

UNIDOCTUM

**ESTUDO DE CASO SOBRE VIABILIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS COM O SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES: *WETLANDS***

**TEÓFILO OTONI
2018**

**HENDRIKSON PETZOLD FONSECA
MILIANE MOREIRA ALVES
THAINÁ DE SOUSA OLIVEIRA**

UNIDOCTUM

**ESTUDO DE CASO SOBRE VIABILIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES
COM O SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES: *WETLANDS***

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária das Faculdades
Unificadas de Teófilo Otoni, como
requisito parcial para a obtenção do
grau de bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária.**

**Área de concentração: Recursos
Hídricos**

**Orientadora Prof^a. Valeria Rosado
Pinheiro**

TEÓFILO OTONI

2018



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Estudo de caso sobre a viabilização do tratamento de efluentes domésticos com o sistema de Zona de Raízes: Wetlands, elaborado pelos alunos Hendrikson Petzold Fonseca, Miliane Moreira Alves e Thainá De Souza Oliveira, foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Teófilo Otoni, 13 de dezembro de 2018

Valéria Rosado Pinheiro

Pedro Raphael Azevedo Valcarce

Vitória Irma Gonçalves Lopes de Faria Freitas

A Deus, que sempre nos deu forças para continuar, aos nossos pais, pelo apoio contínuo, ajuda direta e indiretamente e pela compreensão que nos dedicaram. E a todos aqueles que ocupam um lugar especial em nossa vida, independentemente do tempo, da distância, e das dimensões que nos separam.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos deu forças e benefícios para concluir todo esse trabalho com dignidade.

Aos nossos pais que nos incentivam todos os dias, que mesmo de longe, nos apoiam e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Enfim, agradecemos a todos as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em nossa vida.

“Tudo que for fazer faça com amor, fé e dedicação... O reconhecimento virá com o tempo, não para fortalecer seu ego mais para que as pessoas notem que você é uma pessoa cheia de luz e que Deus te usa de uma forma única!”

Guilherme Albuquerque

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

pH - Potencial Hidrogeniônico

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1- Modelo do <i>Wetlands</i> construída de fluxo superficial, em seu nível de água e macrófitas.....	31
Figura 2.2- Desenho representativo de um sistema <i>Wetlands</i> construídas subperficialmente, com entrada e saída do efluente.....	32
Figura 2.3- Desenho esquematizado de um sistema <i>Wetlands</i> construídas de fluxo vertical, de acordo com sua distribuição e drenagem.....	32
Figura 3.1- Visão do reservatório de entrada.....	43
Figura 3.2- Visão do sistema em construção.....	43
Figura 3.3- Visão do reservatório após o reboco e a aplicação da Sika-1.....	44
Figura 3.4- Detalhes do enchimento do reservatório.....	44
Figura 3.5- Detalhe no furo do sistema de distribuição e coletor.....	45
Figura 3.6- Plantio das Macrófitas.....	46
Figura 3.7- Frascos utilizados para a coleta de água.....	47
Figura 3.8- Aparelho usado para determinar a cor da amostra.....	49
Figura 3.9- Método Titulação com ácido sulfúrico.....	50
Figura 3.10- Aparelho usado para medir o oxigênio dissolvido.....	51
Figura 3.11- phmetro digital, utilizado para análise do pH.....	52
Figura 3.12 – Análise positiva do teste EC.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 - Gráfico de dispersão do pH.....	59
Gráfico 4.2 - Gráfico Box Plot com dados totais de pH.....	61
Gráfico 4.3 - Gráfico de dispersão do oxigênio total.....	63
Gráfico 4.4 - Box Plot do oxigênio total.....	64
Gráfico 4.5 - Gráfico dos dados de dispersão da cor total.....	66
Gráfico 4.6 - Box Plot dos dados referentes à cor.....	67
Gráfico 4.7 - Box Plot da alcalinidade.....	69
Gráfico 4.8 - Dados da alcalinidade total no Box Plot.....	70
Gráfico 4.9 - Dados de dispersão dos coliformes totais.....	72
Gráfico 4.10 - Box Plot dos coliformes totais.....	73
Gráfico 4.11 - Box Plot dos coliformes termotolerante.....	75
Gráfico 4.12 - Box Plot dos coliformes termotolerante totais.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Padrão microbiológico da água para consumo humano.....	38
Tabela 3.1 - Combinação das amostras.....	55
Tabela 4.1 - Resultados antes e depois do processo <i>Wetlands</i> para pH.....	59
Tabela 4.2 - Análise descritiva de oxigênio dissolvido.....	62
Tabela 4.3 - Análise descritiva para cor.....	65
Tabela 4.4 - Análise descritiva da alcalinidade.....	68
Tabela 4.5 - Análise descritiva dos coliformes totais.....	71
Tabela 4.6 - Análise descritiva dos coliformes termotolerantes.....	74

RESUMO

A água potável é um recurso finito que pode se tornar extinta no planeta Terra caso a poluição continue crescendo desenfreadamente, portanto, com o passar do tempo, estudos sobre alternativas viáveis para o tratamento de águas residuais domésticas tornar-se mais imprescindíveis para se garantir um futuro sustentável. Nesta perspectiva surge este estudo sobre o sistema *Wetlands*, também conhecidas como zonas de raízes, que consiste na atuação de um tratamento secundário para a remoção de matéria orgânica por meio de reações bioquímicas e um tratamento terciário para controlar e remover nutrientes. Para o presente estudo o sistema foi implementado em uma residência com três moradores onde as águas coletadas para análise são provenientes da pia da cozinha. O procedimento laboratorial consistiu em análises físico-químicas para identificar pH, cor, oxigênio dissolvido e alcalinidade e análises microbiológicas para coliformes totais e termotolerantes. Os parâmetros de qualidade da água foram estabelecidos de acordo com a resolução CONAMA N°357/2005 e 274/2000 com a finalidade de verificar como o sistema *Wetlands* interfere na filtragem de águas cinza para fins não potáveis. De acordo com este estudo as *Wetlands* são recomendadas como eficientes no processo de tratamento das águas cinza para utilização não potável.

Palavras-chave: Wetlands. Zona de Raízes. Recursos Hídricos. Saneamento Básico.

ABSTRACT

Drinkable water is a finite resource that can become extinct on planet earth if pollution continues to grow uncontrollably, so over time studies on viable alternatives to domestic wastewater treatment are becoming increasingly imperative to secure the sustainable future, in this perspective comes up the study about wetlands system also known as root zones, consists in the performance of a secondary treatment for the removal of organic matter through biochemical reactions and a tertiary treatment to control and remove nutrients. For the present study the system was implemented in a residence with three residents where the water collected for analysis comes from the kitchen sink. The laboratory procedure consisted of physical-chemical analyzes to identify ph, color, dissolved oxygen, alkalinity and microbiological analyzes for total and thermotolerant coliforms. The water quality parameters were established in accordance with CONAMAN Resolution 357/2005 and 274/2000 in order to verify how the wetlands system interferes with the filtration of gray water for non potable purposes. According to this study wetlands are recommended as efficient in the process of treating the gray water for non potable purposes.

Keywords: Wetlands. Root Zone. Water resources. Basic sanitation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
2.1 Problemas da escassez de água no Brasil.....	27
2.2 Usos de água nas residências.....	28
2.3 Águas cinza.....	29
2.4 Wetlands.....	30
<i>2.4.1 Classificações das Wetlands Construídas de Acordo com a Forma de Disposição.....</i>	<i>31</i>
<i>2.4.2 Dimensionamento.....</i>	<i>33</i>
2.5 Macrófitas.....	33
2.6 Parâmetros físico-químicos.....	34
<i>2.6.1 pH.....</i>	<i>35</i>
<i>2.6.2 Oxigênio dissolvido.....</i>	<i>36</i>
<i>2.6.3 Alcalinidade</i>	<i>36</i>
<i>2.6.4 Cor.....</i>	<i>37</i>
2.7 Parâmetro microbiológico	37
<i>2.7.1 Coliformes totais</i>	<i>38</i>
<i>2.7.2 Coliformes termotolerante.....</i>	<i>39</i>
2.8 Análise estatística dos dados	39
3 METODOLOGIA	41
3.1 Classificação da pesquisas quanto aos fins.....	41
3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios.....	41
<i>3.2.1 Objeto de estudo.....</i>	<i>42</i>
<i>3.2.2 Construção da unidade experimental.....</i>	<i>42</i>
<i>3.2.2.1 Macrófitas.....</i>	<i>45</i>

3.3 O efluente.....	46
3.4 Procedimento de coleta da água.....	46
3.5 Parâmetros físico-químicos.....	47
3.5.1 <i>Cor.....</i>	48
3.5.2 <i>Alcalinidade.....</i>	49
3.5.3 <i>Oxigênio dissolvido.....</i>	50
3.5.4 <i>pH.....</i>	52
3.6 Parâmetros microbiológicos.....	53
3.6.1 <i>Coliformes totais.....</i>	53
3.6.2 <i>Coliformes termotolerantes.....</i>	56
3.7 Análise estatística.....	57
4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	59
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICE.....	87

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de efluente mais conhecido e utilizado no país é a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que consiste na construção de grandes estações de tratamento, com redes coletoras muito extensas, que coleta todo o efluente de uma cidade e tratam em um único local, após o seu tratamento, o efluente por fim é direcionado ao rio ou córrego próximo.

Entretanto, este tratamento causa impactos negativos ao meio ambiente, entre eles, contaminação das águas e solo, além de não conseguir atingir áreas rurais ou pequenos municípios.

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) a água é um bem-dotado de valor econômico. Prevê ainda que a gestão dos recursos hídricos, o poder público e comunidades devem propor os usos múltiplos da água, e em situação de escassez o uso da água deve ser prioritário para o consumo humano e dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

De acordo com os resultados divulgados através da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) (2016), mais de 36% das cidades do estado de Minas Gerais não realizavam o tratamento de esgoto de maneira correta, situando-se na faixa alarmante.

Considerando à necessidade da água para fins não potáveis e para a utilização de uma água tratada para atividades antrópicas como a limpeza de pátios, irrigação de jardim, descarga sanitária entre outras, este estudo surge com a finalidade de apresentar o tratamento de águas cinza usando o sistema de zona de raízes também conhecido como *Wetlands*. Para elaboração deste sistema foi realizado um estudo das espécies nativas da região de Teófilo Otoni quanto ao potencial de adaptação do efluente e para análises laboratoriais foram verificados os parâmetros microbiológicos e físico-químicos dos efluentes antes e após o tratamento de acordo com a resolução do CONAMA N°357/2005 e 274/2000.

No que se refere aos recursos hídricos, tem surgido constantemente políticas públicas a fim de evitar a poluição e contaminação devido ao lançamento inadequado de esgoto e resíduos no leito dos rios. A ampliação do sistema por zona de raízes que utiliza plantas macrófitas para o tratamento de águas residuais, vem sendo uma tecnologia alternativa e de baixo custo para o tratamento de efluentes.

Além de ecológica e sustentável, os efluentes podem ser devolvidos sem risco à natureza ou até reutilizados para fins não potáveis.

A metodologia adotada no projeto trata-se de uma pesquisa qualitativa quanto à natureza dos dados, explicativa, por meio de estudos da literatura e experimental ao utilizar análises físico-químicas e microbiológicas.

Como cuidar do meio ambiente é o dever de todos os habitantes do planeta terra, o presente trabalho torna-se relevante como fonte de pesquisa para futuras investigações sobre filtragem e reaproveitamento de águas cinza.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Problemas da Escassez da Água

A distribuição não uniforme (fator natural) e má gestão (fator antrópico) são dois fatores relevantes que ampliam o problema da escassez de água no Brasil. Estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU, 2014), contabilizam que hoje no planeta Terra, existem mais de sete bilhões de habitantes, com pequena quantidade de água doce distribuída para o consumo e suas atividades. A água para consumo se torna cada vez mais escassa e poluída, isso porque, o seu reuso pertence a uma pequena parcela representada por 3% do total de água no planeta.

Neste sentido, afirma Machado (2003, p.122) que:

Setenta por cento da água brasileira estão na região Norte, onde está situada a bacia amazônica e vivem apenas 7% da população; a região Sudeste, que tem a maior concentração populacional (42,63% do total brasileiro), dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos, e a região Nordeste, que abriga 28,91% da população dispõe apenas de 3,3%. Portanto, apenas 30% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 93% da população.

De acordo com Augusto et al.(2012), o Brasil possui uma responsabilidade maior sobre a água doce, pois ele é o maior depositário natural de água doce do planeta. A água doce encontra-se de forma desigual, tanto entre os mananciais, como entre as regiões e municípios. Apenas 0,3% da água doce estão em mananciais superficiais e cerca de 30% no subsolo, e a maior parte, cerca de 70% está em geleiras.

Além do problema da distribuição desigual, outros fatores como o desperdício e a crescente demanda pela urbanização e industrialização, geram como consequência a má qualidade das águas e dos mananciais próximos, isso acontece por causa do lançamento de esgoto não tratado, estes contribuem para a intensificação da escassez de água potável.

Segundo Silva et al. (2010), as técnicas de reuso e reaproveitamento da água, se tornam soluções sustentáveis, contribuindo para o uso racional da água, preservando o meio ambiente e viabilizando a economia. Nesta perspectiva várias tecnologias vêm se desenvolvendo com o passar dos anos dentre elas o reuso de águas cinza, que tem como objetivo evitar o desperdício.

Portanto, o investimento em novas técnicas para o reuso da água tanto industrial como doméstica, surge com uma proposta relevante, pois, apresenta o benefício financeiro ao gerar economia com a redução de água pela empresa de abastecimento local e um benefício ao meio ambiente ao minimizar a poluição e liberar água adequada para fins não potáveis.

2.2 Usos de Água nas Residências

Silveira (2013), em suas pesquisas afirmam que sete em cada 10 domicílios rurais não são atendidos por meio da rede de abastecimento de água, a maioria utiliza do recurso de poços, nascentes ou outra forma de abastecimentos. Já na área urbana, pode-se observar o inverso, mais de 90% dos domicílios são beneficiados pela rede de distribuição, 5% por meio de poço ou nascente, 3% outras formas de abastecimento.

O consumo de água residencial pode constituir mais de 50% do consumo total de água nas áreas urbanas, isso acontece por conta de diversos fatores que vão desde variáveis comportamentais até variáveis físicas e econômicas. (RUANA et al, 2015). A quantidade de água consumida pode ser influenciado pelo fator climático, renda familiar, número de habitantes por residência, fator cultural, valor da tarifa entre outros.

“Os estudos de caracterização do consumo de água potável em residências brasileiras estimam uma economia de água variando entre 15% a 30%, caso se implemente o aproveitamento de fontes alternativas” (GONÇALVES, 2006).

De acordo com a FIESP (2005), o uso doméstico da água é compreendido como uma necessidade humana onde se utiliza este recurso para realização das atividades diárias, tais como: preparação de alimentos, higiene pessoal, cuidado com roupas e objetos domésticos, cuidados com a casa, dessedentação de animais, lazer, combate a incêndio, manutenção das instalações prediais entre outros.

O mesmo autor afirma que as águas de qualidade inferior, como efluentes de processos industriais, esgotos, principalmente os de origem doméstica, águas de drenagem de pátios e agrícola e águas salobras, podem ser consideradas sempre que possível como fontes alternativas para atividades com intuito de fins não potáveis. Alguns usos não necessitam especificamente de água em ótima qualidade,

atividades como lavagem de piso, irrigação de jardim, descarga sanitária e lavagem de roupa podem usar água de reúso.

2.3 Água Cinza

A denominação água cinza é utilizada, em geral, para águas resultantes de uso doméstico como uso do chuveiro, lavatório, pia da cozinha, tanque para lavar roupa e máquina de lavar louças e roupas. Elas possuem certo percentual de contaminantes químicos, resultante dos produtos de limpeza (sabão, sabonete, detergente e outros) além de apresentar gorduras, graxas e óleos (ERCOLE, 2003).

A reutilização de água cinza tratada em residências apresenta vários benefícios como, por exemplo, diminuir consumo de água potável, e por consequência reduzir os gastos com o mesmo e o volume de contaminantes no solo e corpos d'água (REZENDE, 2016).

A água cinza, para fins não potáveis, podem ser provenientes do efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária. Os componentes presentes na água variam de acordo com a fonte selecionada, por isso, é possível segregar o efluente de um conjunto de aparelhos sanitários, definindo as características da água a ser reutilizada (RAMPELOTTO, 2014).

Os parâmetros físicos mais relevantes são: temperatura, cor, turbidez e o conteúdo de sólidos suspensos. Temperaturas elevadas podem ser indesejáveis por conta do favorecimento ao aumento de microrganismos; já as medidas de turbidez e sólidos suspensos podem dar alguma informação a respeito do conteúdo de partículas e colóides que poderiam induzir ao entupimento de instalações de transporte e tratamento desses efluentes (BAZZARELLA, 2005).

Contudo, o mesmo autor cita como característica indesejada das águas cinza armazenadas o odor ruim, ocasionado pela diminuição dos sulfatos a sulfetos e liberação do gás sulfídrico (H_2S); tal redução ocorre em meios anaeróbios, evidenciando um ponto positivo do uso de sistemas aeróbio.

No Brasil começou a ser utilizada a água cinza tratada, pelo fato de envolver custos relativamente menores para o tratamento e a sua carga orgânica e de organismos patogênicos serem inferiores aos esgotos domésticos, dependendo da sua origem possuem características de qualidade distintas, sendo assim, podem ser oriundas de lavatórios, de lavagem de roupas ou de chuveiros. O uso das águas

cinza está relacionado aos fatores da qualidade do afluente, especialmente, ao destino final que será dado à água. Sistemas de reúso de águas cinza para fins não potáveis devem ser cogitados e construídos de forma sustentável e ecoeficiente. Na maioria dos casos, esses fatores são examinados em análises socioeconômicas e ambientais para a implantação do sistema de reúso, de modo que o projeto atenda os requisitos com garantia (HESPANHOL, 2008).

2.4 WETLANDS

Segundo Salatti (2003) o termo inglês *Wetlands*, também conhecido como áreas alagáveis, caracteriza vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano. Monteiro (2015) assegura que no Brasil ainda não há uma tendência de padronização de uso, nem mesmo uma nomenclatura, para a combinação da aplicação ao *Wetlands*, encontra-se em diversas literaturas várias denominações tais como: zona de raízes, filtros plantados com macrófitas, sistemas alagados construídos, leitos cultivados, banhados construídos, briófitos com macrófitas, terras úmidas, brejo, charco, pântanos, zona de raízes, entre outros. *Wetlands* são áreas onde a coluna d'água é pequena e está localizada bem perto da superfície do solo onde se torna saturada permitindo o crescimento de macrófitas, podendo ser naturais ou construídas.

As *Wetlands* naturais têm como principais funções a proteção de margens de corpo d'água contra ações erosivas, a regularização do fluxo hidrológico e a purificação de nutrientes presentes na água. Um projeto construído imitando a natureza, com as mesmas funções e podendo ser usado para o tratamento de esgoto. O sentido de fluxo, tipo de macrófitas e materiais filtrantes são determinados conforme o tipo de poluente a ser tratado (IAQUELI, 2016).

Ainda o mesmo autor afirma que, o *Wetlands* funciona por meio da gravidade, permeabilidade e degradação biológica. Atua como um tratamento secundário – remoção de matéria orgânica por meio de reações bioquímicas - e terciário de esgotos – controle e remoção de nutrientes. O tratamento secundário acontece pelo fato do sistema ser também um filtro granulométrico, o terciário, é caracterizado principalmente pela presença das macrófitas. As plantas se tornam importantes no sistema principalmente pela zona de raízes, que concentra as bactérias consumidoras de matéria orgânica e realizam processos bioquímicos para

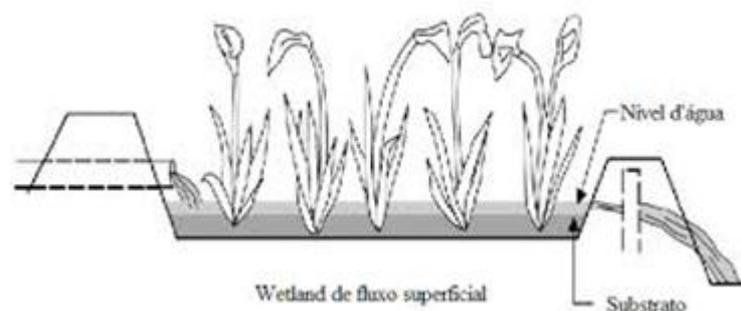
remoção de nutrientes. Entre vários sistemas biológicos para o tratamento de águas cinza, os *Wetlands* tem sido o melhor em questão de desempenho ao tratamento, e de baixo custo tecnológico, ocupa pequena área, pode ser aproveitado como canteiro e apresentam pequeno impacto ambiental.

2.4.1 Classificação das **WETLANDS** Construídas de Acordo Com a Forma de Disposição

Segundo Mota e Sperling (2009), os diversos termos que nomeiam *Wetlands* são usados indistintamente em nosso meio. As *Wetlands* classificadas de acordo com o tipo de fluxo adotado são: as de fluxo horizontal superficial; as de fluxo horizontal subsuperficial (leitos submersos vegetados de fluxo subsuperficial) e os leitos cultivados de fluxo vertical. Estas também são conhecidas como *Wetlands* construídas de fluxo superficial (WETCFS), *Wetlands* construídas subsuperficial (WETCFSS), e por fim *Wetlands* construídas de fluxo vertical (WETCFV).

Nas *Wetlands* construídas de fluxo superficial (WETCFS), a lâmina de água fica acima do nível do meio suporte onde estão inseridas as macrófitas (DORNELAS, 2008), ela aproxima com maior precisão do sistema natural. Na Figura 2.1 a ilustração representa o sistema WETCFS.

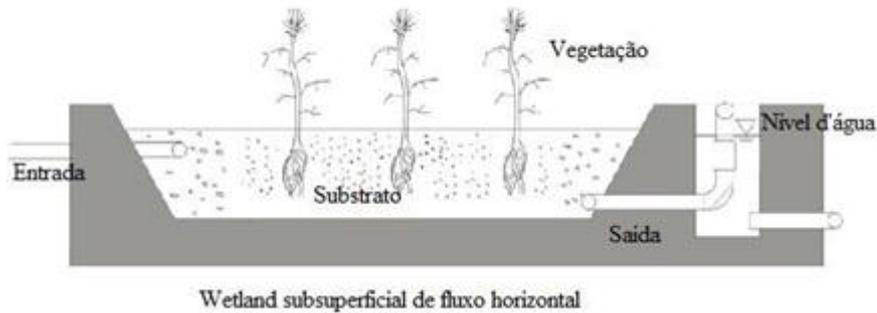
Figura 2.1 - Modelo do *Wetlands* construída de fluxo superficial, em seu nível de água e macrófitas



Fonte: ORMONDE, 2012

Já as *wetlands* construídas subsuperficial (WETCFSS), o efluente é disposto na entrada do tanque para a distribuição, o líquido passa sob a superfície do meio filtrante, percolando entre os vazios, onde os microrganismos e raízes das macrófitas fazem a degradação de materiais e absorve os nutrientes, saindo na parte final pela ação da gravidade (CEVE, 2005). Conforme mostra a Figura 2.2.

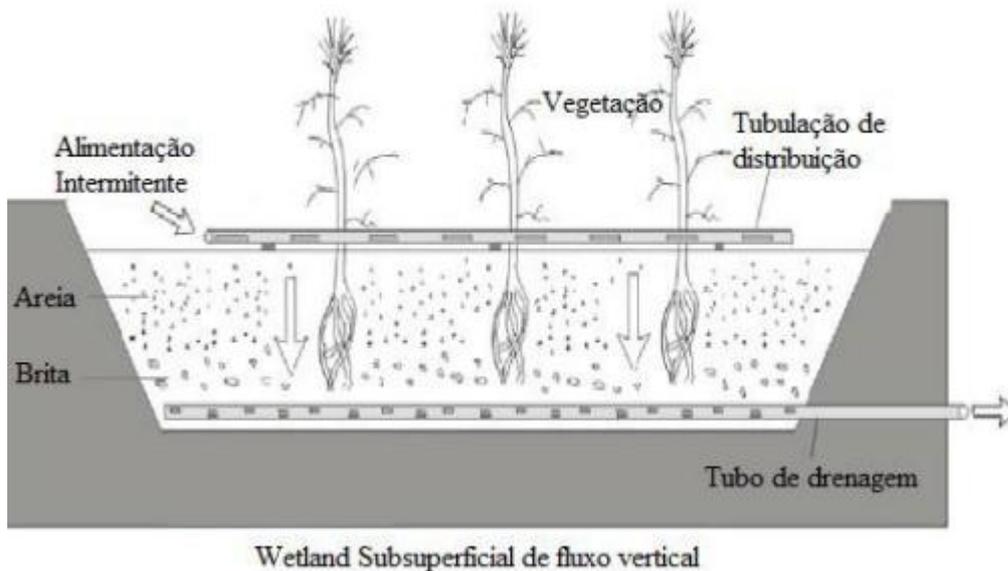
Figura 2.2 - Desenho representativo de um sistema *Wetlands* construídas subsuperficialmente, com entrada e saída do efluente



Fonte: ORMONDE, 2012

E por fim *Wetlands* construídas de fluxo vertical (WETCFV), no qual “o efluente é distribuído sob toda a superfície do sistema, de modo que possa percolar verticalmente até chegar ao fundo onde haverá uma tubulação para fazer a drenagem do sistema” (CEVE, 2005), conforme a Figura 2.3.

Figura 2.3 - Desenho esquematizado de um sistema *Wetlands* construídas de fluxo vertical, de acordo com sua distribuição e drenagem



Fonte: ORMONDE, 2012

2.4.2 Dimensionamento

O dimensionamento do sistema *Wetlands* baseia-se nos critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 13969:1997 – Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projetos, construção e operação.

2.5 Macrófitas

Macrófitas, ou popularmente conhecida como plantas aquáticas, são vegetais que habitam ambientes alagados.

Assim como todo organismo autotrófico, as macrófitas aquáticas utilizam a energia solar para assimilar carbono inorgânico da atmosfera e produzir matéria orgânica que servirá de energia para seres heterótrofos como animais, bactérias e fungos. Estima-se em decorrência da diversidade de habitat dos alagados, que mais de 5.000 espécies de plantas são adaptadas como macrófitas de água doce. (ABRANDES, 2009).

As macrófitas fazem parte de um dos principais elementos de um *Wetlands* construído. Estas possuem a função de impedir a exposição direta do sol sobre o leito filtrante, a parte aérea diminui a proliferação de algas, controla a velocidade do vento, armazena os nutrientes retirados da água residuária e melhora a poluição visual. Caule e raízes fazem purificação do efluente, controlam a velocidade de escoamento, aumentam a taxa de sedimentação, servem de suporte para adesão de microrganismos, contribuem com a degradação da matéria orgânica, transportando oxigênio e retiram os nutrientes que serão armazenados na parte aérea (ANDRADE, 2012).

Diversas macrófitas são empregadas nos *Wetlands* construídos. A escolha da planta acontece de acordo com a tolerância quanto ao ambiente saturado de água e/ou esgoto e seu potencial de crescimento nas áreas onde o sistema de tratamento será implantado, pois, assim as macrófitas estarão adaptadas às condições climáticas locais (SEZERINO et al, 2015).

De acordo Demarco (2016), existem vários tipos de macrófitas aquática, classificadas como emersas (enraizadas no sedimento e com as folhas fora d'água, exemplo dela temos a *Typha*, *Pontederia*, *Echínodorus*, *Eleocharis*, entre outros), a

com folhas flutuantes (enraizadas no sedimento e com as folhas flutuando na superfície da água, exemplo: *Nymphaea Vitoria* e *Nymphoides*), as submersas enraizadas (enraizada no sedimento, que crescem totalmente submersas na água, onde seus órgãos reprodutivos podem ficar aéreos ou flutuar na superfície, exemplo delas temos a *Myriophyllum*, *Elodea*, *Egeria*, *Hydrilla*, *Vallisneria*, *Mayacae* a maioria das espécies do gênero *Potamogeton*) as submersas livres (contém rizoides pouco desenvolvido, essas plantas ficam flutuando submergidas na água em locais de pouca turbulência, podendo ficar presas aos pecíolos e talos das macrófitas aquáticas de folhas flutuantes e nos caules das macrófitas emersas, destaca-se neste grupo as *Utricularia* e *Ceratophyllum*), e por fim, temos as flutuantes (elas flutuam na superfície da água, seu desenvolvimento ocorre em locais protegidos pelo vento, neste grupo destaca-se: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia*, *Pistia*, *Lemna* e *Azolla*) (DEMARCO, 2016).

As plantas ornamentais são ideais para ser utilizada no tratamento de águas residuárias em áreas como parques, pousadas, hotéis e clubes campestres, isso ocorre devido ao fato destas possuírem um valor econômico, além de contribuir para a composição paisagística (CHAGAS et al., 2011).

Segundo Valentim (1999), as macrófitas em sistemas de leitos cultivados podem resultar em benefícios como, controle de odor; tratamento de efluentes, já que as plantas absorvem diversos elementos químicos; libera oxigênio nas proximidades da raiz.

2.6 Parâmetros Físico-químicos

De acordo com Nogueira (2015), existem várias maneiras de avaliar a qualidade da água, dentre elas têm-se as análises físico-químicas que são utilizadas como parâmetros indicadores da qualidade. Esse parâmetro pode ser utilizado para caracterizar as águas de abastecimento, águas residuárias, de corpos receptores e também de mananciais. As análises físico-químicas abordadas neste trabalho são de Potencial Hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, alcalinidade e cor.

A resolução do CONAMA n° 357/2005 classifica as águas doces em quatro classes, à classe especial são destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção

integral; a classe 1, são destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas; já a classe 2, podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca, e por fim a classe 3, são destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais, e por fim a classe 4, que são destinadas à navegação, à harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

2.6.1 pH

O pH é importante nos processos químicos e biológicos que ocorrem naturalmente nas águas, além de ter grande relevância no equilíbrio e manutenção das espécies existente nos mananciais, tornando assim um parâmetro de grande importância no campo do saneamento ambiental, principalmente no controle de qualidade da água (CUNHA, 2013).

O pH é a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para uma vida aquática adequada faz-se necessário que o pH varie entre 6 e 9, mas temos algumas exceções onde valores de 4 a 6 são aceitáveis, sendo um deles rios onde possui decomposição vegetal, gerando assim presença de ácidos húmicos (GASPAROTTO, 2011).

O pH pode ser considerado uma das variáveis mais importantes e também uma das mais difíceis a serem interpretadas. Tal complexidade deve-se aos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado a fontes de poluição difusa (MESSIAS, 2008).

2.6.2 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido refere-se ao oxigênio molecular dissolvido na água. A concentração de oxigênio dissolvido nos cursos d'água depende de alguns aspectos como a temperatura, pressão atmosférica, salinidade, atividades biológicas, características hidráulicas e as interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água, de forma indireta. A unidade de oxigênio Dissolvido utilizada é mg/L (PINTO, 2007).

Podemos considerar o oxigênio dissolvido como o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbicos que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos. Nas águas naturais, o oxigênio é indispensável também para outros seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg/L, sendo assim, é um parâmetro de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais ou também na classificação da qualidade de água. (PIVELI, 2010).

2.6.3 Alcalinidade

A alcalinidade aponta a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Constitui-se na capacidade da água neutralizar os ácidos, servindo, assim, para expressar sua condição de resistir a mudanças do pH. Ambientes aquáticos com valores de alcalinidade elevados podem manter aproximadamente os mesmos teores de pH, mesmo com o recebimento de contribuições fortemente ácidas ou alcalinas. Os constituintes principais da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Outros ânions, como cloretos, nitratos e sulfatos, não contribuem para a alcalinidade. A maior parte dos ambientes aquáticos a alcalinidade é decorrente da presença de bicarbonatos. O alto teor de alcalinidade acontece devido ao processo de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa respiratória de microorganismo, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO₂) na água (BRASIL, 2014).

2.6.4 Cor

A cor é produzida através da reflexão de luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a um (denominadas colóides) finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, composto de ferro e manganês), para determinar a intensidade da cor e feita uma comparação da amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado obtido em unidades de cor (GASPAROTTO, 2011).

As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades. Valores inferiores a 10 unidades são dificilmente perceptíveis. Para a caracterização de águas para o abastecimento, separa-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. Para adequar ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades (BRASIL, 2014).

2.7 Parâmetros Microbiológicos

Os principais indicadores de contaminação fecal, tradicionalmente aceito, pertencem à família do grupo das bactérias designadas coliformes. O principal representante desse grupo chama-se *Escherichia coli*.

O Art. 27 diz que, a água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no quadro 2.1 e demais disposições da Portaria Nº 2.914/2011.

Tabela 2.1: Padrão microbiológico da água para consumo humano

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: PORTARIA Nº 2.914/2011

De acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, para a aferição da potabilidade da água, institui que sejam definidos a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria adverte que o cálculo padrão de bactérias não pode ultrapassar a 500 Unidades Formadoras de Colônias por um mililitro de amostra (500/UFC/ml).

A resolução do CONAMA nº 274/2000, subdivide os coliformes termotolerantes e os totais nas seguintes categorias: excelente quando houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros; muito boa, quando houver, no máximo 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros e satisfatória quando houver no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros (BRASIL, 2000).

2.7.1 Coliformes Totais

Os coliformes totais são bactérias que fazem parte do grupo coliforme, são bacilos gram-negativos, podendo ser aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, sendo capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas. Algumas bactérias

do grupo coliformes totais fazem parte do gênero *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (BRASIL, 2005).

A bactéria *E. coli* é a mais utilizada como indicador de contaminação por fezes, sua presença está ligada a presença de contaminação fecal, ela pode ser encontrada em fezes de animais de sangue quente, material vegetal e no solo (MAXIMO,2009).

2.7.2 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes se propagam com maior frequência na água, principalmente, as do grupo termotolerantes, de origem fecal, elas estão associadas a um elevado número de patologias, como por exemplo, as infecções intestinais humanas (YAMAGUCHI et al, 2013). A *Escherichia coli*, de origem fecal, pertence ao grupo coliforme a qual fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas (BRASIL, 2006).

O Cálculo Protótipo dessas Bactérias é importante durante a técnica de tratamento da água, levando em conta a aferição da eficiência de cada etapa do tratamento. É importante, ainda, reconhecer a massa volumar de bactérias, em vista que um acréscimo abundante da população bacteriana pode afetar a detecção de coliformes. Ainda que a maioria dessas bactérias não seja patogênica, pode representar riscos à saúde, como até arruinar a qualidade da água, provocando odores e sabores indesejáveis (BRASIL, 2013).

2.8 Análise Estatística dos Dados

Para análise dos dados foi utilizada a estatística descritiva e estatística inferencial com intuito de organizar e tirar conclusões após coleta dos resultados laboratoriais.

A estatística descritiva serve como auxílio na organização das informações coletadas com a utilização de tabelas, além disso, através dos gráficos, cálculos de média, mediana, variância e desvio padrão é possível entender como os dados estão se comportando e decidir qual o teste de hipótese adequado para ser utilizado.

Segundo Triola (1999) os métodos de estatística descritiva são utilizados para resumir ou descrever características relevantes de um conjunto de dados, através dele é possível verificar a natureza ou forma das distribuições de dados, encontrar

um valor representativo como a média e conhecer as medidas de dispersão e variação.

Ainda de acordo com Triola (1999) a estatística inferencial é necessária quando se pretende tirar conclusões de uma população utilizando a análise de uma amostra.

Os testes de hipótese são utilizados para inferência, neste trabalho os testes adequados ao conjunto de dados foram shapiro wilk para verificar a normalidade dos dados e o teste t de student para realizar o teste de médias.

Triola (1999) apresenta o teste t de student como eficiente para verificação das médias em amostras pequenas ($n < 30$), onde o teste estabelece estimativas intervalares para média populacional.

As fórmulas utilizadas nas análises estatísticas são apresentadas em anexo, ressalta-se que para realizar inferência em relação aos dados coletados é necessário recorrer à estatística.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

O estudo em questão caracteriza-se pela natureza quantitativa, ou seja, os resultados obtidos através das análises microbiológicas foram quantificados para posteriormente serem mensurados através de análises estatísticas a fim de avaliar a existência de contaminação na água em questão, enquanto os parâmetros físico-químicos foram comparados com a resolução vigente.

3.1 Classificação da Pesquisa Quanto aos Fins

A finalidade do presente trabalho foi utilizar plantas macrófitas como instrumento na avaliação da filtragem de efluentes líquidos tratados em uma estação de tratamento doméstica por zona de raízes em uma residência urbana e verificar em análises laboratoriais e estatísticas as alterações que ocorreram nesta água após o processo de filtragem da zona de raízes.

De acordo com o pretendido a metodologia definida como adequada para desenvolvimento deste trabalho foi à pesquisa explicativa.

Lakatos e Marconi (2003) conceitua pesquisa explicativa como aquela que abrange toda a bibliografia que já tornada pública em relação ao tema de estudos, e propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

3.2 Classificação da Pesquisa Quanto aos meios

Para a construção do presente estudo experimental, realizaram-se estudos exploratórios sobre o tema, através de consulta bibliográfica como dissertações, teses, monografias, artigos e revistas que possuíam como foco alternativas viáveis para o tratamento de águas cinza, obtidas pela internet através de sites de busca como: *Scientific Library* online – Scielo e Google acadêmico, utilizando como palavras-chaves: *Wetlands*, raízes cinza, reuso e água doméstica.

Como este trabalho foi realizado coletando informações pontuais, ou seja, de um local único, esta pesquisa é classificada como estudo de caso, portanto, análises futuras da implantação da *Wetlands* em outras residências podem gerar resultados similares ou totalmente diferentes.

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso retrata uma investigação empírica e assimila um método abrangente, respaldado na lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tanto estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como de acordo com o objetivo da pesquisa utilizar abordagens quantitativas e qualitativas.

3.2.1 Objeto de Estudo

O presente estudo foi conduzido por meio da montagem e monitoramento do sistema de *Wetlands* construídas superficialmente, com a finalidade de atender a demanda de uma residência com total de três pessoas, considerada classe média localizada no bairro Matinha, na cidade de Teófilo Otoni-MG. O sistema é constituído por um canteiro com o volume de 357,52l preenchido por pedra marroada, brita e areia, nos quais foram cultivadas plantas macrófitas com o objetivo de testar se o sistema é eficiente na remoção de matéria orgânica e purificação do efluente denominadas águas cinza provenientes da pia da cozinha.

3.2.2 Construção da Unidade Experimental

A unidade experimental é composta por reservatório de entrada, sistema e reservatório de saída, o dimensionamento da *Wetlands* foi realizado de acordo com a NBR 13969 de 1997.

Para a construção da unidade experimental, utilizaram-se um reservatório de acumulação de material plástico com capacidade para 50l, controlada por uma torneira evitando o extravasamento no sistema, conforme indicada na figura 3.1. Para o sistema, tijolos comuns de oito furos no nível do solo, de forma que não fique irregular, com dimensões 2,18 m de comprimento, 40 cm de altura e 41 cm de largura e um reservatório de saída com 10,5 cm de comprimento, 40 cm de altura e 41 cm de largura, ilustrada na Figura 3.2.

Figura 3.1- Visão do reservatório de entrada



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

Figura 3.2- Visão do sistema em construção



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

A impermeabilização foi obtida com reboco de cimento hidráulico, e para que não haja infiltração aplicou-se Sika-1. Como mostra a Figura 3.3.

Figura 3.3- Visão do reservatório após o reboco e a aplicação da Sika-1



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

Para o enchimento utilizou-se pedra marroada, brita e areia média grossa, ambas alocadas verticalmente, usou-se um pedaço de madeira para a separação dos diferentes materiais no enchimento. O critério da escolha dos materiais se deu pelo processo de filtragem, na pedra marroada e nas britas acontece a separação das partes mais grosseiras do efluente, finalizando a filtragem pela areia e raízes das plantas. A Figura 3.4 mostra a montagem do sistema.

Figura 3.4- Detalhes do enchimento do reservatório



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

O sistema de distribuição e coleta foi composto de um tubo de 40 mm perfurado. O tubo de distribuição é localizado acima da pedra marroada, já o de coleta é envolvido por brita. A perfuração da tubulação de distribuição e coleta ficou voltada para as paredes, forçando o líquido a percorrer em um espaço mais longo,

permitindo uma melhor distribuição pela área transversal, conforme ilustrada na Figura 3.5.

Figura 3.5- Detalhe no furo do sistema de distribuição e coletor



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018.

3.2.2.1 Macrófitas

O sistema experimental utilizou a técnica policultura, pois desta forma mais de uma espécie será útil. Para isso realizou-se um levantamento bibliográfico das possíveis plantas encontradas na região de Teófilo Otoni-MG.

As macrófitas escolhidas foram aquelas com maior resistência ao solo arenoso, são elas: Taboa (*Typha Sp*), Lírio do brejo (*Hedychium coronarium*), Chapéu de couro (*Echinorus Spp*) e Inhame (*Colocasia esculenta*), ilustrada na Figura 3.6.

Figura 3.6- Plantio das Macrófitas



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

As macrofitas utilizadas neste trabalho, foram coletadas em três lugares diversificados, a primeira coleta em um brejo no bairro Fazenda Arno, a segunda e a terceira foram realizadas na cidade de Franciscópolis, sendo uma delas na fazenda Palmital e a outra no córrego Bananeiras. O material vegetal coletado foi disposto em um saco plástico para transporte, antes do plantio foi lavado em água corrente para retirada de sedimentos buscando minimizar possíveis contaminações.

3.3 O Efluente

O efluente conhecido como água cinza é proveniente da pia de cozinha. De acordo com o observado em estudo a residência utiliza a pia da cozinha três vezes ao dia, ou seja, nas três refeições diárias. As águas cinza são geradas ao se lavar utensílios de cozinha, frutas e hortaliças orgânicas utilizando produtos como detergente e sabão em pedra.

Os efluentes produzidos passaram por um processo de filtragem através de peneira com tela plástica sanremo, para remoção de sólidos grosseiros, antes de serem lançado no reservatório.

3.4 Procedimentos de Coleta da Água

Antes da coleta lavaram-se as mãos com água, sabão e álcool 70%, esterilizou a entrada e saída do reservatório com álcool, para fazer a coleta.

As amostras foram coletadas em frascos de vidros com tampas metálicas bem ajustadas com capacidade de 800 ml, conforme a Figura 3.7, previamente

esterilizados, os frascos foram identificados com hora e data, antes do tratamento e depois do tratamento. O material coletado foi armazenado em uma caixa de isopor com gelo e lacrada, posteriormente realizou-se o deslocamento até o laboratório onde foram realizadas análises diárias.

Figura 3.7- Frascos utilizados para a coleta de água



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.5 Parâmetros Físico-químicos

Para avaliar a eficiência e funcionamento do sistema foi realizado um monitoramento através de análise físico-químico.

Quadro 3.1- Análise físico-químico e os métodos de aplicação

Análise		Método de Determinação
Físico-químico	Cor	Aparelho Fotômetro medidor– modelo HI 96727

Análise		Método de Determinação
Físico-químico	Alcalinidade	Titulação com Ácido Sulfúrico
	Oxigênio dissolvido	Medidor Portátil de Oxigênio Dissolvido - Q758P
	Ph	phmetro digital

Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.5.1 Cor

A cor da água é derivada da matéria orgânica, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e metais pesados como ferro e manganês (BRASIL, 2006).

Para determinar a cor da água utilizou-se o aparelho Fotômetro medidor modelo HI 96727 ilustrado na Figura 3.8, que tem finalidade de mostrar a cor verdadeira (0 PCU) e aparente (até 500 PCU).

Figura 3.8- Aparelho usado para determinar a cor da amostra



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

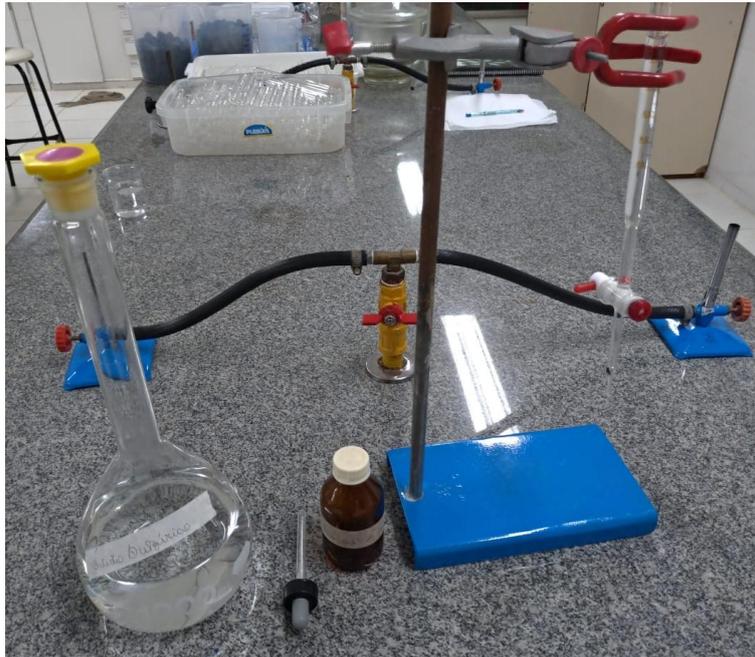
Para utilização do equipamento coloca-se o filtro com membrana no funil, enquanto a amostra está sendo filtrada em um béquer de 50 ml é realizado o processo de calibragem do aparelho com água destilada, pressiona-se o botão “zero” do aparelho e obtém-se a cor verdadeira. Em seguida é preenchida a cupeta até o menisco com sua amostra, tampado e colocado no aparelho, o read é pressionado, e é obtida a cor aparente. Esse procedimento foi realizado tanto com a amostra antes quanto depois do processo de purificação.

3.5.2 Alcalinidade

A alcalinidade de uma água é dada pela concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio, ou seja, é a capacidade da água em neutralizar os ácidos (BRASIL, 2013).

Para determinar a alcalinidade utilizou-se o método titulação com ácido sulfúrico instruído na Figura 3.9. Com uma pipeta volumétrica de 50 ml, pipetou-se a amostra em um Erlenmeyer (250 ml), foi adicionado 10 gotas da solução alaranjado de metila e posteriormente foi para a titulação com a solução de ácido sulfúrico, por fim, anota-se o volume total de ácido sulfúrico gasto(V) em ml. Logo após usa-se a fórmula: $V \cdot 20$.

Figura 3.9- Método Titulação com ácido sulfúrico



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.5.3 Oxigênio Dissolvido

Oxigênio Dissolvido (OD) é a concentração de oxigênio (O_2) contido na água, fator importante para a manutenção da vida aquática e no processo de autodepuração, durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias fazem uso do oxigênio para o seu processo respiratório, causando a redução do oxigênio, caso ele seja totalmente consumido o ambiente fica anaeróbio (VON SPERLING, 2005).

O oxigênio Dissolvido teve apenas 15 amostras, devido ao problema no aparelho ocorrido no dia 13/09 ao dia 19/09.

O método utilizado para determinar oxigênio dissolvido foi o Medidor Portátil de Oxigênio Dissolvido – Q758P, conforme a figura 3.10.

Figura 3.10- Aparelho usado para medir o oxigênio dissolvido



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

Antes de realizar a análise é preciso estabilizar o aparelho, para isso a ponteira da sonda é desenroscada, e a solução eletrólito no recipiente do polo é acrescentada finalizando assim a estabilização do aparelho. Após a estabilização é necessário calibrar o aparelho, esse processo consiste em pressionar a tecla “On/Off” e depois aperte a tecla “Mode” até aparecer “zero”, em seguida mergulhar a sonda no frasco da solução zero até cobrir o sensor de temperatura, aguardar a estabilização (chegar em zero). Depois da calibragem é preciso executar a calibragem do fundo de escala, essa calibragem é realizada em um béquer com 400 ml de água destilada e uma barra magnética, que é utilizada para manter a sonda em constante agitação, em meio a esse procedimento pressiona-se a tecla “Mode” até aparecer à opção “Full”, quando aparecer esta opção “Enter” é apertado e espera-se o indicador de temperatura da água destilada, foi verificada na tabela a quantidade de mg de oxigênio dissolvido na água de acordo com a temperatura indicada no display.

Após a calibragem foi realizada a análise da amostra, para efetuar a leitura da amostra pressionou-se a tecla “Mode” até aparecer à opção “Meas”, em seguida mergulhada a sonda na amostra e mantida em agitação assim como na calibragem de escala, foi esperado estabilizar as mg/L, temperatura e anotado os resultados.

3.5.4 pH

O pH é a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Sendo que pH abaixo de sete é considerado ácido, acima de sete alcalina e 7 neutro (BRASIL,2014).

Para estabilizar o phmetro digital, ilustrado na Figura 3.11 abaixo, foi necessário um béquer com água destilada suficiente para cobrir o sensor do aparelho. Após preencher o béquer com água destilada, ligou-se o aparelho, introduzindo na água e aguardou até o aparelho neutralizar (pH aproximado de 7). Em seguida foi introduzido na amostra coletada e realizada a leitura, para cada amostra o sensor do aparelho é lavado com água corrente antes de repetir o processo.

Figura 3.11- phmetro digital, utilizado para análise do pH



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.6 Parâmetros Microbiológicos

No que se refere aos parâmetros microbiológicos, para avaliar a eficiência e funcionamento do sistema foi realizado monitoramento e análises.

Quadro 3.2 – Análise microbiológica e os métodos de aplicação

ANÁLISE		MÉTODO DE DETERMINAÇÃO
MICROBIOLÓGICO	Coliformes Totais	Método dos tubos múltiplos
	Coliformes Termotolerantes	Método dos tubos múltiplos

Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.6.1 Coliformes Totais

Coliformes totais são bactérias que não causam doenças, pois elas habitam no intestino de animais mamíferos, principalmente no do homem. Grande parte das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, entre outros.

O método utilizado para coliforme totais foi o método dos tubos múltiplos. Para aplicação deste, foi necessário uma bateria contendo 15 tubos de ensaio, distribuídas de 5 em 5, nos 5 primeiros contendo caldo lactosado de concentração dupla (10ml), pipetou-se 10ml da amostra em cada tubo, nos demais (água de diluição (10 ml)), pipetou-se também 1ml de amostra em 5 tubos (Diluição 1:10) e 0,1ml de amostra nos outros 5 que sobraram (Diluição 1:100), após esse procedimento foi dissolvido os 10 em caldo lactosado de contração simples (10ml), e colocado tubo de Durhan em todos os 15 tubos. Posteriormente a este

procedimento, levou-se para a estufa para deixar inocular a 37°C durante 24/48 horas, se houver formação de gás (dentro do tubo de Durhan) ou gosma, significa que o teste presuntivo foi positivo, neste caso o próximo passo será o teste confirmativo. Para a execução do teste confirmativo, foram separados os tubos que deram positivo no teste anterior é considerado igual o número de tubos contendo meio de Cultura Verde Brilhante Bile a 2%.

A alça de platina foi necessária para flambar e deixar esfriar, após o resfriamento inseriu a alça de platina nos tubos positivos coletando assim uma pequena amostra e introduzindo no Verde Brilhante, identifica-se os tubos antes de levar a estufa novamente, onde deverá permanecer durante 24/48 horas a 37°C, se no final do período houver formação de gás (dentro do tubo de Durhan) ou gosma o teste é considerado positivo, caso não haja, negativo. Os resultados positivos obtidos no teste anterior devem ser verificados na tabela através de uma combinação, que foi determinada em NMP (número mais provável), ou seja, se nos 5 primeiros tubos (1:1) obtiver 3 tubos positivos, anota-se 3 , se nos próximos 5 (1:10) obtiver 2 positivos, anote-se 2 e por fim se nos 5 restante (1:100) obteve-se 1 positivo, a combinação será 3 2 1, conforme a tabela 3.1.

Tabela 3.1- Combinação das amostras

Combinação de positivos	NMP/100 mL	Limites	
		Inferior	Superior
0-0-0	< 2	-	-
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-0-1	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	22	12	63
4-2-0	26	9.0	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9	86
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	560
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1300
5-5-2	500	200	2000
5-5-3	900	300	2900
5-5-4	1600	600	5300
5-5-5	1600	-	-

Fonte: BRASIL, 2013

3.6.2 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes determina a origem fecal da contaminação, indicando o risco de presença de outros microrganismos patogênicos.

O método utilizado para coliforme totais foi o método dos tubos múltiplos. Este método utilizou uma bateria contendo 15 tubos de ensaio, distribuindo-os de 5 em 5, nos 5 primeiros contendo caldo lactosado de concentração dupla (10ml), pipetou-se 10ml da amostra em cada tubo, nos demais (água de diluição (10 ml)), pipetou-se 1ml de amostra em 5 tubos (Diluição 1:10) e 0,1ml de amostra nos outros 5 que sobraram (Diluição 1:100), após esse procedimento foi dissolvido os 10 em caldo lactosado de contração simples (10ml) e colocado o tubo de Durhan em todos os 15 tubos. Após esse procedimento levou-se para a estufa deixando inocular a 37°C durante 24/48 horas, a ocorrência de formação de gás (dentro do tubo de Durhan) ou gosma, significou neste trabalho que o teste presuntivo deu positivo, neste caso o próximo passo foi o teste confirmativo.

Para a execução do teste confirmativo, os tubos que deram positivo foram separados no teste anterior e considerados iguais o número de tubos contendo meio de cultura EC. A alça de platina é utilizada para flambar e deixar esfriar, após o resfriamento se insere a alça de platina nos tubos positivos coletando assim uma pequena amostra a qual é introduzida no meio EC, os tubos são identificados e levados para o banho maria por 24 horas a 45°C, se no final do período houve formação de gás (dentro do tubo de Durhan) ou gosma conforme ilustrado na Figura 3.12, o teste foi considerado positivo, caso não houve, negativo. Para obter o resultado do termotolerante utilizou-se o mesmo processo que foi citado acima nos coliformes totais.

Figura 3.12: Análise positiva do teste EC.



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2018

3.7 Análise Estatística

O número de amostras definido inicialmente para análise foi de 30 coletas de água antes de passar pelo sistema e 30 coletas após o processo, devido à falta de materiais para realizar as análises laboratoriais este número teve que ser reduzido para 20 antes e 20 depois que passa pelo sistema.

Para mensuração dos dados coletados nas análises laboratoriais foram realizadas as análises estatísticas onde os métodos descritivos e inferenciais foram utilizados através do Software R.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho, são referente às análises realizadas entre os dias 10/09/2018 ao dia 06/10/2018 no horário de 12h às 18h. Cada parâmetro apresenta um resultado conforme sua respectiva análise, onde as informações são referentes à cor, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, coliformes totais e termotolerantes, de acordo com dados expostos no Apêndice A.

As informações numéricas foram coletadas durante as análises laboratoriais e anotadas em tabelas, posteriormente estes dados foram transferidos para o software R onde às análises estatísticas foram realizadas.

Inicialmente foi executada à análise descritiva dos dados para entender o comportamento dos dados de cada item avaliado e escolher qual o teste inferencial adequado.

A Tabela 4.1 apresenta os resultados gerado no software R para o pH da água antes e depois de passar pelo sistema, pode-se verificar que os dados apresentam aproximadamente 6 como média e mediana antes e aproximadamente 7 como média e mediana depois do processo. A variância antes está próxima de 0,84 e depois do sistema ela é reduzida para aproximadamente 0,28 ocorrendo considerável redução em relação à dispersão dos dados, o desvio padrão também sofre uma redução, onde antes se tinha aproximadamente 0,92 e depois 0,53.

Tabela 4.1 - Resultados antes e depois do processo *Wetlands* para pH

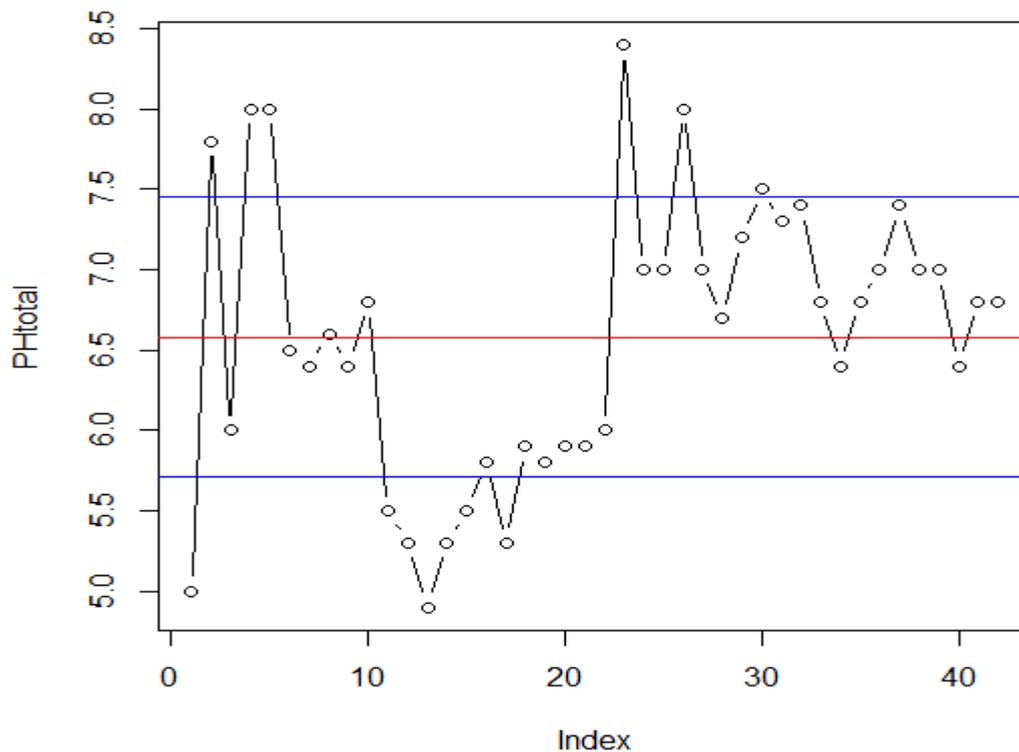
PH - ANTES		PH - DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	6,124	Média	7,043
Mediana	5,9	Mediana	7
Desvio Padrão	0.9159174	Desvio Padrão	0.5287451
Variância	0.8389048	Variância	0.2795714

PH - ANTES		PH - DEPOIS	
Máximo	8	Máximo	8,4
Mínimo	4,9	Mínimo	6
Amplitude	3,1	Amplitude	2,4

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Ainda para averiguar a dispersão dos dados realizou-se análise do gráfico de dispersão e box plot como verificado no Gráfico 4.1.

Gráfico 4.1 – Gráfico de dispersão do pH

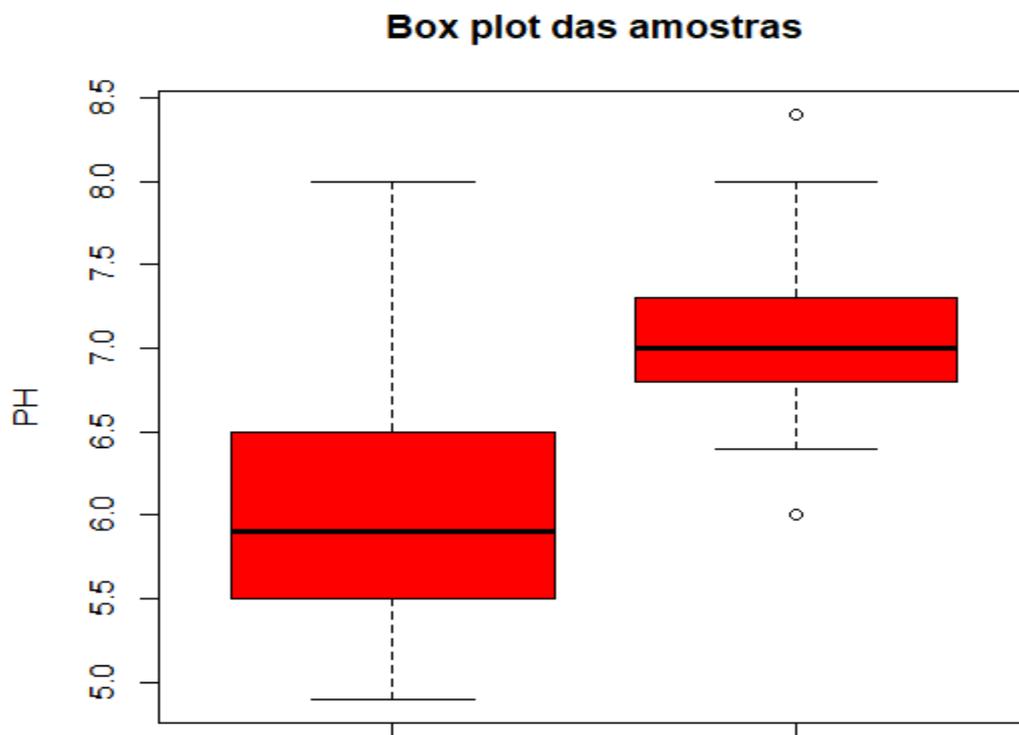


Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Pelo gráfico de dispersão realizado com os dados totais, ou seja, dados antes e depois de passar pelo sistema, é possível verificar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 5 e 8,5 apresentando uma dispersão esperada devido a quantidade reduzida de amostras, porém deve-se verificar o quanto esta dispersão influencia na distribuição dos dados.

Assim, para melhor compreensão da descrição dos dados plotou-se o gráfico box plot, que apresenta que os dados possuem maior dispersão antes (gráfico a esquerda) da água passar pelo processo que depois (gráfico à direita). Observe quanto à posição da linha mediana que ambos apresentaram assimetria positiva, sendo que o gráfico a direita possui outliers e o da esquerda não possui como mostra o Gráfico 4.2.

Gráfico 4.2 – Gráfico Box Plot com dados totais de pH



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Devido à assimetria identificada no box plot realizou-se o teste shapiro wilk para verificar se o comportamento dos dados seguem uma distribuição normal utilizando 95% para intervalo de confiança. O resultado encontrado é de W igual a 0.97631 e p-value de 0.5236. Como p-value é maior que 0,05 não se rejeita a hipótese nula e considera-se uma distribuição normal dos dados.

Depois de garantida a normalidade pelo teste shapiro wilk, optou-se pelo teste t para duas amostras com intuito de averiguar se existe diferença ou não entre as médias antes de passar pelo sistema *Wetlands* e depois. O p-value encontrado é menor que 0,05; portanto, rejeita-se a hipótese nula considerando que existe

diferença entre as médias dos valores encontrados nas análises antes de passar pelo sistema em relação aos valores depois.

O pH analisado ingressou no sistema com uma média igual a 6 e saiu do mesmo com uma média de 7, a resolução 357 do CONAMA estabelece que a água ideal para consumo apresente PH no intervalo entre 6 a 9, exceto a classe 2 que não possui parâmetros comparativos para pH.

Portanto, apesar da alteração de ph antes e depois de passar pelo sistema, ambos os resultados já estavam nos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA se enquadrando nas classes 1, 3 e 4.

A Tabela 4.2 a seguir apresenta os resultados gerados no software R para o oxigênio dissolvido antes e depois de passar pelo sistema, verifica-se que os dados apresentam aproximadamente 2 como média e 1 como mediana antes do sistema e aproximadamente 7 como média e mediana depois do processo. A variância antes está próxima de 3 e depois do sistema se aproximou de 6, ou seja, ocorreu o dobro de dispersão dos dados na análise depois do processo, enquanto o desvio padrão teve apenas uma leve alteração ao comparar-se os resultados de oxigênio antes e depois do sistema. Os valores encontrados no cálculo da amplitude apresentam uma dispersão que merece estudos mais robustos.

Tabela 4.2 – Análise descritiva de oxigênio dissolvido

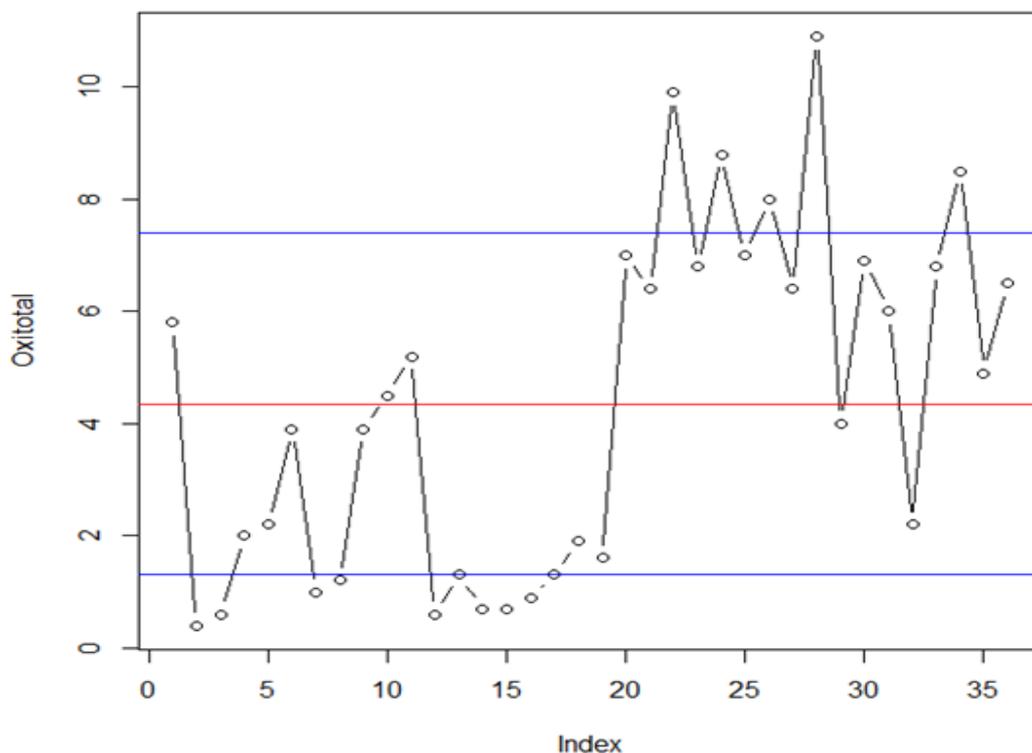
OXIGÊNIO - ANTES		OXIGÊNIO - DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	2,117	Média	6.589
Mediana	1,3	Mediana	6,8
Desvio Padrão	1.742969	Desvio Padrão	2.36068
Variância	3.037941	Variância	5.57281
Máximo	5,8	Máximo	10,9

OXIGÊNIO - ANTES		OXIGÊNIO - DEPOIS	
Mínimo	0,4	Mínimo	1,6
Amplitude	5,4	Amplitude	9,3

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Sendo assim, para averiguar a dispersão dos dados construiu-se o gráfico de dispersão e box plot como verificado no Gráfico 4.3.

Gráfico 4.3 - Gráfico de dispersão do oxigênio total



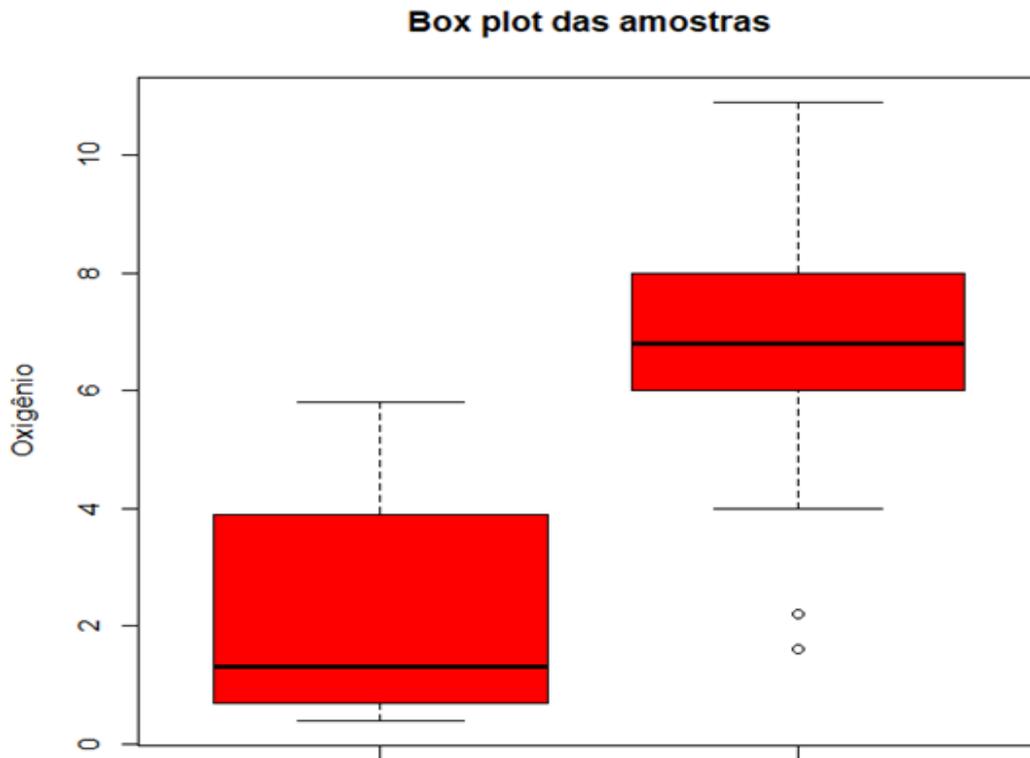
Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Pelo Gráfico 4.3 de dispersão realizado com os dados totais é possível averiguar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 0,4 e 10,9 apresentando uma dispersão em relação ao valor central.

Para compreender melhor os dados, plotou-se o gráfico Box-Plot, conforme o Gráfico 4.4, este apresenta maior dispersão e assimetria positiva na caixa a esquerda que representa antes do processo *Wetlands* e valores quase simétricos no

gráfico à direita, ou seja, depois de passar a água pela *Wetlands*, sendo que ambos não apresentam valores discrepantes.

Gráfico 4.4 - Box Plot do oxigênio total



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Devido à assimetria identificada no box plot nos dados da água que sai diretamente da pia, optou-se pelo teste shapiro wilk para verificar se o comportamento dos dados segue uma distribuição normal utilizando 95% para intervalo de confiança. O resultado encontrado é de W igual a 0.92062 e p-value de 0.01312, como p-value é menor que 0,05, rejeita-se a hipótese de normalidade entre os dados.

Para inferência dos dados gerados do oxigênio total é feito o teste de Wilcoxon Rank que fornece $W = 18.5$, $p\text{-value} = 5.993e^{-06}$, o resultado confirma o observado nos gráficos acima, apresentando a existência de diferença na dispersão dos dados entre os resultados antes e após o processo *Wetlands* para oxigênio dissolvido.

O oxigênio dissolvido avaliado, ingressou no sistema com uma média 2.11mg/l e saiu do mesmo com média 6.5, segundo a resolução 357 do CONAMA a água para consumo em relação ao oxigênio, não pode ser inferior a 6 mg/l.

Sendo assim, houve uma alteração do oxigênio dissolvido antes e depois de passar pelo sistema *Wetlands*, verificando que somente o oxigênio dissolvido depois se adequava nos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA se enquadrando nas classes 1, 2, 3 e 4.

A análise descritiva da cor é apresentada na Tabela 4.3 com resultados para cor antes e depois de passar pelo sistema *Wetlands*, verifica-se que os dados apresentam 448 para média antes e 191,4 para média depois do sistema, já na mediana obteve-se 500 antes e 180 depois do processo. Os dados apresentam alta variabilidade onde a variância antes é 16062 e depois do sistema é aproximadamente 7172, mesmo ocorrendo redução da variância depois, os dados continuam com alta dispersão, o resultado do desvio padrão é bem elevado, antes do processo aproxima-se de 126 e depois 84.

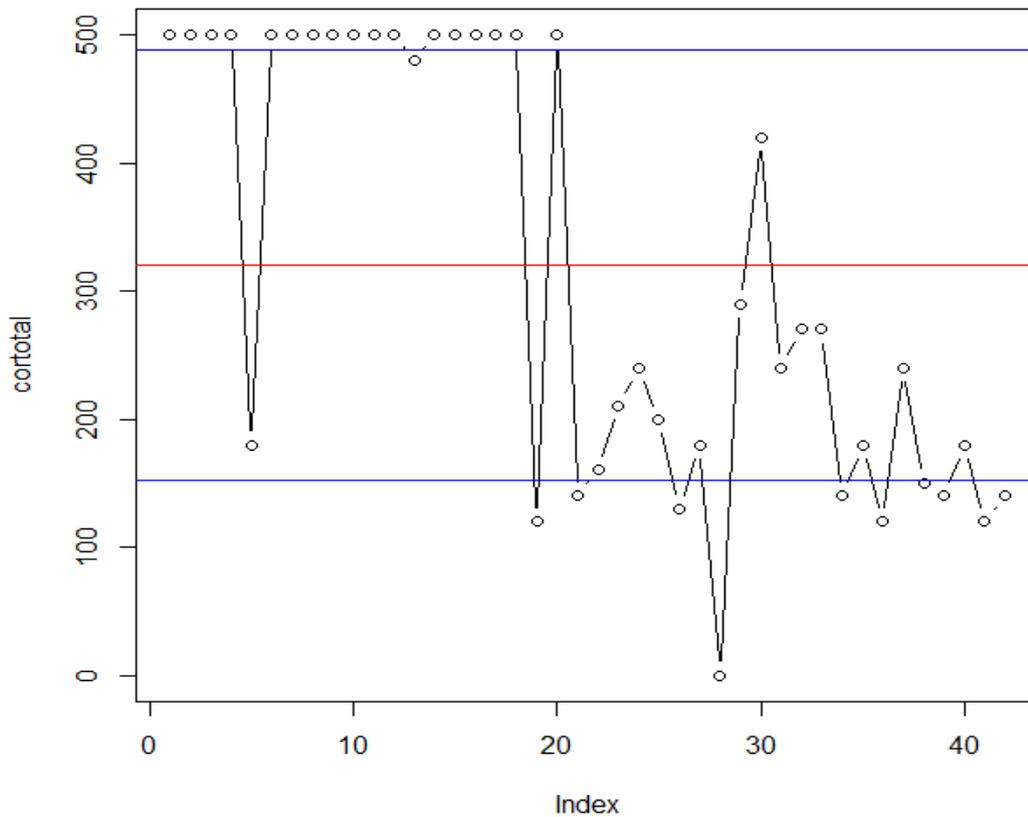
Tabela 4.3 - Análise descritiva para cor

COR – ANTES		COR - DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	448	Média	191,4
Mediana	500	Mediana	180
Desvio Padrão	126.7393	Desvio Padrão	84.69272
Variância	16062.86	Variância	7172.857
Máximo	500	Máximo	420
Mínimo	120	Mínimo	0
Amplitude	380	Amplitude	420

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Dando continuidade à análise descritiva dos dados realizou-se análise do gráfico de dispersão e box plot, como verificado no Gráfico 4.5.

Gráfico 4.5 – Gráfico dos dados de dispersão da cor total

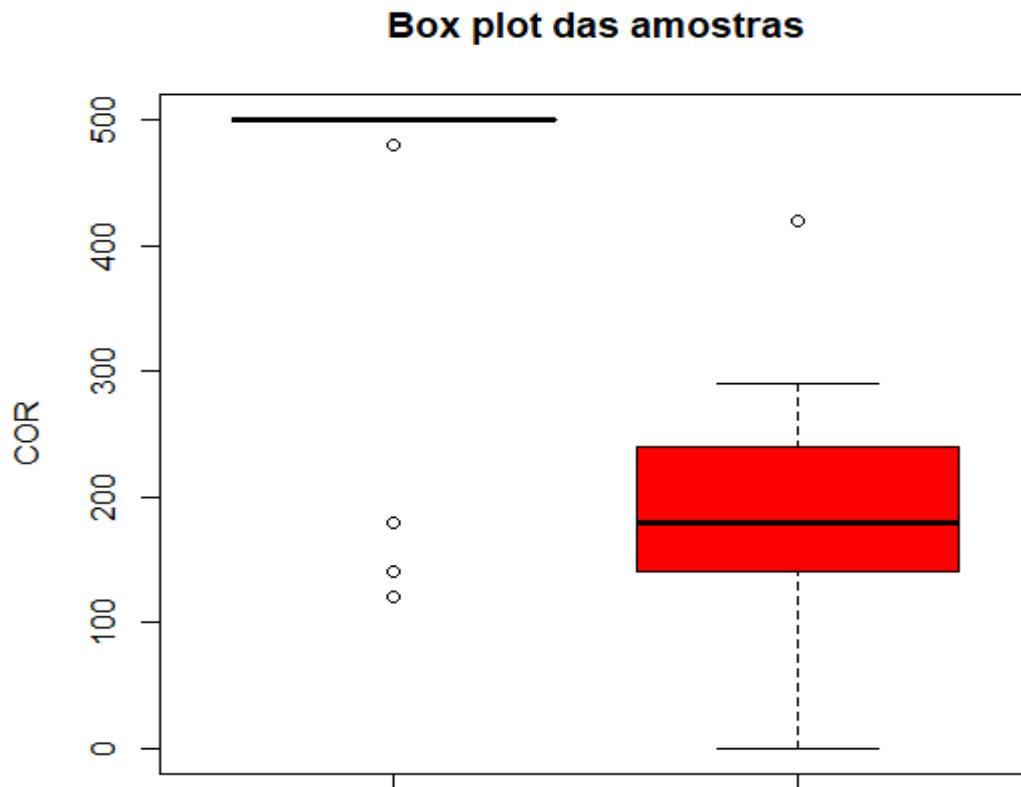


Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Pelo Gráfico 4.5 realizado com todos os dados, ou seja, dados antes e depois de passar pelo sistema, é possível verificar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 0 e 500 apresentando dispersão entre os dados.

Assim, para melhor compreensão foi elaborado o Gráfico 4.6, que apresenta à direita a maioria dos valores concentrados com alguns outliers e à esquerda valores com assimetria positiva e apenas um outlier.

Gráfico 4.6 – Box Plot dos dados referentes à cor



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Como o box plot apresenta assimetria, realizou-se o teste Shapiro wilk, o qual o resultado para W foi igual a 0.80212 com $p\text{-value} = 4.915e-06$, portanto, rejeita-se a hipótese de normalidade dos dados totais para cor.

Pelo teste Wilcoxon Rank encontra-se $p\text{-value}$ maior que 0,05, assim, pela análise dos dados totais, considerando os valores centrais em relação à mediana, antes e depois de passar pelo processo wetlands, estes valores centrais em ambas análises estão muito próximos sendo considerados como praticamente iguais, vale ressaltar que se fosse possível realizar um teste de médias provavelmente o resultado seria diferente.

Já a cor, ingressou no sistema com uma média de 448,57 e saiu do mesmo com média 191,42, a resolução 357 do CONAMA estabelece que a água para o consumo, em relação à cor, deve estar abaixo de 75 mg.

Levando em consideração que apesar da redução ser maior que 50% é visualmente notável a diferença do antes em comparação ao depois de passar pelo

sistema Wetlands, a cor não se enquadra em nenhuma classe prevista pelo CONAMA.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados gerados no software R para alcalinidade, verifica-se que os dados apresentam 4,095 como média e aproximadamente 3 como mediana antes do processo *Wetlands* e aproximadamente 3 como média e 2 como mediana depois do processo. A variância antes está próxima de 8,5 e depois do sistema se aproximou de 10,4 ocorrendo uma ampliação em relação a dispersão dos dados, o desvio padrão também sofre um pequeno aumento, onde antes se tinha aproximadamente 2,91 e depois 3,22.

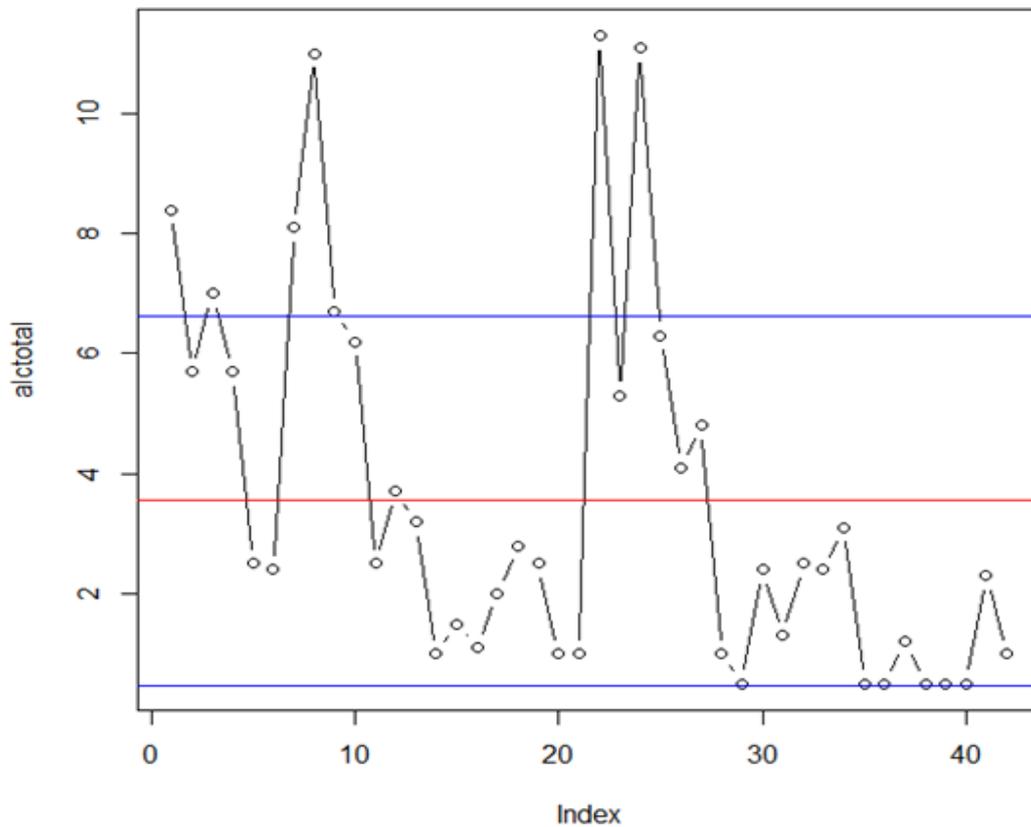
Tabela 4.4 - Análise descritiva da alcalinidade

ALCALINIDADE - ANTES		ALCALINIDADE- DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	4,095	Média	3,005
Mediana	2,8	Mediana	2,3
Desvio Padrão	2.907142	Desvio Padrão	3.226682
Variância	8.451476	Variância	10.41148
Máximo	11	Máximo	11,3
Mínimo	1	Mínimo	0,500
Amplitude	10	Amplitude	10,800

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Para averiguar a existência de dispersão entre os dados foram realizadas análises gráficas, conforme o Gráfico 4.7.

Gráfico 4.7 - Box Plot da alcalinidade

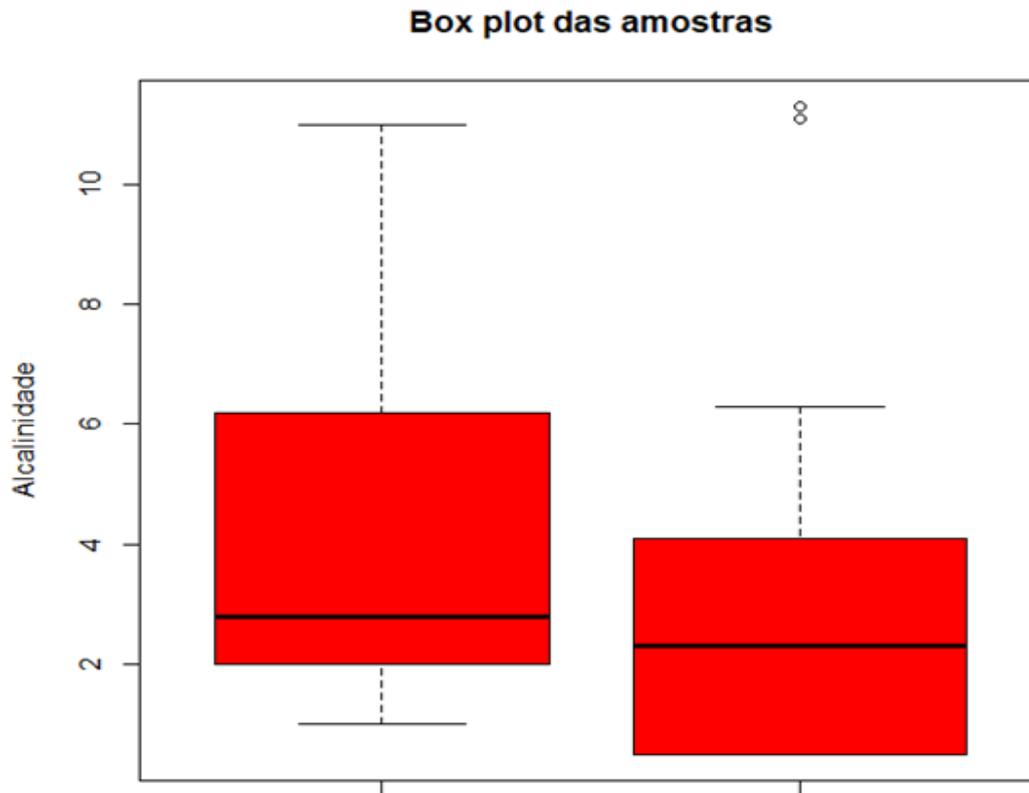


Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

O Gráfico 4.7 foi elaborado com os dados totais de alcalinidade, pela análise gráfica é possível verificar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 0 e 11,3 apresentando alguns valores discrepantes.

Portanto, para melhor compreensão da descrição dos dados plotou-se o gráfico box plot que apresenta assimetria positiva na caixa à esquerda e simetria na caixa à direita, sendo que somente o da esquerda apresenta outliers.

Gráfico 4.8 – Dados da alcalinidade total no Box Plot



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Devido à assimetria identificada no box plot, realizou-se o teste shapiro wilk para verificar se o comportamento dos dados seguem uma distribuição normal utilizando 95% para intervalo de confiança. O resultado encontrado é de W igual a 0.85761 e p-value de $8.159e^{-05}$. Como p-value é maior que 0,05 não se rejeita a hipótese nula e considera-se uma distribuição normal dos dados.

No teste t para duas amostras, o p-value encontrado é menor que 0,05; portanto, rejeita-se a hipótese nula considerando que existe diferença entre as médias dos valores encontrados nas análises antes de passar pelo sistema wetlands em relação aos valores depois.

No que se refere à alcalinidade, esta ingressou no sistema com uma média de 4,09ml e saiu do mesmo com média 3,04ml, porem a resolução 357 do CONAMA não estabelece parâmetros significativo para o consumo humano.

Para análises microbiológicas foram realizados os testes de coliformes totais e coliformes termotolerantes, na Tabela 4.5 abaixo esta explicito os resultados gerados no software R para os coliformes totais antes e depois de passar pelo sistema Wetlands, pode-se verificar que antes do tratamento obteve-se a média

964,5 e a mediana 1600, depois do tratamento percebemos uma redução da média e mediana para 717,3 e 220. A variância antes está próxima de 600 mil e depois do sistema nota-se um aumento de aproximadamente 350, o desvio padrão também sofre um aumento, onde antes se tinha aproximadamente 774 e depois 787, estes resultados mostram a ocorrência de maior dispersão entre os dados após a água passar pelo sistema.

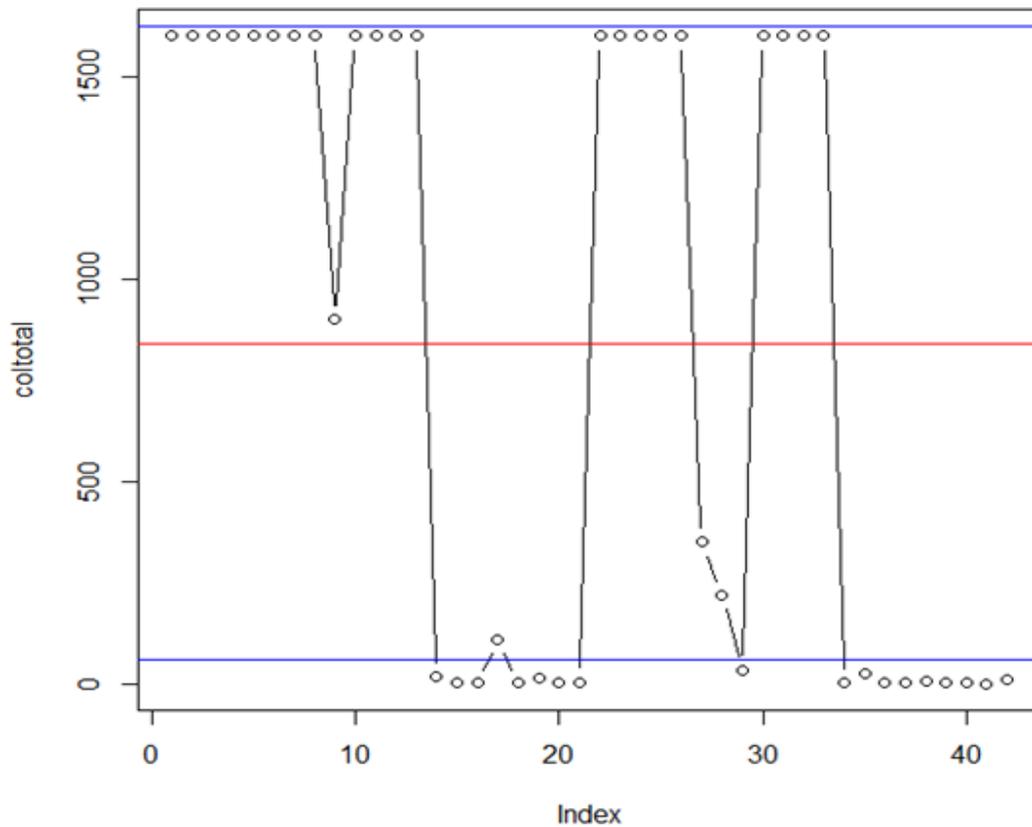
Tabela 4.5 – Análise descritiva dos coliformes totais

COLIFORMES TOTAIS - ANTES		COLIFORMES TOTAIS - DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	964,5	Média	717,3
Mediana	1600,0	Mediana	220,0
Desvio Padrão	774.7967	Desvio Padrão	787.6247
Variância	600310	Variância	620352.6
Máximo	1600,0	Máximo	1600,0
Mínimo	2	Mínimo	1
Amplitude	1598,0	Amplitude	1599,0

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Para averiguar a dispersão dos dados apresentada na análise de variância plotou-se os gráfico de dispersão e box plot, ilustrado no Gráfico 4.9.

Gráfico 4.9 – Dados de dispersão dos coliformes totais

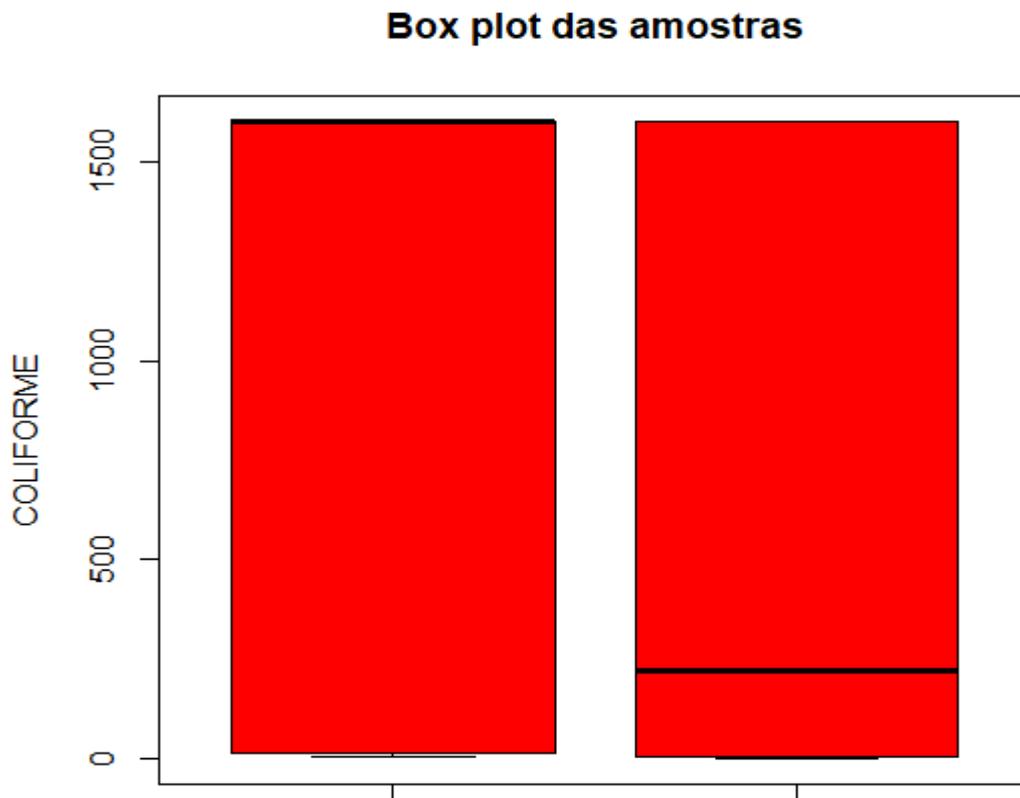


Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Pelo Gráfico 4.9 realizado com os dados totais, é possível verificar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 0 e 1600 apresentando valores concentrados em extremos opostos, para entender melhor este comportamento foi plotado o box plot.

O Gráfico 4,10 apresenta assimetria negativa na caixa à direita e assimetria positiva na caixa à esquerda, ou seja, ambas as caixas apresentam resultados distantes de uma simetria desejada.

Gráfico 4.10 – Box Plot dos coliformes totais



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Devido à assimetria identificada na análise descritiva realizou-se o teste Shapiro Wilk para verificar se os comportamentos dos dados totais seguem uma distribuição normal utilizando 95% para intervalo de confiança. O resultado encontrado foi de W igual a 0.67403 e p -value de $2.195e^{-08}$. Como p -value é menor que 0,05, não é possível admitir normalidade entre os dados.

No Wilcoxon Rank o valor encontrado para p -value é maior que 0,05, portanto, a mediana antes do sistema wetlands é muito semelhante à mediana após passagem pelo sistema, não sendo possível identificar diferença estatisticamente significativa entre ambas.

Os coliformes totais ingressaram no sistema com média de 964,5 e saíram do mesmo com média 717,3, a resolução 274 do CONAMA estabelece que a água para a balneabilidade apresente coliformes totais no intervalo entre 200 e 800.

Portanto, os dados apresentam alteração dos coliformes totais antes e depois de passar pelo sistema *Wetlands*, e somente os coliformes totais depois

enquadraram no parâmetro estabelecido pelo CONAMA se adequando a categoria satisfatória.

A Tabela 4.6 apresenta os resultados dos coliformes termotolerantes antes e depois de passar pelo sistema wetlands, pode-se verificar uma média de 692,5 para antes do tratamento e 484,4 para depois, a mediana antes e depois é respectivamente 30 e 26. A variância antes está próxima de 648593 e depois do sistema ela é reduzida para aproximadamente 524864 ocorrendo considerável redução em relação à dispersão dos dados, o desvio padrão também sofre uma redução, onde antes se tinha aproximadamente 800 e depois 720.

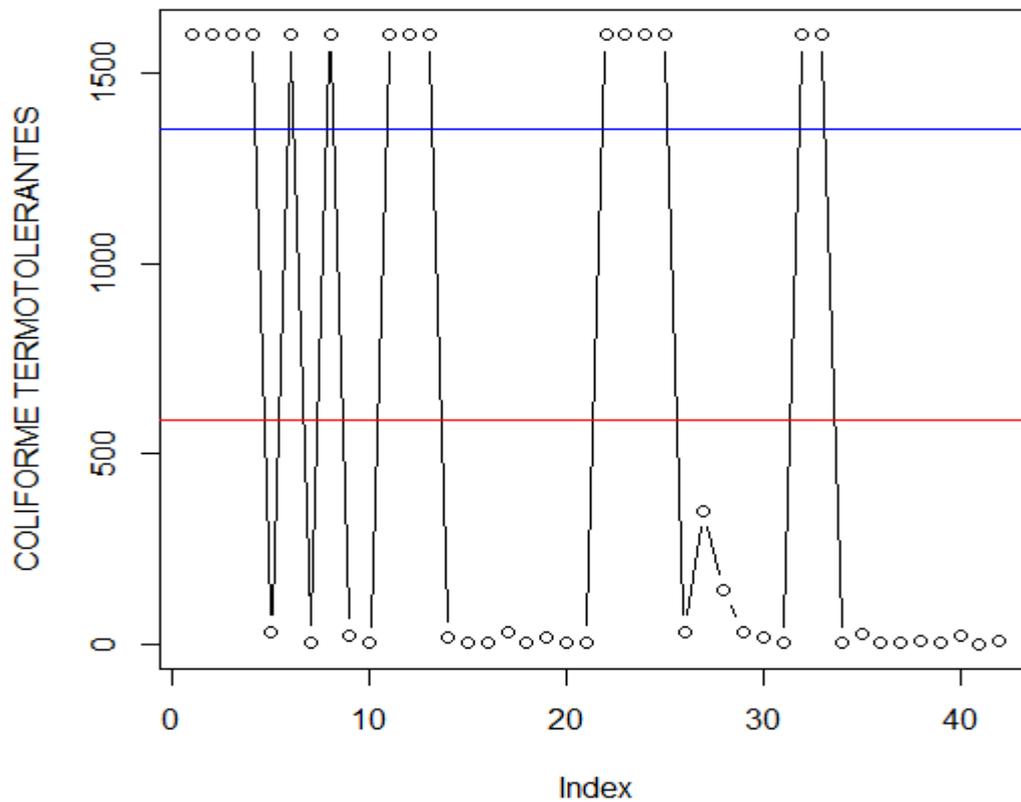
Tabela 4.6 – Análise descritiva dos coliformes termotolerantes

COLIFORMES TERMOTOLERANTES - ANTES		COLIFORMES TERMOTOLERANTES - DEPOIS	
MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO	MEDIDAS DE DISPERSÃO	RESULTADO
Média	692,5	Média	488,4
Mediana	30	Mediana	26
Desvio Padrão	805.3531	Desvio Padrão	724.4753
Variância	648593.7	Variância	524864.4
Máximo	1600,0	Máximo	1600,0
Mínimo	2	Mínimo	1
Amplitude	1598,0	Amplitude	1599,0

Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Para verificar o comportamento dos dados foi utilizado o gráfico de dispersão e box plot., conforme o Gráfico 4.11.

Gráfico 4.11 – Box Plot dos coliformes termotolerante

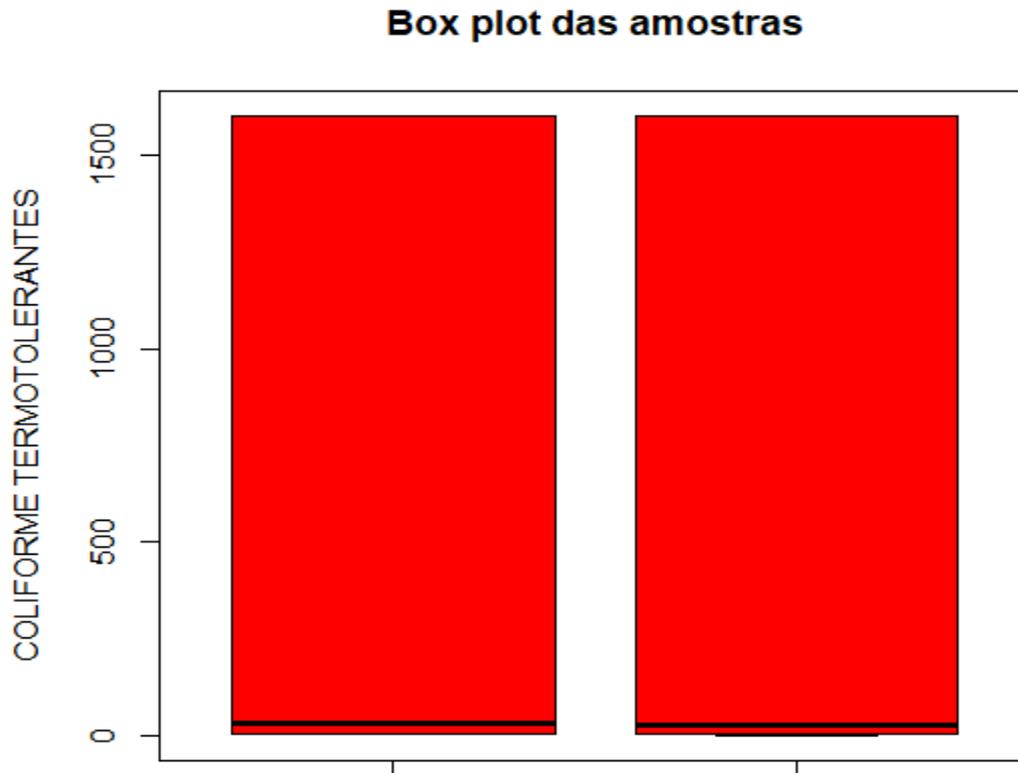


Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Pelo Gráfico 4.12 elaborado com os dados totais, é possível verificar que a distribuição dos resultados está em um intervalo entre 0 e 1600 apresentando valores concentrados nos extremos.

Assim, para melhor compreensão da descrição dos dados plotou-se o gráfico box plot, este apresenta dispersões semelhantes e sem a presença de outlier, ambos com assimetria positiva.

Gráfico 4.12 – Box Plot dos coliformes termotolerante totais



Fonte: Dados da própria pesquisa, 2018

Devido à assimetria identificada no box plot realizou-se o teste shapiro wilk onde se obteve W igual a 0.63206 e p-value de $5.022e^{-09}$. Como p-value é menor que 0,05 o teste de wilcoxon Rank foi utilizado para verificar igualdade entre os dados centrais. Após a realização do teste obteve-se p-value menor que 0.05 , assim, rejeita-se a hipótese nula considerando diferença significativa entre os resultados da água analisada antes de passar pela *Wetlands* em relação à depois.

Por fim, os coliformes termotolerantes ingressaram no sistema com uma média 692,5 e saíram do mesmo com média 488,4, a resolução 274 do CONAMA estabelece que a água para balneabilidade apresente coliformes termotolerantes no intervalo entre 250 a 1000.

Assim sendo, apesar da alteração dos coliformes termotolerantes antes e depois do sistema *Wetlands*, ambos os resultados já estavam nos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA se adequando na categoria satisfatória, mas somente os coliformes termotolerantes depois se enquadram na categoria muito boa e satisfatória.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, com base em análises laboratorial e estatística, que o sistema de tratamento *Wetlands* utilizado neste trabalho se enquadra aos padrões estabelecidos da resolução nº 357 do CONAMA.

Quanto ao teste *estatístico para inferência*, os resultados encontrados indicam que não há igualdade entre as médias em relação a ph, oxigênio dissolvido e alcalinidade, ou seja, que a água de entrada não possui as mesmas características físico-químicas das águas de saída, assim, considera-se o método de purificação por zona de raízes eficiente em relação aos objetivos do trabalho, que é a reutilização para fins não potáveis. Somente a cor apresentou o comportamento dos resultados em relação ao valor central muito próximos, onde se considera ausência de alteração entre os resultados antes e após passar pelo sistema *Wetlands*.

As análises microbiológicas para coliformes totais apresentaram alterações significativas no resultado da água após a passagem pelo sistema *Wetlands*, onde a água se tornou satisfatória de acordo com classificação estabelecida pela CONAMA. Já os coliformes termotolerantes são classificados como satisfatório antes de passar pelo sistema *Wetlands* e muito boa ou satisfatório após o processo.

O sistema de tratamento de águas cinza por zona de raízes, de acordo com o estudo em questão, atinge as três vertentes do conceito de sustentabilidade, ou seja, econômico, por ser um sistema de baixo custo de implantação e manutenção; social, ao considera-lo relacionado a saúde pública e a qualidade de vida; e ambiental já que trata o efluente doméstico com eficiência e contribui para a preservação da biodiversidade.

Assim, este estudo servirá como norteador para futuras pesquisas relacionadas ao assunto abordado neste trabalho. Como sugestões para trabalhos futuros temos o estudos de aplicação das *wetlands* em local maior, abrangendo um volume maior de águas residuais doméstica, considerando que a implantação de sistemas de purificação de água para reuso é de grande importância para diminuição dos problemas causados pela poluição dos recursos hídricos; outra sugestão é o levantamento do custo benefício pertinente da implantação e manutenção do sistema para utilização de fins não potáveis.

Por fim, considera-se o assunto abordado neste trabalho de suma importância como processo de minimização dos impactos ambientais provocados pela má gestão da água potável.

Referência

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969/1997: *Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <http://acguasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf>. Acessado em 28 abril de 2018.

ABRANTES, L. L. M. *Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos utilizando typha angustifolia e phragmites australis*. 2009. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/624/1/Dissertacao%20Lorena%20L%20M%20Abrantes.pdf>>. Acessado em 09 novembro de 2018.

ANDRADE, H. H. *Avaliação do desempenho de sistemas de zona de raízes (wetlands construídas) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético*. 2012. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1292/1/CT_PPGEC_M_Andrade%20%20Helisson%20Henrique%20Borsato%20de_2012.pdf>. Acessado em 25 outubro de 2018.

AUGUSTO, L. G. S et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. *Ciência & saúde Coletiva*, Recife, v.17, n.6, p. 1511-1522, abr./maio. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a15.pdf>>. Acessado em: 25 abril 2018.

BAZZARELLA, B. B. *Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações*. 2005. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acessado em 25 abril de 2018.

BRASIL. *Da Política Nacional de Recursos Hídricos*, Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acessado em 10 novembro de 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água*. 2ª ed.rev. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde* – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde*. 1^a. ed. Brasília, DF: Funasa, 2014. 112 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. *Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde*, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília, DF: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000*. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, 2000. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em 23 de novembro de 2018.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 23 de novembro de 2018.

CEVE, A. *Avaliação de wetland construído de fluxo subsuperficial horizontal para o tratamento de esgoto sanitário*. 2015. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Processos Ambientais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CURITIBA, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6172/1/CT_COPAM_2015_1_01.pdf>. Acessado em 11 novembro de 2018.

CHAGAS, R. C. et al. Cinética de remoção de matéria orgânica em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.11, p. 1186–1192, set. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n11/12.pdf>>. Acessado em 09 novembro de 2018.

CUNHA, M. C. B. Estudo preliminar da qualidade da água na captação do rio Piquiri-Pedro Velho/RN. *CARPE DIEM: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*, Rio Grande do Norte, v. 11, n. 1, p. 01-10, 2013 Disponível em: <<https://periodicos.unifacex.com.br/Revista/article/download/331/93>>. Acessado em 06 novembro de 2018.

DEMARCO, C. F. *Seleção de macrófitas aquáticas com potencial de fitorremediação no arroio Santa Bárbara, município de Pelotas/RS*. 2016. 52p. Trabalho acadêmico (Bacharel em Engenheiro Ambiental e Sanitarista). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2017/01/TCC-Carolina-Demarco.pdf>>. Acessado em 09 novembro de 2018.

DISTRITO FEDERAL. *Controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*, Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Distrito Federal- Diário Oficial da União. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acessado em 12 de novembro de 2018.

DORNELAS, F. L. *Avaliação do desempenho de wetlands horizontais subsuperficiais como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB*. 2008. 115p. Dissertação (Mestrado em em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ENGD-7LTN2F/filipe_lima_dornelas.pdf?sequence=1>. Acessado em 11 novembro de 2018.

ERCOLE, L. A. S. *Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos*. 2003. 192p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5529/000471937.pdf?sequence=1>>. Acessado em 28 abril de 2018.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Minas trata esgoto: plano de ações estratégicas para redução do lançamento de carga poluidora nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: FEAM, 2016. 245 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2017/Minas_trata_esgoto/Minas_trata_Esgoto_relat%C3%B3rio_2016_-_link.pdf>. Acesso em: 10 novembro de 2018.

FIESP. *Conservação e reuso de águas em edificações*. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 155 p. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e>

publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>. Acesso em: 25 abril 2018.

GASPAROTTO, F. A. *Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP*. 2011. 86p. Dissertação (Mestrado em ciências). Universidade de São Paulo Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/publico/Mestrado.pdf>>. Acessado em 06 novembro de 2018.

GONÇALVES, R. F. *Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas: Uso Racional da Água em Edificações*. 4. ed. PROSAB, Rio de Janeiro: Sermograf Artes Gráficas e Editora Ltda, 2006. 352 p. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf>. Acessado em 07 novembro 2018.

HESPAHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos avançados*, São Paulo, v.22, n.63, p. 131-158, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a09.pdf>>. Acessado em 25 abril de 2018.

IAQUELI, A. L., *Wetlands construídos: aplicações, benefícios e vantagens do sistema*. São Paulo, p. 01-14, 2016. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Artigo-sobre-wetlands.pdf>>. Acessado em 25 abril 2018.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. *Fundamentos da metodologia científica*. 5a ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india>. Acessado em 25 abril 2018.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. *Ambiente & Sociedade*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 121-136, dez./ 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v6n2/a08v06n2.pdf>>. Acessado em: 25 maio 2018.

MAXIMO, A. C. N. F. *Água subterrânea da microbacia hidrográfica do córrego rico como fator de risco à saúde humana em propriedades rurais e urbanas no município de Jaboticabal/SP*. 2009. 67p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/mvp/m/3691.pdf>>. Acessado em 06 novembro de 2018.

MESSIAS, T. G. *Influência da toxicidade da água e dos sedimentos dos rios são Joaquim e ribeirão claro na bacia do Corumbataí*. 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-22102009-115721/publico/dissertacao_TamaraMessias.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

MONTEIRO, V.R.C. et al. Caracterização e tratamento de água cinza residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v.12, n. 2, p. 93-109, jul. /dez. 2015. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=3179&article=1237&mode=pdf>>. Acessado em 25 abril 2018.

MOTA, F. S. B., Sperling, M. v. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção, *PROSAB*, Rio de Janeiro: ABES, 2009. P.01- 428. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf>. Acessado em 30 abril 2018.

NOGUEIRA, F. F. *Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás*. 2015. 56p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/An%C3%A1lise_de_par%C3%A2metros_f%C3%A2sico-qu%C3%ADmicos_da_%C3%A1gua_e_do_uso_e_ocupa%C3%A7%C3%A3o_do_solo_na_sub-bacia_do_C%C3%B3rrego_da_%C3%81gua_Branca_no_munic%C3%ADpio_de_Ner%C3%B3polis_%E2%80%93_Goi%C3%A1s.pdf>. Acessado em 12 novembro de 2018

ONU. *Perspectivas da Urbanização Mundial*. Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (DESA). 2014.

ORMONDE, V. S. S. *Avaliação de 'wetlands' construídos no póstratamento de efluente de lagoa de maturação*. 2012. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/11.pdf>>. Acessado em 28 outubro de 2018.

PINTO, M. C. F. *Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido*. 1^a. Ed. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2007. 51p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

PIVELI, R. P. *Qualidade das águas e poluição aspectos físico-químicos: Oxigênio Dissolvido e Matéria Orgânico em Águas*. p.12. 2010. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%2010%20-%20Oxigenio%20Dissolvido%20e%20Materia_Organica.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

POÇAS, C. D. *Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes*. 2015. São Paulo. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/106/1827.pdf>. Acessado em 10 novembro de 2018.

RAMPELOTTO, G. *Caracterizando e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico*. 2014. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7863/RAMPELOTTO%2C%20GERALDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em 28 abril de 2018.

REZENDE, A. T. *Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil*. 2016. 106p. Trabalho Final de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-AMANDA-REZENDE-FINAL.pdf>>. Acessado em 28 abril de 2018.

RUANA, S. L. et al. Reaproveitamento da água da chuva e reuso da água cinza em residências e na construção civil. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, Ecogestão Brasil, João Pessoa, v.3, p.1186-1193, 2015. Disponível em: <<http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2015/trabalhos/pdf/congestas2015-et-13-028.pdf>>. Acessado em 07 novembro 2018.

SALATI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. *Biológico*, São Paulo, v.65, n.1/2, p.113-116, jan./dez. 2003. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/salatti.pdf>. Acessado em 25 abril 2018.

SEZERINO, P.H. et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas

horizontais. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v.20, n.1, p. 151-158, jan./mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n1/1413-4152-esa-20-01-00151.pdf>>. Acessado em 09 novembro de 2018.

SILVA, W. M. et al. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.6, n.11, p. 01-15, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20da%20reutilizacao.pdf>>. Acessado em 07 novembro 2018.

SILVEIRA, A. B. G. Explorando o déficit em saneamento no Brasil: evidências da disparidade urbano-rural. *Água & Sociedade*, Paranoá, n.10, p.37-48, 2003. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/download/12122/8506>>. Acessado em 07 novembro 2018.

TRIOLA, M. *Introdução à estatística*. 7. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1999.

VALENTIM, M. A. A. *Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado*. 1999. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 1999. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257516/1/Valentim_MarcelusAlexanderAcorinte_M.pdf>. Acessado em 28 outubro de 2018.

VOM SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 4. ed. São Paulo. Ed. UFMG, 2005.

YAMAGUCHI, M.U. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. *O Mundo da Saúde*, São Paulo, p. 312-320, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://www.saocamilosp.br/pdf/mundo_saude/106/1827.pdf>. Acessado em 06 novembro de 2018.

Yin, R. *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE

Apêndice A: Resultado das análises laboratoriais

DATA	PONTO	Ph	COR	OXIGÊNIO	ALCAL.	COLIFORME TOTAIS				COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
						1	2	3	NMP	1	2	3	NMP
10/set	ANTES	5	500	5,8mg/L	8,4ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	6	160	1,6mg/L	11,3ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
11/set	ANTES	7,8	500	0,4mg/L	5,7ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	8,4	210	7,0mg/L	5,3ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
12/set	ANTES	6	500	0,6mg/L	7ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	7	240	6,4mg/L	11,1ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
13/set	ANTES	8	500	-	5,7ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	7	200	-	6,3ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
17/set	ANTES	8	180	-	2,5ml	5	5	5	>=1600	4	4	0	34
	DEPOIS	8	130	-	4,1ml	5	5	5	>=1600	4	4	0	34

DATA	PONTO	Ph	COR	OXIGÊNIO	ALCAL.	COLIFORME TOTAIS				COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
						1	2	3	NMP	1	2	3	NMP
19/set	ANTES	6,5	500	-	2,4ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	7	180	-	4,8ml	5	4	4	350	5	4	4	350
20/set	ANTES	6,4	500	2,0mg/L	8,1ml	5	5	5	>=1600	1	2	0	6
	DEPOIS	6,7	0	9,9mg/L	1,0ml	5	4	2	220	5	3	2	140
21/set	ANTES	6,6	500	2,2mg/L	11,0ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	7,2	290	6,8mg/L	0,5ml	4	4	0	34	4	4	0	34
22/set	ANTES	6,4	500	3,9mg/L	6,7ml	5	5	3	900	5	0	0	23
	DEPOIS	7,5	420	8,8mg/L	2,4ml	5	5	4	1600	3	2	1	17
24/set	ANTES	6,8	500	1,0mg/L	6,2ml	5	5	5	>=1600	0	0	0	<=2
	DEPOIS	7,3	240	7,0mg/L	1,3ml	5	5	5	>=1600	0	0	0	<=2
25/set	ANTES	5,5	500	1,2mg/L	2,5ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600

DATA	PONTO	Ph	COR	OXIGÊNIO	ALCAL.	COLIFORME TOTAIS				COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
						1	2	3	NMP	1	2	3	NMP
	DEPOIS	7,4	270	8,0mg/L	2,5ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
26/set	ANTES	5,3	500	3,9mg/L	3,7ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	6,8	270	6,4mg/L	2,4ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
28/set	ANTES	4,9	480	4,5mg/L	3,2ml	5	5	5	>=1600	5	5	5	>=1600
	DEPOIS	6,4	140	10,9mg/L	3,1ml	0	1	0	2	0	1	0	2
29/set	ANTES	5,3	500	5,2mg/L	1,0ml	4	0	1	17	4	1	0	17
	DEPOIS	6,8	180	4mg/L	0,5ml	4	2	1	26	4	2	1	26
30/set	ANTES	5,5	500	0,6mg/L	1,5ml	0	1	0	2	0	1	0	2
	DEPOIS	7	120	6,9mg/L	0,5ml	1	1	0	4	1	1	0	4
01/out	ANTES	5,8	500	1,3mg/L	1,1ml	0	0	0	<2	0	0	0	<=2
	DEPOIS	7,4	240	6,0mg/L	1,2ml	0	0	0	<=2	0	0	0	<=2

DATA	PONTO	Ph	COR	OXIGÊNIO	ALCAL.	COLIFORME TOTAIS				COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
						1	2	3	NMP	1	2	3	NMP
02/out	ANTES	5,3	500	0,7mg/L	2,0ml	5	3	1	110	5	1	0	30
	DEPOIS	7	150	2,2mg/L	0,5ml	3	0	0	8	3	0	0	8
03/out	ANTES	5,9	500	0,7mg/L	2,8ml	0	1	0	2	0	1	0	2
	DEPOIS	7	140	6,8mg/L	0,5ml	0	0	1	2	0	0	1	2
04/out	ANTES	5,8	500	0,9mg/L	2,5ml	3	1	1	14	3	2	1	17
	DEPOIS	6,4	180	8,5mg/L	0,5ml	0	2	0	4	5	0	0	23
05/out	ANTES	5,9	500	1,3mg/L	1,0ml	0	2	0	4	0	0	0	4
	DEPOIS	6,8	120	4,9mg/L	2,3ml	0	0	0	<1	0	0	0	<1
06/out	ANTES	5,9	500	1,9mg/L	1ml	0	2	0	4	0	0	0	4
	DEPOIS	6,8	140	6,5mg/L	1ml	3	0	1	11	3	3	1	11

Fonte: Dados do acervo, 2018