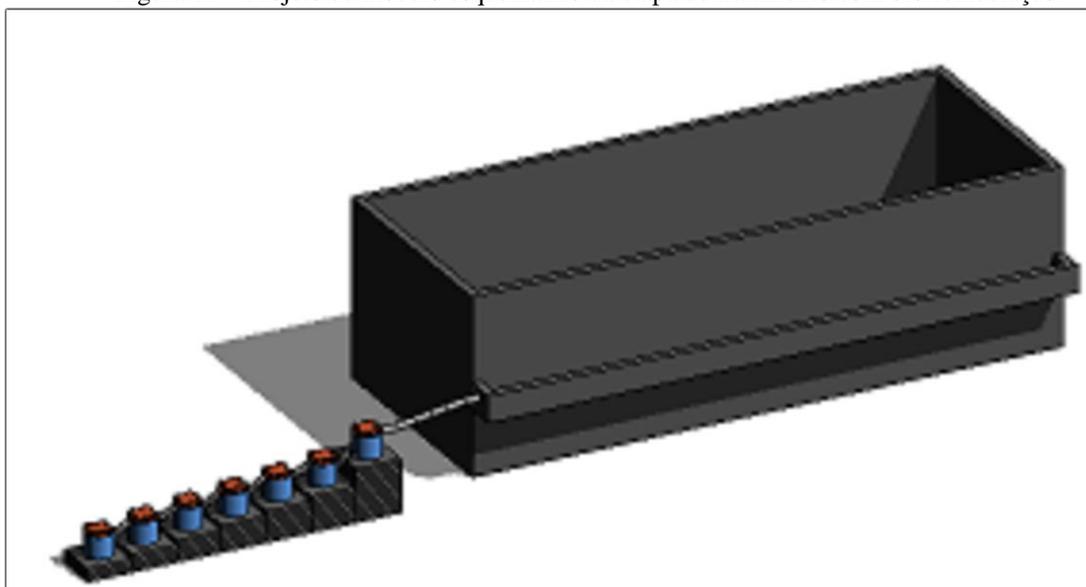
Para o desenvolvimento da pesquisa, foi construída uma estrutura auxiliar de tratamento do efluente, para reuso da seguinte forma: para além dos tratamentos convencionais já realizados na E.T.E. Orlando Dantas, foi adicionado um tratamento biológico final, proposto por Crispim et al. (2009) e testado experimentalmente por Sousa (2015), que auxilia na retirada de nutrientes da água.

É a chamada fitorremediação, utilizando plantas aquáticas que são as macrófitas do tipo *Eichornnia crassipes* e a biorremediação com o biofilme com o uso de cortinas de plástico, que servem de substrato para essa comunidade.

Após análise do funcionamento da E.T.E. Orlando Dantas, foi decidido que a montagem da miniestação, para a realização do experimento, fosse realizada por meio da instalação de sete caixas de água, dispostas em sequência linear e interligadas como pode ser observado na Figura 14.

As caixas para o tratamento com a técnica de biorremediação, ficaram ao lado dos tanques de decantação (Figura 14), para que fosse possível coletar por gravidade, através de um *by pass*, parte do efluente tratado. Antes da execução foi preparado um projeto, utilizando o software Autodesk Revit Architecture², para ser apresentado, com o objetivo de impetrar a aprovação da pesquisa por parte da Companhia de Saneamento de Sergipe.

Figura 14 – Projeto de modelo esquemático da etapa de tratamento com biorremediação.



Fonte: autor, 2016.

² O Revit Architecture da Autodesk - software que utiliza a tecnologia de Modelagem das Informações de Construção (BIM). Atualmente desenvolvido pela Autodesk, permite ao usuário criar utilizando modelagem paramétrica de elementos.

O modelo esquemático apresentado na Figura 14, foi projetada, conforme planejamento prévio, para a construção da mini estação ao lado dos tanques de decantação da E.T.E. Orlando Dantas.

A entrada do tratamento proposto, é o efluente da E.T.E. Orlando Dantas, que sai do tratamento terciário e é coletado por gravidade da calha lateral do tanque de decantação, e entra na primeira caixa de água, que tem como finalidade armazenar o efluente, fazendo o controle da vazão (de, aproximadamente, $0,21 \text{ L.s}^{-1}$), com o uso de uma boia, para que quando chegar ao limite não transborde do sistema.

Nesse modelo, o efluente tratado, que já é descartado após os tratamentos hoje existentes, por gravidade é coletado na calha lateral do tanque de decantação e entra na primeira caixa de água (Figura 15).

Figura 15 – Miniestação da etapa de tratamento com biorremediação (macrófitas e biofilme) montada



Foto: autor, 2016

Na segunda caixa de água foram colocadas as plantas aquáticas (*E. crassipes*), em seguida na terceira caixa, foram instaladas cortinas de plástico, para a criação do biofilme. Na sequência, visando uma melhor performance do sistema, foram colocadas mais duas caixas de água, fazendo uma repetição no tratamento com as macrófitas e com o biofilme.

Só então na sexta caixa de água o efluente resultante recebe a desinfecção com cloro, e por fim, na sétima caixa de água, tem-se o efluente tratado que é o resultado final do tratamento com a biorremediação, do qual foram retiradas amostras para posterior análise para verificação de compatibilidade na concentração dos parâmetros analisados, com o que está especificado na Norma DNER-EM nº 034/1997.

O uso de paletes foi necessário para que as caixas de água pudessem ter um desnível, já que o efluente passa por todo sistema por gravidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas foram desenvolvidas, visando detectar quais os tipos de tratamentos que existem e que possam ser aplicados no cenário proposto. As investigações foram voltadas também para a observação dos materiais aplicados na composição dessas estações, visando à eficiência no tratamento desse esgotamento sanitário, por meio da observação dos índices DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), que determinaram se o tratamento está sendo realizado da forma mais adequada, na retirada de MO, e pH, e compostos nitrogenados e fosfatados.

Esses valores foram confrontados com os valores indicados na Norma, que caracterizam a qualidade de água a ser usada na composição da argamassa, dentro da atividade de construção civil. Em pesquisa realizada dentre as normas brasileiras, foi encontrada a norma técnica do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil/Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER)-Especificação de Material (EM), DNER-EM nº 034/1997, que estabelece requisitos gerais e específicos para águas que venham a ser utilizadas em argamassa e concreto de cimento Portland.

Segundo a norma DNER-EM nº 034/1997, as diretrizes gerais apontam que a água deve ser, limpa e praticamente isenta de óleos, álcalis, sais, MO. Dentre as condições específicas, devem respeitar-se os seguintes limites máximos para os parâmetros citados, abaixo listados:

- Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)3 mg.L⁻¹;
- Resíduo sólido5.000 mg.L⁻¹;
- Potencial de hidrogênio (pH)5,5 min – 9,0 máx;
- Sulfato (expresso em íons S O₄)300 mg.L⁻¹;
- Cloretos (expresso em íons CL)
 - Para concreto simples2.000 mg.L⁻¹;
 - Para concreto armado700 mg.L⁻¹;
 - Para concreto protendido500 mg.L⁻¹;
- Ferro (expresso como Fe)1,0 mg.L⁻¹;

- Açúcar5,0 mg.L⁻¹.

Neste trabalho, também foi realizado um experimento, com diversos tratamentos, e usada a água final da saída do efluente dos tratamentos, para análise da eficiência de cada e os resultados foram comparados com os parâmetros apresentados na norma DNER-EM nº 034/1997, para avaliar se o tratamento seria eficaz para reuso de água para esse fim ou não.

A amostra inicial foi coletada 20 dias após a instalação do experimento, visando uma maturação desse sistema (macrófitas e biofilme), principalmente para dar tempo ao biofilme de se aderir ao substrato.

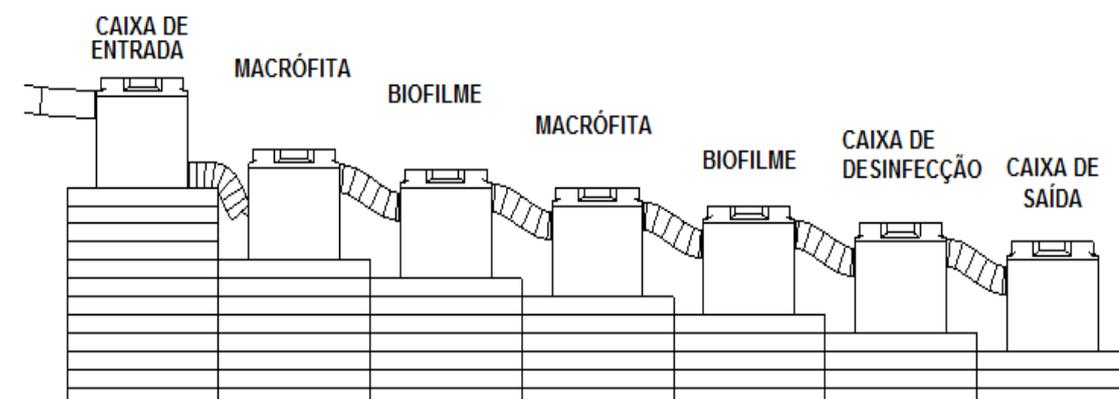
Dentre os itens preconizados pela norma DNER-EM nº 034/1997, o Oxigênio consumido/Matéria orgânica, que tem como limite máximo, até 3 mg.L⁻¹, para ser considerado um efluente portador de qualidade compatível com a Norma de água para argamassa e concreto de cimento Portland, foi o único que esteve acima dos limites máximos preconizados por essa (33,37 mg O₂.L⁻¹).

Dessa forma, deu-se ênfase a essa análise nos tratamentos. Para isso, foram medidos os valores desse parâmetro através de análises laboratoriais, por ter-se confirmado a necessidade de melhorar o tratamento desse efluente com um pós-tratamento na intenção de se obter um valor para esse parâmetro que esteja respeitando os limites pré-estabelecidos pela Norma (3,0 mg O₂.L⁻¹), e assim poder fazer o reuso desse efluente tratado, na composição da argamassa, respeitando, contudo, as condições específicas da norma supracitada.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, também foi verificada a necessidade de uma alteração na sequência das caixas, para verificação do comportamento do tratamento com algumas possíveis variações. Outro arranjo foi realizado, intercalando as macrófitas e o biofilme, porém essa alteração não trouxe resultados que pudessem ser considerados satisfatórios.

Cada configuração foi considerada um tratamento (Figura 16), não sendo adequado, propunha-se nova formatação dos organismos ou inserção de novo tipo de tratamento, como, por exemplo, um filtro físico, sendo usado um filtro de areia na sexta caixa.

Figura 16 – Configuração do Tratamento 1, da biorremediação testada experimentalmente no efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da primeira análise, do Tratamento 1, do efluente tratado com a técnica de biorremediação realizada pelo ITPS.

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 1, com macrófitas e biofilme

<i>Condição Específica</i>	<i>Resultado Antes Tratamento</i>	<i>Resultado Após Tratamento</i>	<i>Limite máximo (DNER-EM N° 034/1997)</i>
Cloretos	125,8 mg Cl.L ⁻¹	141,3 mg Cl.L ⁻¹	2.000 mg Cl.L ⁻¹
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	21,38 mg O ₂ .L ⁻¹	23,40 mg O ₂ .L ⁻¹	Até 3 mg O ₂ .L ⁻¹
Sólidos Totais a 105 °C	441,0 mg.L ⁻¹	453,0 mg.L ⁻¹	Até 5.000 mg.L ⁻¹
pH	7,49	7,14	5,5 – 9,0
Sulfatos	84,0 mg SO ₄ .L ⁻¹	78,0 mg SO ₄ .L ⁻¹	Até 300 mg.L ⁻¹
Ferro Total	0,24 mg FE.L ⁻¹	0,35 mg FE.L ⁻¹	Até 1 mg.L ⁻¹
Açúcares (quantitativo)	Ausência	Ausência	Até 5 mg.L ⁻¹

Fonte: dados da pesquisa

Verifica-se que, de modo geral, o resultado foi satisfatório, já após o tratamento pela E.T.E., pois, como exposto na Tabela 3, a concentração de Cloretos foi de 141,3 mg Cl.L⁻¹ sendo que o limite máximo poderia chegar até 2.000 mg Cl.L⁻¹ o que leva a considerar o primeiro parâmetro positivo com relação ao tratamento.

O mesmo foi verificado com os sólidos totais que está normatizado com o limite máximo de até 5.000 mg.L⁻¹ e foi achado no resultado o valor de 453,0 mg .L⁻¹, mostrando um bom nível de tratamento. O potencial hidrogeniônico (pH) atingiu o índice de 7,14 mostrando assim, um equilíbrio, pois o efluente mostrou-se nem ácido nem básico, ou seja, ficou próximo de 7 que seria um valor neutro.

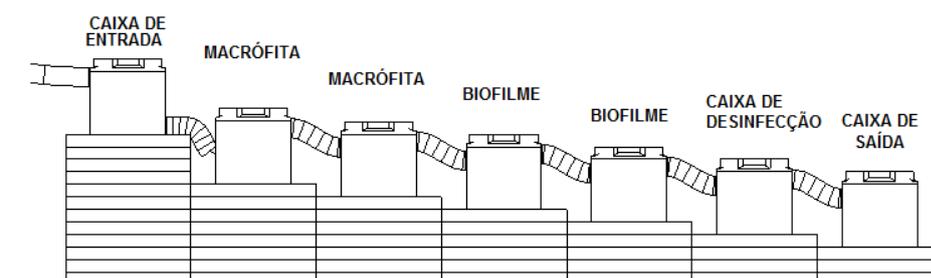
No caso do sulfato e do ferro total, também apresentaram resultados positivos. No caso do sulfato, segundo a norma o limite máximo é de 300 mg.L⁻¹ e na análise da amostra em questão o resultado obtido foi de 78 mg SO₄.L⁻¹. No caso dos açúcares observou-se a ausência na amostra coletada.

Observando os resultados da análise realizada dessa primeira etapa, Tratamento 1, verificou-se que as condições específicas tiveram pequenas variações. No entanto, muitos parâmetros aumentaram suas concentrações/valores após o biotratamento. Esse aumento em alguns parâmetros analisados, após o biotratamento, foi a interferência da presença de seres vivos, que excretam metabolitos, que podem ter aumentado esses compostos na água, no entanto, os valores continuaram abaixo dos limites máximos da Norma.

A Matéria Orgânica (expressa em oxigênio consumido), que partiu inicialmente de um valor 21,38 mg O₂ / L e após o Tratamento 1 atingiu a marca de 23,40 mg O₂ / L, está muito acima do limite máximo da norma DNER-EM N° 034/1997 de 3,0mg.L⁻¹. Isso indicou a necessidade de testar outro tratamento.

Dessa forma, a pesquisa continuou, com outros arranjos no biotratamento, de forma a tentar melhorar os valores do parâmetro oxigênio consumido. Para isso foi testado o Tratamento 2 (Figura 17), que consistiu da modificação da sequência de macrófitas e biofilme, colocando-se o tratamento das caixas com as macrófitas em sequência e, após estas, as do biofilme também foram dispostas em sequência.

Figura 17 – Configuração do Tratamento 2, da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju



Fonte: autor, 2016.

O Tratamento 2 consistiu da sequência: caixa reguladora de vazão, em seguida duas caixas com as macrófitas, duas caixas com o biofilme, uma caixa para a desinfecção e a última, caixa para a coleta do efluente final tratado com o biotratamento.

Essa sequência foi testada em virtude das macrófitas funcionarem melhor com maiores concentrações de nutrientes (SOUSA, 2015), enquanto que o biofilme funciona melhor em menores concentrações de nutrientes (CRISPIM et al., 2009). Além disso, o biofilme aumenta a clarificação da água (SOUSA, 2015) e o fato de após o tratamento com o biofilme vir novo tratamento com macrófita, isso poderia ser a causa do aumento da turbidez da mesma e refletir-se na quantidade de MO presente, o que interfere no consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores.

Nos resultados do Tratamento 2 (Tabela 4), após as modificações acima descritas, alguns parâmetros não foram analisados, visando uma economia na pesquisa. Porém, pode ser observado que para o parâmetro oxigênio consumido os valores apresentados ainda permaneceram acima do máximo admitido pela Norma, e aumentaram para além do que estava na água do efluente da ETE, e dessa forma, deu-se ênfase a partir daqui ao que precisa ser corrigido ou seja o oxigênio consumido.

Tabela 4 – Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 2 da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.

<i>Condição Específica</i>	<i>Resultado Antes Tratamento</i>	<i>Resultado Após Tratamento</i>	<i>Limite máximo (DNER-EM N° 034/1997)</i>
Cloretos	Não analisado	Não analisado	2.000 mg Cl.L ⁻¹
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	33,37 mg O ₂ .L ⁻¹	36,15 mg O ₂ .L ⁻¹	Até 3 mg O ₂ .L ⁻¹
Sólidos Totais a 105 °C	Não analisado	Não analisado	Até 5.000 mg.L ⁻¹
pH	7,64	7,81	5,5 – 9,0
Sulfatos	Não analisado	Não analisado	Até 300 mg.L ⁻¹
Ferro Total	0,20 mg FE.L ⁻¹	0,11 mg FE.L ⁻¹	Até 1 mg.L ⁻¹
Açúcares (quantitativo)	Não analisado	Não analisado	Até 5 mg.L ⁻¹

Fonte: dados da pesquisa, 2016

Existiram algumas variações nos parâmetros, mas que ainda se encontram dentro dos limites preestabelecidos pela DNER-EM N° 034/1997 com exceção mais uma vez da MO (expressa em oxigênio consumido) com um valor ainda de 36,15 mg O₂.L⁻¹, esse valor à

semelhança do Tratamento 1 que aumentou 2 mg O₂.L⁻¹ aumentou 3 mg O₂.L⁻¹, portanto essa configuração também não se mostrou satisfatória para uma melhoria do resultado final do tratamento do efluente.

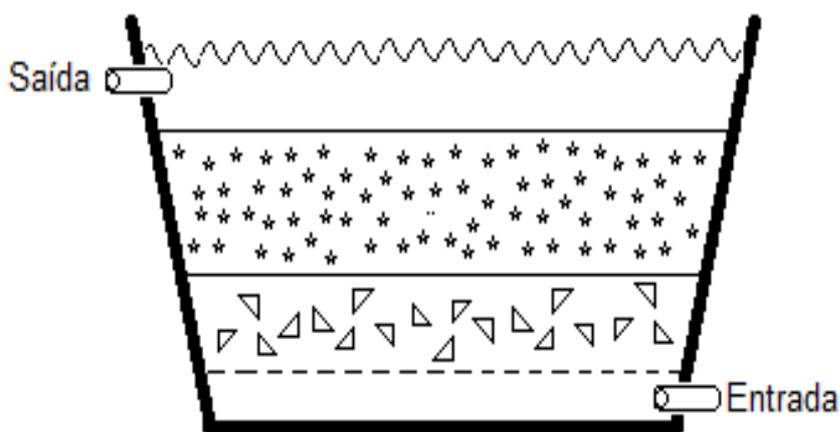
Tendo em vista os resultados do Tratamento 2, como não satisfatórios, a configuração inicial foi reestabelecida por ter-se mostrado mais eficiente em relação aos índices alcançados.

Para dar continuidade à pesquisa, foi proposto o Tratamento 3 - visando um resultado melhor com relação à MO. Para isso foi colocado um filtro de fluxo ascendente de pedra e areia, Figura 18, após o tratamento com as macrófitas e com o biofilme.

Esse filtro foi montado com um fundo falso de fibra de vidro e em seguida foi preenchido com uma camada de brita “0”, e por fim uma outra camada de areia média (Figura 19).

O objetivo da utilização desse filtro é para que parte da MO fique retida no filtro de areia tentando-se conseguir que assim as concentrações de MO fiquem dentro do limite estabelecido pela norma que é de até 3 mg O₂ / L.

Figura 18 – Esquema do filtro de areia e brita inserido no Tratamento 3, para biotratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, para reuso na produção de argamassa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Para uma melhor proteção do sistema contra qualquer influência externa foram colocadas telas de proteção nas caixas, como pode ser visto na Figura 19, contra a entrada de insetos, folhas ou qualquer outro material que pudesse interferir no efluente tratado.

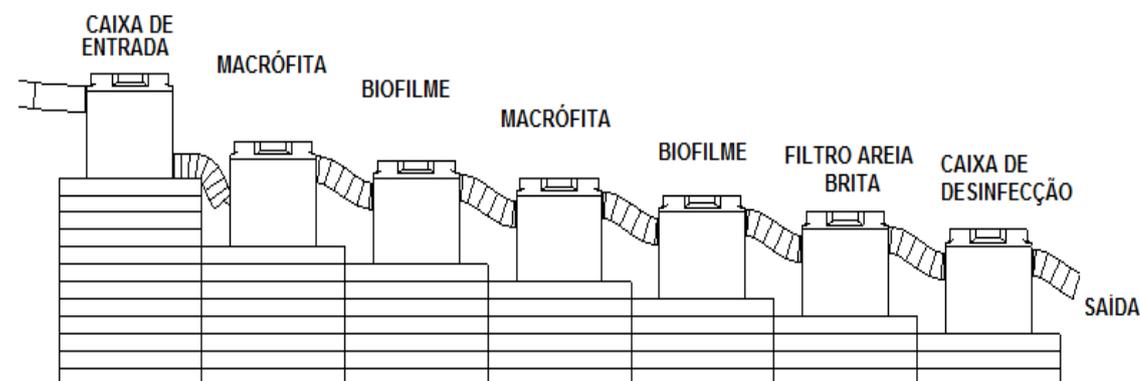
Figura 19 –Tela de proteção contra a entrada de agentes externos, no filtro físico do Tratamento 3 para biotratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, para reuso na produção de argamassa.



Foto: autor, 2016

A Figura 20 mostra a sequência do sistema biorremediador no Tratamento 3.

Figura 20 – Configuração do Tratamento 3 da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Foi realizada uma nova análise do tratamento já contemplada a mudança com o filtro de areia, e os resultados que seguem na Tabela 5 demonstram o resultado obtido nessa nova etapa do tratamento do efluente com o uso de macrófitas, biofilme e o filtro de brita e areia de fluxo ascendente.

Tabela 5 – Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 3 do experimento de biorremediação do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, com macrófitas, biofilme e filtro físico.

<i>Condição Específica</i>	<i>Resultado Antes Tratamento</i>	<i>Resultado Após Tratamento</i>	<i>Limite máximo (DNER-EM N° 034/1997)</i>
Cloretos	910,0 mg Cl.L ⁻¹	1.001 mg Cl.L ⁻¹	2.000 mg Cl / L
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	15,54 mg O ₂ / L	9,51 mg O ₂ / L	Até 3 mg O ₂ / L
Sólidos Totais a 105 °C	1697 mg.L ⁻¹	1.861 mg.L ⁻¹	Até 5.000 mg / L
pH	7,45	7,55	5,5 - 9,0
Sulfatos	140,0 mg SO ₄ / L	166,0 mg SO ₄ / L	Até 300 mg.L ⁻¹
Ferro Total	0,03 mg FE / L	0,05 mg FE / L	Até 1 mg.L ⁻¹
Açúcares (quantitativo)	Presença	Ausência	Até 5 mg.L ⁻¹

Fonte: dados da pesquisa

Dentre as análises realizadas até este momento, esta foi a que apresentou a menor concentração para a condição específica do Oxigênio consumido/Matéria orgânica, apesar de ainda estar três vezes superior ao limite máximo permitido. Com relação às demais condições, os valores permanecem dentro das exigências da norma. Esse valor de MO mais reduzido também foi efeito do menor valor desta variável na entrada do sistema.

Como pode ser observado neste Tratamento 3, o Oxigênio Consumido ainda não chegou ao limite estipulado pela Norma DNER-EM N° 034/1997, para se chegar em um efluente compatível com a água para argamassa e concreto de cimento Portland.

Buscando um conhecimento maior dos processos que ocorrem ao longo do sistema de biotratamento, foi realizada uma análise para verificação dos parâmetros de DBO, QDO e pH do sistema biorremediador, no laboratório de saneamento do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju, mantendo a configuração do Tratamento 3.

Nessa análise foram coletadas amostras, nas sete caixas do tratamento terciário proposto, sendo que para o resultado da demanda bioquímica de oxigênio apenas três amostras foram analisadas como pode ser observado na Tabela 6.

Já na análise da demanda química de oxigênio, foram feitas nas sete caixas e com duas amostras como réplicas, para uma maior confiança dos resultados e o pH também foi medido nas sete caixas.

Tabela 6 – Análises realizadas no Laboratório do Instituto Federal de Sergipe (IFS) referentes às diferentes etapas do biotratamento

Amostra	Análise de DQO (mg/L) no Laboratório do IFS	pH	DBO
1	71,91	7,15	35 mg/L
2	117,76	7,31	-
3	71,91	7,22	97,5 mg/L
4	71,91	7,35	-
5	71,91	7,33	9 mg/L
6	71,91	7,66	36 mg/L
7	71,91	7,64	-

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Pode ser verificado que os valores do DQO, na maioria dos resultados, foram iguais a 71,91 mg.L⁻¹, com exceção da amostra 2, onde tem-se as macrófitas como primeira etapa do tratamento biorremediador. Tudo indica que as macrófitas estão contribuindo com a adição de MO que decompõe, o que se reflete no aumento de DBO na caixa 3, após as macrófitas, mantendo-se estável a partir da caixa 3 (Tabela 6).

Já na análise do DBO pode ser verificado que os valores obtidos foram diminuindo com a sequência do tratamento com a biorremediação, revelando que a quantidade de MO a ser decomposta diminui, logo o consumo de oxigênio pelos decompositores também diminui. O pH apresentou um ligeiro aumento, ao longo do sistema de tratamento, o que demonstra estar sofrendo menos influência de processos de decomposição, que liberam CO₂, diminuindo o pH e passa a sofrer influência de processos fotossintéticos, que absorvem CO₂, aumentando o pH.

Dessa forma, foi possível observar que os valores de DQO não foram alterados pelo sistema de biotratamento. No entanto, a DBO foi removida em 74,3%, se comparada com a que entrou no sistema e de 90,7%, se comparada com o aumento na DBO causada pela primeira caixa com macrófitas. A DQO revela a quantidade de compostos oxidáveis dissolvidos na água e pelos resultados, esses compostos não foram tratados pelo biotratamento, ao contrário dos compostos sujeitos a biodegradação, que sofreram diminuição

pelo biotratamento, principalmente a partir da caixa 3, com o biofilme, o que se refletiu na diminuição da DBO.

Buscando uma solução para alcançar o índice adequado para a MO, o Tratamento 4 foi realizado, fazendo-se uma alteração no filtro de areia. Dessa vez foi feita a substituição da areia anteriormente aplicada, por uma areia com uma granulometria menor e aumentando essa camada de areia fina. Sendo assim, o filtro de areia ficou após as caixas com o biofilme, com a função de reter com maior eficiência a MO presente no fluido e que não foi eliminada nas etapas anteriores.

Buscando uma melhoria nos resultados com a aplicação do tratamento, na caixa com os plásticos, que servem de substrato para o biofilme, foi aumentada a quantidade de plástico, com o objetivo de obter uma maior comunidade formada por esse biofilme. Estes plásticos foram dispostos ficando totalmente submersos e assim formando uma maior área de contato com o efluente, para a criação desse biofilme, e assim, obter uma maior eficiência no tratamento.

Para que também não haja nenhum tipo de agente externo, como insetos e folhas, foi colocada uma tela, fazendo assim, a proteção para que o sistema possa ter uma garantia de maior eficiência possível na formação da uma camada do biofilme, para o tratamento mais eficiente e de forma adequada buscando melhores resultados.

Na sequência da pesquisa, o efluente do Tratamento 4 foi analisado, para testar apenas o parâmetro da Norma que ainda não se encontrava dentro dos requisitos estipulados pela mesma, ou seja, o consumo de oxigênio dissolvido. O resultado apresentou-se adequado com a Norma, com o valor de $1,99 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$ (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 4 de biorremediação do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE

Condição Específica	Resultado	Limite máximo (DNER-EM N° 034/1997)
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	$1,99 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$	Até $3 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$

Fonte: dados da pesquisa.

Com esse resultado chegou-se a um valor que está dentro do estipulado pela norma, ou seja, a norma pede um limite máximo de $3 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$, e o resultado foi de $1,99 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$ e isso satisfaz a única condição específica ainda não alcançada até este momento.

Portanto, para ratificação dos resultados do tratamento com o uso da técnica de biorremediação mais uma análise foi realizada visando à conferência dos resultados alcançados nesse Tratamento 4 (Tabela 8) com o efluente de esgotamento doméstico.

Pode ser observado que os resultados obtidos, apresentaram uma melhoria em todas as condições com exceção do cloreto, pois foi adicionado cloro para a desinfecção do efluente tratado, mesmo assim, o resultado na saída continua dentro da prescrição pré-estabelecida pela Norma, agora atendendo a todos os parâmetros, incluindo a MO.

Tabela 8 – Análise dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 4, com o biotratamento no efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE.

Condição Específica	Resultado Entrada	Resultado Saída	Limite máximo (DNER-EM N° 034/1997)
Cloretos	221,8 mg Cl.L ⁻¹	230,0 mg Cl.L ⁻¹	2.000 mg Cl / L
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	18,1 mg O ₂ / L	1,97 mg O ₂ .L ⁻¹	Até 3 mg O ₂ / L
Sólidos Totais a 105 °C	2,0 mg.L ⁻¹	Não detectado.	Até 5.000 mg / L
pH	7,37	7,18	5,5 - 9,0
Sulfatos	86,72 mg SO ₄ / L	72,0 mg SO ₄ / L	Até 300 mg / L
Ferro Total	0,04 mg FE / L	0,04 mg FE / L	Até 1 mg / L
Açúcares (quantitativo)	Ausência	Ausência	Até 5 mg / L

Fonte: Dados da pesquisa

Von Sperling (1995) afirmou que em se tratando de águas residuárias, a DBO tem um valor médio de 300 mg.L⁻¹ e a DQO por volta de 600 mg.L⁻¹. Neste experimento, o sistema de biorremediação foi capaz de diminuir a DBO para 9 mg.L⁻¹, embora o sistema de tratamento da E.T.E. Orlando Dantas tenha sido melhor que os sistemas estudados pelo referido autor, visto que a DBO de saída do efluente da E.T.E. já era de 35 mg.L⁻¹. Os valores de DQO do efluente da E.T.E. também foram melhores que dos sistemas analisados por Von Sperling (1995), visto que apresentaram concentrações de 71,91 mg.L⁻¹, abaixo da média citada acima.

Na pesquisa realizada por Feitosa (2009), que trata da agricultura irrigada, na produção de melancias, cultivadas com água de esgoto doméstico tratado, foram feitas avaliações microbiológicas, sensoriais e físicas e químicas além de análises estatísticas, com o objetivo de obter uma qualidade dos frutos produzidos utilizando o esgoto tratado para irrigação. Dentre os parâmetros físicos e químicos analisados o valor para o DBO foi de 60 mg.L⁻¹.

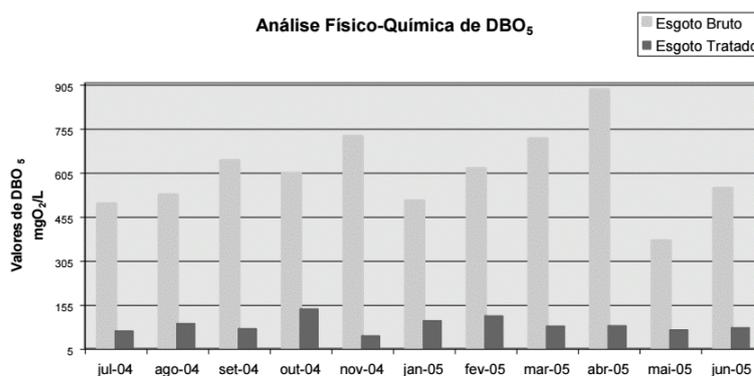
Esses valores de DBO foram mais semelhantes aos valores do efluente da E.T.E. Orlando Dantas. No entanto, a passagem pelo sistema de biorremediação, conseguiu diminuir estes valores para 9 mg.L^{-1} , o que tornaria o efluente adequado também para outros usos, que não apenas a produção de argamassa.

Em Dos Santos (2011), a avaliação foi no uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura, e o índice obtido como resultado médio dentre os parâmetros de qualidade de água analisados para o DBO, considerando o esgoto tratado, foi de $63,49 \text{ mg.L}^{-1}$ como uma variação para mais ou para menos de $33,10 \text{ mg.L}^{-1}$. Mais uma vez, o valor de DBO obtido após o tratamento com a biorremediação nesta pesquisa, demonstrou ser mais eficiente, reduzindo acentuadamente estes valores para 9 mg.L^{-1} .

Em se tratando da técnica de biorremediação, Rodrigues (2005), fez uso de aditivos biológicos³, o que torna o processo de degradação da MO mais eficiente, melhorando a eficácia do tratamento em questão. Pode ser observado na Figura 22 que o índice da DBO médio do efluente sem tratamento foi em torno de 465 mg.L^{-1} e com a aplicação do aditivo pode ser observado uma redução que chegou ao patamar mínimo de $24,37 \text{ mg.L}^{-1}$. Esse valor ainda ficou acima do valor da DBO obtida com o biotratamento testado nesta pesquisa a partir do efluente da E.T.E. Orlando Dantas.

No caso deste trabalho não houve adição de nenhum ser biológico, logo o impacto gerado é menor, e o sistema natural nativo demonstrou ser mais eficiente, conseguindo reduzir mais ainda os valores de DBO.

Figura 21 – Valores médios mensais de Demanda Química de Oxigênio (D.B.O.), Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Malvas, Juazeiro do Norte, Ceará 2004/2005, utilizando o aditivo biológico Biomix E/G.



Fonte: Rodrigues (2005)

³ Biomix E/G – Aditivo biológico: composto por pó à base de microrganismos selecionados, não tóxicos e não patogênicos. Conteúdo: Cultura de microrganismos (concentração $> \text{ou} = 1,0 \times 10^9/\text{cm}^3$)

De acordo com Oliveira (2014), é notória a eficiência alcançada no tratamento de esgoto doméstico, utilizando a espécie *E. crassipes* como biorremediadora. Com o objetivo de redução da DBO, consecutivamente alcançado com a remoção de nitrogênio e fósforo, como observado nas análises realizadas em que demonstram um resultado alcançado com uma eficiência na demanda bioquímica de oxigênio final de 65,72 mg.L⁻¹.

No entanto, a presença de *E. crassipes* também interfere no sistema de tratamento, adicionando MO, o que requer um manejo contínuo que não permita que a mesma se decomponha.

Com o auxílio do biofilme, o processo de tratamento é mais eficaz, o que pode ser verificado no Tratamento 3, em que após passar pelas caixas de *E. crassipes*, a água passou a aumentar em cerca de três vezes o valor da DBO, só melhorando este parâmetro, após a passagem pelo sistema com o biofilme, apresentando nessa altura uma eficácia de remoção da DBO de mais de 90% (Tabela 5).

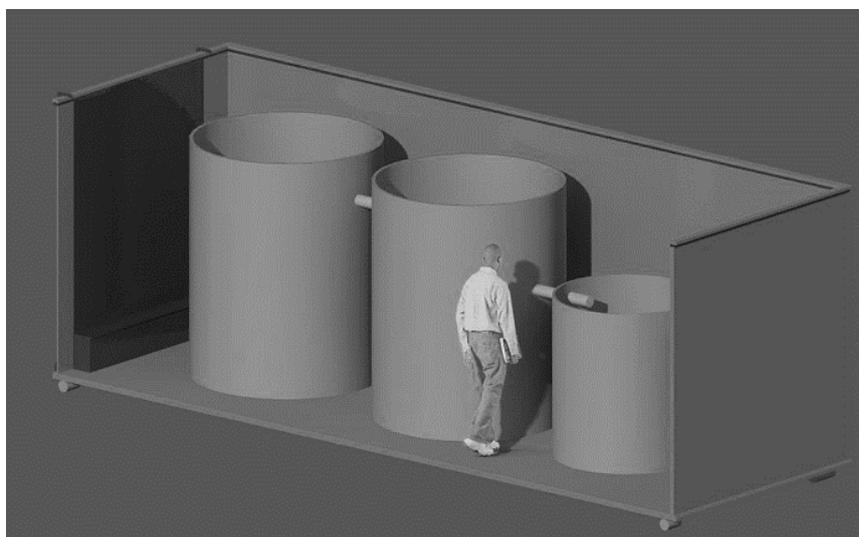
Como fora colocado anteriormente, nesse estudo, a análise da DBO constatou que no final, após a implementação da técnica de biorremediação, com o uso das macrófitas e do biofilme, como uma etapa adicionada aos tratamentos tradicionais o valor alcançado para o DBO foi de 9mg.L⁻¹. Isso demonstra uma melhoria significativa, visto que, ao que preconiza a Norma DNER-EM N° 034/1997 as condições específicas foram atendidas levando à irrefutável conclusão de que esse efluente está apto ao reuso na composição da argamassa.

7. PROPOSTAS PARA REUSO EM CANTEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Como o resultado desta pesquisa apresentou como modelo de tratamento eficaz apenas o Tratamento 4, para efetivar o reuso de água em um canteiro de obras propõe-se que o mesmo seja usado, após a saída do efluente de um sistema de tratamento de esgoto local.

Propõe-se para trabalhos posteriores, o desenvolvimento de um sistema de tratamento de esgoto completo, já contemplando a biorremediação como proposta para reuso de água em um canteiro de obras, após o tratamento tradicional, em biorreatores. Essa proposta está apresentada em forma de esquema na Figura 22.

Figura 22 – Esquema de uma Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) compacta dentro de um container.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Agora fazem-se necessários estudos que viabilizem a flexibilidade na edificação, para proporcionar o reaproveitamento dessa estação, através de pesquisas que identifiquem estruturas que possibilitem a mobilidade desejada de toda a estrutura.

Contudo, tem-se os pressupostos que, a estação possa ser transportada e reutilizada em outro local sem desperdício dos materiais aplicados, como pode ser observado na Figura 22 onde está a proposta da estrutura de uma E.T.E. dentro de um container, ou seja, atendendo os requisitos de flexibilidade e de fácil relocação sem desperdício de material.

Dentro do conceito, de E.T.E. móvel, compacta, flexível e com pequenas taxas de desperdício, seria utilizado juntamente com o tratamento de efluentes domésticos, já empregado pelo mercado atualmente, adicionando ao mesmo a biorremediação, como demonstrado no modelo de Tratamento 4 que apresentou resultados positivos com relação ao atendimento das exigências específicas de todos os parâmetros citados na norma para DNER-EM nº 034/1997 - água para argamassa e concreto.

8. CONCLUSÕES

As análises realizadas na água do produto final da Estação de Tratamento de Esgoto Orlando Dantas revelaram que esta não seria apropriada para o reuso na produção de argamassa, em virtude do parâmetro oxigênio consumido ter dado muito acima do valor máximo permitido pela norma DNER-EM N° 034/1997 - Água para argamassa e concreto de cimento Portland. Desta forma, para alcançar o objetivo de uso dessa água, verificou-se a necessidade de aplicar algum tipo de tratamento complementar, para melhorar esse parâmetro. Foi aplicado um sistema biorremediador misto com um sistema de filtragem mecânica com filtros de areia.

O tratamento com a biorremediação apresentou resultados positivos com relação a esse tipo de tratamento, e é uma proposta viável, pois trata-se de uma solução de baixo custo, e com uma boa eficiência.

O reuso desse efluente como insumo na composição da argamassa um item da norma DNER-EM N° 034/1997, foi alcançado no Tratamento 4, que, para além do uso da macrófita *E. crassipes* e do biofilme, acrescentou um filtro físico de areia. O sistema de biorremediação apresentou-se eficiente também na redução da DBO, com taxas de remediação deste parâmetro de até 90%.

Isto significa a possibilidade do reuso desse efluente na composição da argamassa ao invés de fazer seu descarte na natureza e contribuir com o aumento da degradação do meio ambiente.

Com esse resultado, de uma água que entrou na obra como uma água tratada e distribuída pelo ente público, uma vez já paga e utilizada com a finalidade de higiene pessoal dos que trabalham nas obras da construção civil, ao invés de descartar esse esgoto do tipo doméstico pode-se tratá-lo de forma adequada na própria obra.

Isto através do uso de uma estação de tratamento de esgoto local e ter a sua reutilização de uma forma diferenciada, ou seja, o aproveitamento de efluente tratado na sua reutilização como insumo na composição da argamassa que será utilizada dentro de uma obra da construção civil.

Desta forma, conclui-se que a hipótese proposta e testada foi parcialmente aceita, visto que o sistema de biotratamento por si só não foi capaz de diminuir o parâmetro Matéria orgânica/Consumo de oxigênio, necessitando o sistema ser complementado com um filtro mecânico, com areia.

Considerações Finais

Como o efluente usado foi de uma E.T.E., a pesquisa deve continuar, no sentido de montar uma E.T.E. móvel, em empresas de construção civil, de forma a realizar o biotratamento nesse tipo de efluente, e averiguar a capacidade de tratamento com esse tratamento local e ver se os parâmetros definidos pela norma DNER-EM nº 034/1997 seriam ainda atendidos.

Propõe-se aqui a possibilidade de construção de uma E.T.E. móvel, que seja composta pelos seguintes módulos: tratamento preliminar, tratamentos secundário e/ou terciário e em seguida, pelo biotratamento e filtros de areia, para buscar atender os objetivos, que seriam de reusar o esgoto proveniente da obra e reusar a água tratada na produção de argamassa.

9. REFERÊNCIA

ABRECON. **Reciclagem de entulho: fator vital para a construção sustentável.** Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, 2016. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/reciclagem-de-entulho-fator-vitalpara-construcao-sustentavel/>>. Acesso em: jan. 2017

AGOPYAN, V. JOHN; V. M. GOLDEMBERG, J. (Coord.). **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** Vol. 5. São Paulo: Blucher, 2011, p. 141.

ARAÚJO, V. M.. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.3.2009.tde-28102009-173935. Acesso em: 2016-09-25.

BARRETO. I. M. C. B. N. **Gestão de resíduos na construção civil.** Aracaju, SENAI/SE; SENAI/DN; COMPETIR; SEBRAE/SE; SINDUSCON/SE, Sergipe, 2005, p.28. Disponível em: <http://www.sindusconse.com.br/sinduscon/arquivos/GESTO%20DE%20RESDUOS%20NA%20CONSTRUO%20CIVIL%20-%20Barreto_%20Ismeralda%20Maria%20Castelo%20Branco.pdf>. Acesso em: out. 2016.

BENETTI, A. D..**Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro,v. 13,n. 3,p. 247-248, Sept. 2008. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 Mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000300001>.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.; **INTRODUÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL**, 2ª Ed., São Paulo, 2005.

BRASIL. **Congresso Nacional. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da

Administração Pública e dá outras providências. Brasília, 1993. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03.L-1eis.L-18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/L-1eis.L-18666cons.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA**. Disponível em: <www.mma.gov.br> Acessado em: Novembro de 2016.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.). **Our common Future**. Rio de Janeiro: FGV, 1987

BORDONALLI, A. C. O., MENDES, C. G. da N., **Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD**. Junho/2009.

BURKE, B.; KEELER, M. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Artmed, 2010. MCLEOD, Virginia; SALVATERRA, Alexandre. Detalhes Construtivos da Arquitetura residencial contemporânea. Bookman, 2010.

COUTO NETO, A. G. **Construção civil sustentável: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras – um estudo de caso**. 2007. 88f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/246M.PDF>>. Acesso em: 8 mai. 2016.

COSTA, S. L. da. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: aspectos jurídicos e ambientais**. Aracaju: Evocati, 2011, p. 238.

CRISPIM, M. C.; VIEIRA, A. C. B.; COELHO, S. F. M; MEDEIROS, A. M. A. **Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming**. Acta Limnol. Bras., v. 21, n. 4, p. 387-391, 2009.

DOS SANTOS, E. S., MOTA S., SANTOS, A. B., MONTEIRO, C. A. B., FONTENELE, R. M. M. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura.**, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - 2011.

FEITOSA, T.; GARRUTI, D. S.; LIMA, J. R.; MOTA, S.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F. ; SANTOS, A. B.. **Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado**, (2009). Disponível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/9382>.

FREITAS, C. A. S., SILVA, A. R. A., BEZERA, F. M. L., MOTA, F. S. B., GONÇALVES, L. R. B., BARROS, E. M., **Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar** - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - 2013.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. D. L.; MANFIO, G. P.. **Biorremediação. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 36-43, 2005.

GRUPO TÉCNICO DE GIAU, **Gestão Integrada das Águas Urbanas da Região Metropolitana de Aracaju – Diagnóstico Qualitativo**, Relatório do Diagnóstico Qualitativo, Setembro 2010.

MATEUS, R. - **“Novas Tecnologias Construtivas Com Vista à Sustentabilidade da Construção”**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2004.

MELO, A.. **“Princípios norteadores da gestão dos recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo em tempos de escassez”**. GeoGraphos. [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de la Universidad de Alicante, 2 de junio de 2016, vol. 7, nº 87 (14), 14 p. [ISSN: 2173-1276] [DL: A 371-2013] [DOI: 10.14198/GEOGRA2016.7.87(14)].

MIKHAILOVA, I. **Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. Revista Econômica e desenvolvimento. n.16, 2004. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/eed/article/viewFile/3442/pdf>.

LEITÃO JÚNIOR, A.M.; SOARES, D.Z.; GUIMARÃES, A.A.; BIANCHI, J.L.; REZENDE, L.D.; OLIVEIRA, G.M. **Sistema de tratamento alternativo de efluentes utilizando macrófitas aquáticas: um estudo de caso do tratamento de efluentes frigoríficos por Pistia stratiotes e Eichhornia crassipes**. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 8, n. 23 Edição Especial p. 8 – 19. Disponível em <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>> Acesso em 18 de setembro de 2016.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro , v. 45, n. 2, p. 331-348, abr. 2011 .

MENEZES, R. J. S. J.; I F., B. Z. I. A., F. A. de O. C.. **Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos**. Ciência Rural 37.4 (2007).

OLIVEIRA, S. V. W. B. de, **Modelo para Tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário - USP, São Paulo, 2004**.

OLIVEIRA, G. F. de; ARAÚJO, W. E. de L.. **Avaliação do potencial de biorremediação da Eichhornia crassipes em efluente indústria**. Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, UniRV, 2014.

REDCLIFT, M.R.(2007). **Sustainable development (1987-2005) - an oxymoron comes of age**. Horizontes Antropológicos. Porto Alegre, ano12, n.25,p.65-84.

RIBEIRO, C. S.. **Pegada hídrica e água virtual: estudo de caso da manga no submédio do Vale do São Francisco, Brasil**./ Carolina Silva Ribeiro. – Salvador, 2014.

RODRIGUES, F. P., **Utilização da Técnica da Biorremediação em Sistemas de Esgotamento Sanitário. Aplicação Na Cidade De Juazeiro Do Norte, Ceará**. Universidade Federal Do Ceará. 2005.

SILVA, A. M. e. **Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas**. 2003. 151 f . (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVA, R. R. da, VIOLIN, R. Y. T.. **GESTÃO DA ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**. UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar. Maringá – Paraná – Brasil – 2013.

SOUSA, C. E. **Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da estação de tratamentos de esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB**. Dissertação de mestrado. PRODEMA. UFPB. 73 p. 2015

TAYRA, F. (2006). **Capital natural e graus de sustentabilidade: visões de mundo e objetivos conflitantes**. Pensamento & Realidade, Brasília, v.9, n.19. Disponível em: <<http://www.faculdadesaoluis.br/download/pdf/revista/revista19.pdf#page=100>> .

TERRA, V. do C., **Avaliação da eficiência da biorremediação na redução da carga orgânica de estações de tratamento de esgoto: o caso da ETE Neblina em Araguaína/TO**. Universidade Federal do Tocantins, Brasil. v. 5, n. 2 (2016): Revista Eixo - ARTIGOS

VIDOTTI, E. C. and ROLLEMBERG, M. do C. E.. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica**. Quím. Nova [online]. 2004, vol.27, n.1 [cited 2016-09-14], pp.139-145.

VON SPERLING, M.. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄAS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil. Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**–Sao Paulo, Brasil de, v. 18, 2011.