



Capítulo I

POTENCIAL DE REUSO DE EFLUENTE DE ESGOTO NA COMPOSIÇÃO DE ARGAMASSA EM CANTEIROS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Alysson Távora Chagas
Maria Cristina Crispim



POTENCIAL DE REUSO DE EFLUENTE DE ESGOTO NA COMPOSIÇÃO DE ARGAMASSA EM CANTEIROS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Alysson Távora Chagas¹ | Maria Cristina Crispim²

¹ Professor do Instituto Federal de Sergipe – e-mail: alysson.chagas@ifs.edu.br

² Professora da Universidade Federal da Paraíba – DSE/CCEN – e-mail: ccrispim@dse.ufpb.br

RESUMO: No universo da construção civil, o canteiro de obras representa uma estrutura temporária que é capaz de gerar um grande passivo ambiental, a depender do porte da obra, visto que este setor atinge o meio ambiente com a produção de vários tipos de resíduos, dentre eles o esgotamento sanitário. A cidade de Aracaju em Sergipe, Brasil, tem um lençol freático superficial e recebe o impacto de esgotos não tratados adequadamente. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma proposta de tratamento para esse efluente gerado em canteiros de construção civil, de forma eficiente e a baixo custo, para dar-se um destino adequado ao efluente tratado, com a sua utilização na produção da argamassa ou ainda do concreto produzido na própria obra. Neste estudo, como ainda não existem esgotos tratados em canteiros de construção, usou-se o efluente de uma Estação de Tratamento de Esgoto, e buscou-se um tratamento por Biorremediação com o uso do biofilme, com a inserção de substratos artificiais e plantas aquáticas (*Eichhornia crassipes*). 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 (BRASIL, 1997) que estabelece limites máximos de alguns parâmetros, única norma sobre qualidade de água na produção de argamassa. O sistema experimental foi montado em uma estação de tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO 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, por 20 dias, para a retirada de amostras e posterior análise em laboratório. Foram testados diferentes sequências dos biorremediadores até se atingir uma metodologia adequada ao objetivo proposto, consistindo de uma sequência de macrófitas, biofilme, macrófitas, biofilme, filtro físico e desinfecção. Os parâmetros usados para a avaliação do biotratamento foram: cloretos, oxigênio consumido/matéria orgânica, sólidos totais a 105°C, pH, turbidez, sulfatos, ferro total, açúcares (quantitativo) e cor aparente. O tratamento só atendeu todas as normas, após passar por um filtro físico, com areia. Conclui-se que o tratamento mostrou-se eficaz, atendendo às condições pré-estabelecidas pela norma acima citada, podendo a água de esgoto ser tratada biologicamente e reusada em produção de argamassa, reduzindo o impacto ao solo e lençol freático e reduzindo custos na construção.

Palavras-chave: Reuso de água, biotratamento, biorremediação, construção civil, redução de impactos

POTENTIAL FOR REUSE OF SEWAGE EFFLUENT IN MORTAR COMPOSITION IN CIVIL CONSTRUCTION SITES

ABSTRACT: In the civil construction universe, the construction site represents a temporary structure that is capable of generating a great environmental liability, depending on the size of the work, since this sector affects the environment with the production of various types of waste, among them the sanitary sewage. The city of Aracaju in Sergipe, Brazil, has a shallow groundwater and receives the impact of sewage not properly treated. Thus, the objective of this research is to present a treatment proposal for this effluent generated in construction sites, efficiently and at low cost, to give an adequate destination to the treated effluent, with its use in the production of mortar or even the concrete produced on site. In this study, as there are still no treated sewage on construction sites, the effluent from a Sewage Treatment Station was used, and a treatment by Bioremediation was sought with the use of biofilm, with the insertion of artificial substrates and aquatic plants (*Eichhornia crassipes*). To ensure the treatment takes place effectively, this project was concerned with complying with current regulations such as, DNER-EM034-97 – Water for Mortar and Concrete, which establishes maximum limits for some parameters, the only norm on water quality in the production of mortar. The experimental system was set up in a sewage treatment plant belonging to the Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO in the city of Aracaju – SE. After a mini-station was prepared to capture part of the effluent (*bypass*) for carrying out the research, the stabilization of the biotreatment was awaited for 20 days, for the removal of samples and subsequent analysis in the laboratory. Different sequences of bioremediators were tested until reaching an adequate methodology for the proposed objective, consisting of a sequence of macrophytes, biofilm, macrophytes, biofilm, physical filter and disinfection. The parameters used to evaluate the biotreatment were: chlorides, oxygen consumed/organic matter, total solids at 105°C, pH, turbidity, sulfates, total iron, sugars (quantitative) and apparent color. The treatment only met all the standards, after going through a physical filter, with sand. It is concluded that the treatment proved to be effective, meeting the conditions pre-established by the aforementioned standard, and sewage water can be biologically treated and reused in mortar production, reducing the impact on the soil and groundwater and reducing construction costs.

Keywords: Water reuse, biotreatment, bioremediation, civil construction, impact reduction

INTRODUÇÃO

Para BENETTI (2008), dentro de uma conjuntura mundial, no ano de 2025 dever-se-á chegar a um total de 8,2 mil milhões 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.

Nos últimos anos, tem-se acompanhado a 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 e ambiental. A gestão de resíduos está entre essas exigências.

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 das cidades. 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*”.

Segundo AGOPYAN *et al.* (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. Dessa forma,

tratar os esgotos de canteiros de obras e fazer uma boa gestão da água, fazem parte do caminho para a sustentabilidade.

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. O tratamento de esgotos para o reuso dessas águas vem sendo pesquisado por diversos autores. Alguns abordam o reuso na agricultura (ex. FREITAS, 2013), na piscicultura (Dos SANTOS *et al.*, 2011) e ainda reuso em indústrias (BORDONALLI e MENDES, 2009). No entanto, nenhuma focou no tratamento biológico e reuso de água de esgoto para a produção de argamassa na construção civil.

Biotratamentos são viáveis pelo menor impacto causado e geralmente baixo custo. A 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). SOUSA (2015) apresentou uma proposta eficiente de biorremediação para o tratamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) usando o biofilme e a fitorremediação (com a planta *Eichhornia crassipes*) como biotratamento.

Dessa forma, esta pesquisa visa testar o sistema biorremediador, para o tratamento terciário, como metodologia alternativa para o tratamento complementar das águas residuárias domésticas, com o objetivo de reuso para a produção de argamassa.

Esta é uma pesquisa interdisciplinar inédita, fruto do mestrado do primeiro autor, que utilizou conhecimentos da biologia, química, hidrologia e construção civil, de forma interdisciplinar, de maneira a obter o produto final. SOUSA (2015) utilizou os sistemas de biotratamento em separado, a proposta desta pesquisa é testá-los em sequência. A hipótese da pesquisa foi “O sistema de biorremediação com macrófita e biofilme é eficiente na melhoria da qualidade do efluente para aplicação na produção de argamassa”. Para testar essa hipótese, os objetivos

específicos da pesquisa foram: i) Analisar a qualidade de água do efluente de estação de tratamento de esgoto em relação aos parâmetros indicados na norma DNER-EM034-97 – Água para Argamassa e Concreto (BRASIL, 1997); ii) Testar e avaliar diferentes configurações entre os biorremediadores, no tratamento terciário e selecionar o mais adequado.

PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

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.

A cidade de Aracaju 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 do esgoto 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.

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 n.º 17025: 2005), seguindo métodos para cada condição específica de acordo com a Tabela 1, com base nas normas anteriormente citadas.

Tabela 1 – 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 recipientes de plástico e levado ao laboratório de forma refrigerada.

Também foi analisada a Demanda Química do Oxigênio (DQO), que foi medida em réplicas através do espectro de absorvância (ABS) que evidencia como a absorção da luz depende do comprimento de onda dessa luz, utilizando um 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 em que foi utilizada a macrófita do tipo *Eichhornnia crassipes* (baronesa ou água pé) e a biorremediação com o biofilme com o uso de cortinas de plástico, que servem de substrato artificial 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 1.

As caixas para o tratamento com a técnica de biorremediação, ficaram ao lado dos tanques de decantação (Figura 1), 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 Architecture¹, para ser apresentado, com o objetivo de impetrar a aprovação da pesquisa por parte da Companhia de Saneamento de Sergipe.

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 L.s⁻¹), com o uso de uma boia, para que quando chegue 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, seguindo para as restantes.



Figura 1 – 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 adesão 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 n.º 034/1997.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a norma DNER-EM n.º 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) 3,0 mg.L⁻¹;
- Resíduo sólido..... 5.000,0 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 simples 2.000 mg.L⁻¹;
 - Para concreto armado 700 mg.L⁻¹;
 - Para concreto protendido 500 mg.L⁻¹;
- Ferro (expresso como Fe) 1,0 mg.L⁻¹;
- Açúcar 5,0 mg.L⁻¹.

Dentre os itens preconizados pela norma DNER-EM n.º 034/1997, o Oxigênio consumido/ Matéria orgânica, que tem como limite máximo, até 3,0 mg.L⁻¹, para ser considerado um efluente portador de qualidade compatível com a Norma de água para argamassa e concreto de cimento Portland (BRASIL, 1997), foi o único que esteve acima dos limites máximos preconizados por essa norma, após o tratamento pela Estação de Tratamento de Esgoto de Aracaju (33,37 mg O₂.L⁻¹). Dessa forma, deu-se ênfase a essa análise nos tratamentos.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi verificada a necessidade de uma alteração na sequência das caixas (biofilme e plantas aquáticas), para verificação do comportamento do tratamento com algumas possíveis variações. Outro arranjo foi realizado, intercalando as macrófitas e o biofilme,

¹ 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.

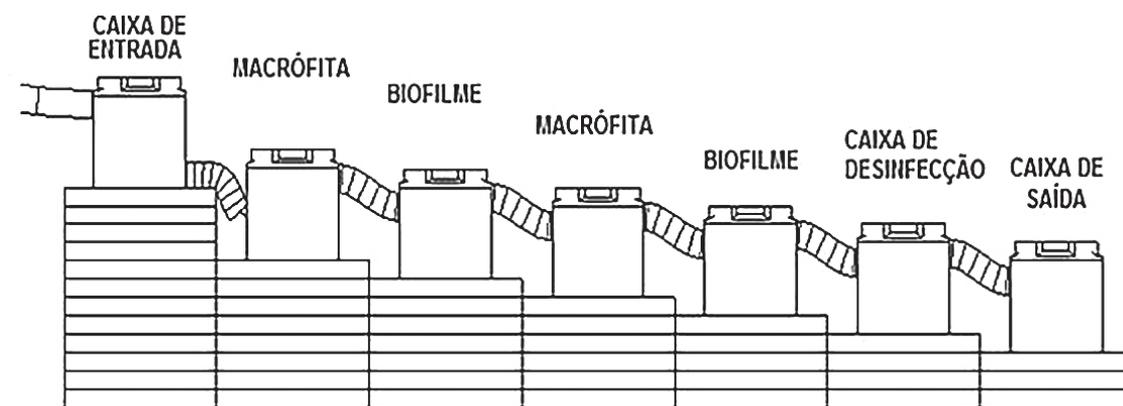


Figura 2 – Configuração do Tratamento 1, da biorremediação testada experimentalmente no efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

porém essa alteração não trouxe resultados que pudessem ser considerados satisfatórios, conforme resultados abaixo.

Cada configuração foi considerada um tratamento (Figura 2), 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, no último tratamento.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da primeira análise, do Tratamento 1, do efluente tratado com a técnica de biorremediação realizada pelo ITPS.

Verifica-se que, de modo geral, o resultado foi satisfatório, já após o tratamento pela E.T.E., pois, como exposto na Tabela 2, 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 biotratamento.

O mesmo foi verificado com os sólidos totais que está normatizado com o limite máximo de até

5.000 mg.L⁻¹ e foi obtido como resultado o valor de 441,0 mg.L⁻¹, no efluente da ETE, demonstrando um bom tratamento. O potencial hidrogeniônico (pH) foi de 7,14, após o biotratamento 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. Os valores de sulfato após o biotratamento apresentaram uma pequena redução de 84 para 78 mg SO₄.L⁻¹.

Observando os resultados da análise realizada dessa primeira etapa, Tratamento 1, verificou-se que as condições específicas tiveram pequenas variações. No entanto, alguns parâmetros aumentaram suas concentrações/valores após o biotratamento. Esse aumento em alguns parâmetros analisados, após o

Tabela 2 – Resultado dos parâmetros analisados após passar pelo Tratamento 1, com macrófitas e biofilme.

Condição Específica	Resultado Antes biotratamento	Resultado Após biotratamento	Limite máximo (DNER-EM N.º 034/1997)
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: elaborado pelo primeiro autor

biotratamento, foi a interferência da presença de seres vivos, que excretam metabólitos, 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⁻¹ e após o Tratamento 1 ficou em 23,40 mg O₂.L⁻¹, está muito acima do limite máximo da norma DNER-EM N.º 034/1997 de 3,0mg.L⁻¹. Isso indicou a necessidade de testar outro tratamento.

Para isso foi testado o Tratamento 2 (Figura 3), 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.

Nos resultados do Tratamento 2 (Tabela 3), após as modificações acima descritas, alguns parâmetros não foram analisados, visto que já se encontravam abaixo dos limites máximos da norma. Porém, pode ser observado que para o parâmetro oxigênio consumido/matéria orgânica (único valor que ultrapassava os limites da norma) 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.

Existiram algumas variações nos parâmetros, mas que ainda se encontram dentro dos limites preestabelecidos pela DNER-EM N.º 034/1997 com exceção mais uma vez da MO (expressa em oxigênio

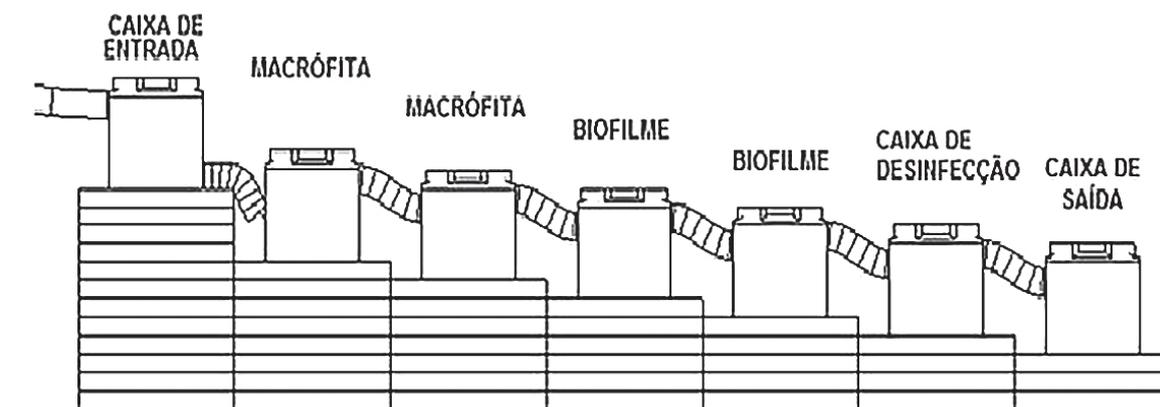


Figura 3 – Configuração do Tratamento 2, da biorremediação testada experimentalmente com efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju.

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 macrófitas, 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.

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 ainda 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, 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

Tabela 3 – 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.

Condição Específica	Resultado Antes Tratamento	Resultado Após Tratamento	Limite máximo (DNER-EM N.º 034/1997)
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: Elaborada pelo primeiro autor

camada de brita “0”, e por fim uma outra camada de areia média (Figura 4).

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.

Para uma melhor proteção do sistema contra qualquer influência externa foram colocadas telas de

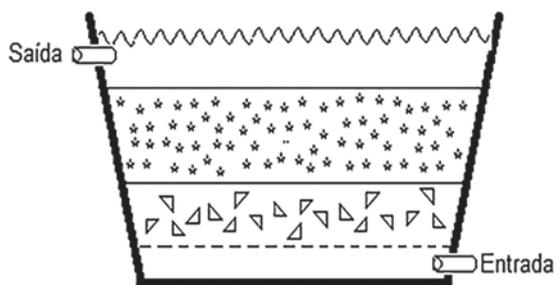


Figura 4 – Esquema do filtro de areia e brita inserido no Tratamento 3, para biotratamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) Orlando Dantas, Aracaju, SE, para reuso na produção de argamassa.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

proteção nas caixas, como pode ser visto na Figura 5, contra a entrada de insetos, folhas ou qualquer outro material que pudesse interferir no efluente tratado.

A Figura 6 mostra a sequência do sistema biorremediador no Tratamento 3.



Figura 5 – 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

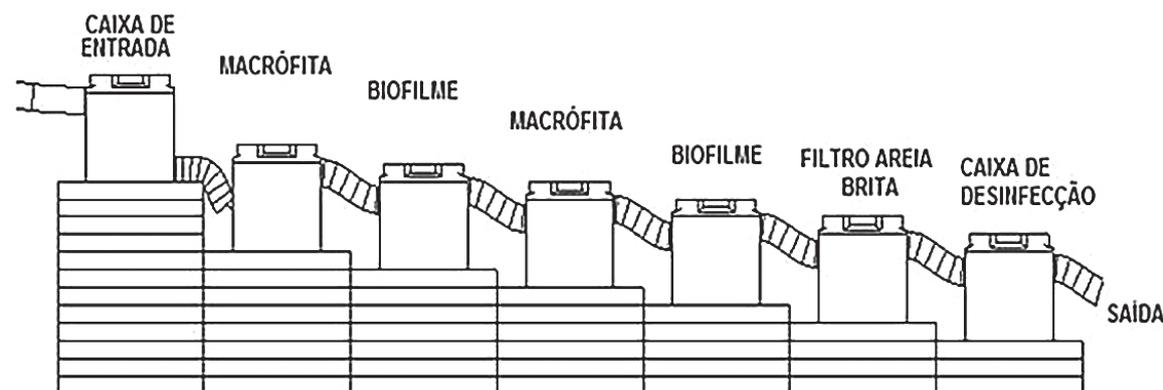


Figura 6 – Sequência do sistema de biotratamento utilizado no experimento de biorremediação no tratamento 3.

Tabela 4 – 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.

Condição Específica	Resultado Antes Tratamento	Resultado Após Tratamento	Limite máximo (DNER-EM N.º 034/1997)
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

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.

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 (Tabela 5), o Oxigênio Consumido ainda não chegou ao limite estipulado pela Norma DNER-EM N.º 034/1997, para se chegar em um efluente compatível com a água para argamassa e concreto de cimento Portland (BRASIL, 1997).

Buscando um conhecimento maior dos processos que ocorrem ao longo do sistema de biotratamento, foi realizada uma análise para verificação dos parâmetros de DBO, DQO e pH do sistema biorremediador, no laboratório de saneamento do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju, mantendo-se 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 5.

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

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, com exceção da caixa 6, com o

Tabela 5 – 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.

filtro de brita e areia. 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, na caixa do biofilme, 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 dissol-

Para que também não houvesse nenhum tipo de agente externo, como insetos e folhas, foi colocada uma tela, fazendo assim, a proteção para que o sistema pudesse 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 no 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 final de 1,99 mg O₂.L⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6 – 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.º 034/1997)
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	1,99 mg O ₂ .L ⁻¹	Até 3 mg O ₂ .L ⁻¹

Fonte: dados da pesquisa.

vidos na água e pelos resultados, esses compostos sofreram ação semelhante ao longo do biotratamento, ao contrário dos compostos sujeitos à 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.

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 mg O₂.L⁻¹, e o resultado foi de 1,99 mgO₂.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 7) 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.

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.

Tabela 7 – 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.º 034/1997)
Cloretos	221,8 mg Cl.L ⁻¹	230,0 mg Cl.L ⁻¹	2.000 mg Cl.L ⁻¹
Oxigênio Consumido/ Matéria Orgânica	18,1 mg O ₂ . L ⁻¹	1,97 mg O ₂ .L ⁻¹	Até 3 mg O ₂ .L ⁻¹
Sólidos Totais a 105 °C	2,0 mg.L ⁻¹	Não detectado.	Até 5.000 mg. L ⁻¹
pH	7,37	7,18	5,5 – 9,0
Sulfatos	86,72 mg SO ₄ . L ⁻¹	72,0 mg SO ₄ / L	Até 300 mg. L ⁻¹
Ferro Total	0,04 mg FE. L ⁻¹	0,04 mg FE. L ⁻¹	Até 1 mg. L ⁻¹
Açúcares (quantitativo)	Ausência	Ausência	Até 5 mg / L

Fonte: Dados da pesquisa

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. O fato da ETE Orlando Dantas ser composto por um sistema de lodo ativado torna seus efluentes mais eficientes em tratamento.

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 pelo autor, 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 mg.L⁻¹ como uma variação para mais ou para menos de 33,10 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 biológicos², o que torna o processo de degradação da MO mais eficiente, melhorando a eficácia do tratamento em questão. Pode ser observado 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 mg.L⁻¹. Esse valor ainda ficou acima do valor da DBO obtida com o biotratamento testado nesta pesquisa a a partir do efluente da E.T.E. Orlando Dantas, no entanto os valores iniciais foram maiores nessa pesquisa de Rodrigues.

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.

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 com a remoção de nitrogênio e fósforo, como observado nas análises realizadas em que demonstram um resultado com uma eficiência na demanda bioquímica de oxigênio final de 65,72 mg.L⁻¹. No entanto, a presença de *E. crassipes* também

² Biomix E/G – Aditivo biológico: composto por pó à base de microrganismos selecionados, não tóxicos e não patogênicos. Conteúdo: Cultura de microrganismos (concentração > ou = 1,0 x 10⁹/cm³)

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.º 034/1997 as condições específicas foram atendidas levando à irrefutável conclusão de que esse efluente está apto ao reuso na composição da argamassa.

Agora fazem-se necessários estudos que viabilizem a flexibilidade na edificação de uma mini estação de tratamento de esgoto que possa ser móvel e ser instalada nos canteiros de obra, para proporcionar o reaproveitamento dessa estação, através de pesquisas que identifiquem estruturas que possibilitem a mobilidade desejada de toda a estrutura.

Propõe-se aqui um mini estação em um container, com sistema de lodo ativado ou biodigestão, cujo efluente seja destinado ao tratamento biológico, no seu exterior, visto que este requer luz.

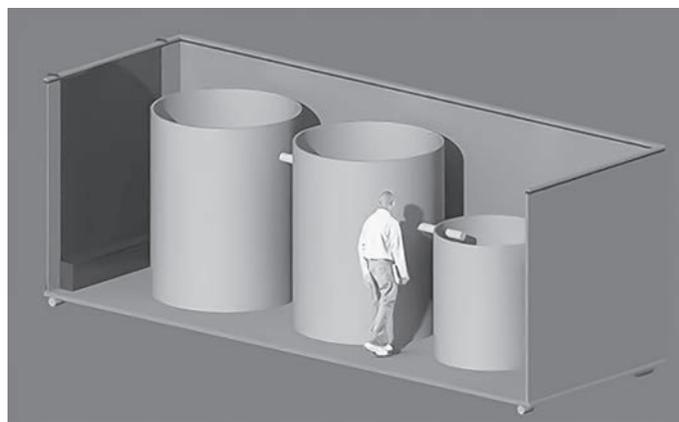


Figura 7 – Esquema da proposta de uma E.T.E. compacta dentro de um Container.

Fonte: Autor, 2016.

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 6, 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.

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.º 034/1997 – Água para argamassa e concreto de cimento Portland (BRASIL, 1997). 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.º 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, a água que entra na obra como uma água tratada e distribuída pelo ente público, paga, deve ser utilizada apenas com a finalidade de higiene pessoal dos que trabalham nas obras da construção civil, enquanto que a água que é usada para a produção de argamassa poderá ser água reusada do tratamento de esgoto, por tratamento biofísico.

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 n.º 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 em seguida, pelo biotratamento e filtros de areia, para buscar atender os objetivos, que seriam de reusar o esgoto proveniente da obra na produção de argamassa.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. JOHN & V. M. GOLDEMBERG, J. (Coord.). 2011. *O desafio da sustentabilidade na construção civil*. 141 p. Blucher. São Paulo. ISBN: 9788521206101

ARAÚJO, V. M. 2009. *Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras*. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 229p. doi:10.11606/D.3.2009.tde-28102009-173935.

BENETTI, A. D. 2008. Water reuse: issues, technologies, and applications. *Engenharia Sanitária Ambiental*. 3 (3): 247-248. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000300001>.

BORDONALLI, A. C. O. & MENDES, C. G. da N. 2009. Reuso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. *Eng Sanit Ambient*. 14 (2): 235-244. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/PhySRzsLtGTLJgTSXy7gLJN/?format=pdf&lang=pt>

BRASIL. 1997. MT – *Departamento Nacional de Estradas de Rodagem* Água para argamassa e concreto de cimento Portland. <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-material-em/>

dnr_em_034_97-1.pdf. Acesso em: 30 de Março de 2016.

CRISPIM, MC.; VIEIRA, A.C.B.; COELHO, S.F.M & MEDEIROS, A.M.A. 2009. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. *Acta Limnol. Bras*. 21 (4): 387-391. Disponível em: https://www.cubomultimedia.com.br/acta/pdf/acta_v21n4_210402.pdf

Dos SANTOS, E.S., MOTA S., SANTOS, A.B., MONTEIRO, C.A.B. & FONTENELE, R.M.M. 2011. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. *Eng. Sanit. Ambient*. 16 (1) : 45-54. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000100008>

FEITOSA, T.; GARRUTI, D.S.; LIMA, J.R.; MOTA, S.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F. & SANTOS, A.B. 2009. Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado. *Rev. Tecnol., Fortaleza*. 30 (1):53-60. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579859/1/PC09004.pdf>

FREITAS; C.A.S., SILVA, A.R.A.; BEZERA, F.M.L.; MOTA, F.S.B.; GONÇALVES, L.R.B. & BARROS, E.M. 2013. 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*, 17(7): 727–734. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/mMHTXbzhR-sKLCkKwZZVPvYN/?format=pdf&lang=pt>

GAYLARDE, C.C.; BELLINASSO, M.D.L. & MANFIO, G.P. 2005. Biorremediação. Biorremediação. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. 34: 36-43, Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33137656/biorremediacao_34-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647271985&Signature=FtS3p0XS-TiwY~jvzIQFY3P6MLZ2mHraYEeL~KpmiCCK-8jTixNIPw6UqDA1iM0NsMIYGCMFZtYVCEo-BEjevroZiepfhsIvOseG-5POTmCCIIdLB-hr-1Gb0OOJOUjJeA4fe5zsSdC1ibHHcN-eMypsQaWPS-C40-O4WmZ5nz9RScjKfBKXNCNGpVF1bMg-8m2xG-7HMPD-BnsnuWm~0MWzFqG9VREPjg-F64CgS52q5bsxAzDmHBnnp9UwinUZHBp2pDWca-55Wk4HvV0AEakie60GlssDsg69Q96X9dmWoCC-TPZ~70HcEuEw1uJX9CNwH8RyV2DlBEJ8UJ8lm-t00Q_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

OLIVEIRA, G.F. & ARAÚJO, W.E.L. 2014. Avaliação do potencial de biorremediação da *Eichornnia crassipes* em efluente de indústria. 18 p. Monografia de Graduação. Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, UniRV,

- RODRIGUES, F.P. 2005. *Utilização da técnica da biorremediação em sistemas de esgotamento sanitário. Aplicação na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará.* Dissertação Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 90 p. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18521/1/2005_dis_fprodrigues.pdf
- SOUSA, C.E. 2015. *Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da estação de tratamentos de esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB.* Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPB. 73 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/11586/1/Arquivototal.pdf>
- Von SPERLING, M. 1995. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 452p v.01. Belo Horizonte. UFMG. ISBN – 85-7041-114-6