



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

IGOR DUARTE ROSA LIMA

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM
SISTEMA BIOLÓGICO DE MEMBRANAS
NANOCERÂMICAS PARA FINS DE REÚSO FLORESTAL**

RECIFE-PE
AGOSTO, 2023

IGOR DUARTE ROSA LIMA

TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM SISTEMA
BIOLÓGICO DE MEMBRANAS NANOCERÂMICAS PARA FINS
DE REÚSO FLORESTAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Gestão Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva

Co-Orientadora: Prof. Dr^a. Rosângela Gomes
Tavares

RECIFE-PE
AGOSTO, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732t

Lima, Igor

Tratamento de Efluentes Domésticos em Sistema Biológico de Membranas Nanocerâmicas para fins de Reúso Florestal / Igor Lima. - 2023.
85 f. : il.

Orientador: Vicente de Paulo Silva.
Coorientadora: Rosangela Gomes Tavares.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2023.

1. Tecnologias Ambientais. 2. Reutilização do Esgoto. 3. Ipê Roxo. 4. Aroeira. I. Silva, Vicente de Paulo, orient. II. Tavares, Rosangela Gomes, coorient. III. Título

CDD 620.8

IGOR DUARTE ROSA LIMA

TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM SISTEMA
BIOLÓGICO DE MEMBRANAS NANOCERÂMICAS PARA FINS
DE REÚSO FLORESTAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na Área de Concentração de Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Gestão Ambiental e Recursos Hídricos.

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Presidente da Banca e Orientador

Prof. Dra. Rosângela Gomes Tavares
Co-Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alex Souza Moraes (membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva (membro externo)
Instituto Federal de Pernambuco

DUARTE, Igor Rosa Lima. **Tratamento de efluentes domésticos em sistema biológico de membranas nanocerâmicas para fins de reúso florestal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

RESUMO

O esgotamento sanitário no Brasil apresenta cerca de 54,1% dos esgotos coletados e 49,1% tratados. Logo, tecnologias ambientais devem ser implementadas para remover os contaminantes físico-químicos e biológicos para que retornem ao meio ambiente dentro dos padrões e aumentem os índices de esgotamento. Entre as inovações tecnológicas que podem contribuir: Unidade de Qualidade de Água, tubulação em polietileno de alta densidade destinada a separar sólidos e óleos e reator de membranas nanocerâmicas denominado Biogill, que possui fases aeróbias, anaeróbias e anóxicas associadas a uma eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio de 90% e nutrientes de 80%. Para contribuir com o aumento desses índices, uma Estação de Tratamento de Esgoto foi construída em um residencial localizado na cidade de Barra de São Miguel. O esgoto tratado foi reutilizado por meio da microaspersão na produção de mudas de aroeira do sertão e ipê roxo para acelerar o desenvolvimento das plantas, bem como foi realizada uma análise morfofisiológica e estatística (ANOVA e Teste de Tukey) das mudas em relação a produção com água potável. Entre os principais resultados: atendimento em sua totalidade a resolução CONAMA nº 430/11; atendimento às normas de reúso ABNT NBR 13.969/1999, PROSAB, COEMA nº 2/2017 e SES/SMA/SSRH nº 1/2017, exceto os parâmetro de turbidez e DBO, sendo necessário melhorias no tratamento terciário. Por fim, o efluente tratado apresentou melhores resultados para o desenvolvimento das mudas do que a água potável, contudo pela ANOVA e teste de tukey ($p < 0,05$) não se obteve diferenciação significativa entre os tratamentos.

Palavras Chave: Tecnologias Ambientais; Reutilização do Esgoto; Ipê Roxo; Aroeira.

DUARTE, Igor Rosa Lima. **Treatment of domestic effluents in a biological system of nanoceramic membranes for forest reuse purposes.** Dissertation (Master in Environmental Engineering) – Federal Rural University of Pernambuco, Recife, 2023.

ABSTRACT

Sanitary sewage in Brazil accounts for around 54.1% of sewage collected and 49.1% treated. Therefore, environmental technologies must be implemented to remove physical-chemical and biological contaminants so that they return to the environment within standards and increase depletion rates. Among the technological innovations that can contribute: Water Quality Unit, high-density polyethylene piping designed to separate solids and oils and a nanoceramic membrane reactor called Biogill, which has aerobic, anaerobic and anoxic phases associated with an efficient removal of Demand Biochemistry of 90% oxygen and 80% nutrients. To contribute to the increase in these rates, a Sewage Treatment Station was built in a residential building located in the city of Barra de São Miguel. The treated sewage was reused through microspraying in the production of aroeira do sertão and ipê Roxo seedlings to accelerate the development of the plants, as well as a morphophysiological and statistical analysis (ANOVA and Tukey Test) of the seedlings in relation to production with potable water. Among the main results: compliance with CONAMA resolution n° 430/11 in its entirety; compliance with reuse standards ABNT NBR 13.969/1999, PROSAB, COEMA n° 2/2017 and SES/SMA/SSRH n° 1/2017, except for the turbidity and BOD parameters, requiring improvements in tertiary treatment. Finally, the treated effluent showed better results for the development of seedlings than drinking water, however, using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$), no significant differentiation was obtained between treatments.

Keywords: Environmental Technologies; Effluent Reuse; Purple IPE; Aroeira.

Sumário

1.Introdução.....	8
2.Objetivos.....	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3.Revisão da Literatura.....	11
3.1. Saneamento Básico – Esgotamento Sanitário.....	11
3.1.1. Esgotamento Sanitário na Barra de São Miguel	12
3.2. Estação de Tratamento de Efluentes	13
3.2.1. Unidade de Qualidade de Água.....	15
3.3. Tratamento Biológico de Efluentes	16
3.3.1. Reator Biológico: BioGill.....	17
3.4. Reúso de efluentes: Uma prática sustentável.....	19
3.4.1. Reúso na Silvicultura	20
3.4.1.1. Importância do Solo para o Desenvolvimento das Mudas	23
3.4.1.2. Parâmetros Físicos de Análise das Mudas	25
3.4.2. Legislação e Reúso de Efluentes	26
3.4.3. Importância dos Parâmetros de Análise de Efluentes	28
3.4.3.1. pH.....	28
3.4.3.2. Temperatura	28
3.4.3.3. Ssd (Sólidos Sedimentáveis) e SST (Sólidos Suspensos Totais).....	28
3.4.3.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	29
3.4.3.5. Turbidez	29
3.4.3.6. Coliformes Termotolerantes	29
3.4.3.7. Razão de Adsorção de Sódio (RAS).....	29
3.4.3.8. Boro	29
4.Material e Métodos.....	30
4.1. Estação de Tratamento de Efluentes e Plano de Monitoramento	30
4.2. Caracterização do Viveiro.....	34
4.3. Análise Estatística.....	39
5.Resultados.....	40
5.1. Caracterização Inicial do Projeto	40
5.2. Avaliação do Experimento.....	41
5.2.1. Água e Efluentes	41
5.2.2. Solo.....	45
5.2.3. Irrigação	50
5.2.4. Espécies Florestais	51

5.3.	Análise Estatística.....	53
5.3.1.	Efluentes.....	53
5.3.2.	Espécies Florestais	55
6.	Conclusão	61
7.	Referências Bibliográficas.....	62
8.	Apêndices	78
8.1.	Apêndice 1	78
8.2.	Apêndice 2	79
8.3.	Apêndice 3	82
8.4.	Apêndice 4	83
8.5.	Apêndice 5	84
8.6.	Apêndice 6	85

1. Introdução

Segundo o Conselho Nacional de Meio ambiente (CONAMA), conforme a resolução 430/2011, esgoto sanitário é a denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais e águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos. Logo, conforme a Lei 14.026/21 – Novo Marco do Saneamento Básico -, uma das vertentes do saneamento básico é a coleta e tratamento desses efluentes.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o atendimento apenas nas áreas urbanas, desconsiderando áreas rurais, das cidades brasileiras quanto a redes coletoras de esgoto é de 61,9%. Já em relação ao tratamento de efluentes daqueles que possuem rede coletora chega a 78,5%. Quando se compara apenas com os esgotos gerados e tratados em todas as áreas (urbanas e rurais), a estatística é bem menor, chegando a um índice de 49,1% (SNIS, 2019).

Na implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) os componentes ambiental, social e econômico relacionam-se. Do ponto de vista social é a forma de prevenir, controlar e erradicar doenças de veiculação hídrica, do ponto de vista ambiental melhoria da qualidade ambiental dos corpos hídricos e por fim no contexto econômico pode-se destacar o aumento da expansão industrial em áreas que possuam infraestrutura de saneamento como componente para instalação de novas indústrias.

O Brasil apesar de ser um dos países mais ricos em água doce do Mundo (12%), a contaminação dos cursos de água, os usos múltiplos e a falta de gestão contribuem para a poluição (PAULINO; TEIXEIRA, 2012). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), dos 2.082,7 m³/s retirados dos corpos hídricos, cerca de 52% são destinados para irrigação, 23,8% para abastecimento público e 9,1% para indústria. Neste sentido, a reutilização dos esgotos domésticos tratados torna-se uma opção viável como forma de disponibilizar água de qualidade inferior para produção agrícola e/ou florestal.

A aplicação de esgoto doméstico tratado em culturas agrícolas anuais e nas espécies florestais podem contribuir para o aumento da produtividade agrícola das culturas e no aumento das matérias-primas das indústrias de madeira, farmacêutica, alimentícia e cosmética (SENAR, 2018).

Conforme a Política Nacional de Meio Ambiente – Lei 6.938/81 -, a degradação ambiental pode ser entendida como uma alteração adversa da qualidade do meio ambiente. Com isso, o desmatamento é um dos principais impactos nas espécies florestais. De acordo

com dados do sistema Deter do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre agosto de 2019 e julho de 2020, ocorreu um aumento de 34,5% quanto ao desmatamento na Amazônia. Segundo a Embrapa (2004), 98,8% das áreas degradadas estão ligadas às atividades de produção e extrativismo.

Diante disso, o reúso de efluentes, seja doméstico ou industrial, desde de que atendido aos limites de toxicidade das espécies florestais e do solo, torna-se uma opção viável. Desse modo, objetiva-se avaliar o tratamento de esgoto sanitário oriundo de um residencial em sistema biológico de membranas nanocerâmicas denominado BioGill para fins de reúso florestal.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

- Analisar o tratamento de esgoto sanitário oriundo de um residencial em um sistema biológico de membranas nanocerâmicas para fins de reúso florestal.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluentes com base na resolução federal de descarte de efluentes - CONAMA nº 430/11 e normas de reúso - ABNT – NBR 13.969/1997, PROSAB (2007), COEMA nº 2/2017 e SES/SMA/SSRH nº 1/2017;
- Avaliar o solo com base em análises físico-químicas: pré e pós fertirrigação;
- Analisar o desenvolvimento dos parâmetros agrônômicos (altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas) da espécie florestal ipê roxo e aroeira do sertão mediante aplicação do efluente tratado e água potável através da análise de variância e teste de tukey.

3. Revisão da Literatura

3.1.Saneamento Básico – Esgotamento Sanitário

Segundo a Lei 14.026/20 (Novo Marco do Saneamento Básico), o saneamento consiste em um grupo de serviços e infraestruturas operacionais compostas de quatro vertentes: abastecimento de água potável, drenagem de águas pluviais, limpeza e manejo de resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Ainda, a Lei afirma que esses serviços devem ser fornecidos com padrões de qualidade, regulação tarifária e metas de universalização. Contudo, o fornecimento desses serviços no Brasil está longe de ser alcançado em sua totalidade.

De acordo com Freitas *et al* (2014), a expansão do saneamento básico traz os seguintes benefícios: queda no número de internações gerando uma economia de R\$ 27,3 milhões; redução de 15,5% na mortalidade por infecções gastrointestinais; ganho na massa salarial, resultando em crescimento na folha de pagamentos de R\$ 105,5 bilhões anuais; valorização dos Imóveis em torno de R\$ 178,3 bilhões e elevação do número de trabalhadores no setor de turismo, gerando R\$ 7,2 bilhões/ano em salários.

Com base nisto, existem diversos motivos para a aceleração do setor sanitário, contudo, existe um setor que dificulta o seu crescimento: o esgotamento sanitário. O Novo Marco Legal do Saneamento (2020) conceitua-o como uma atividade de infraestruturas e instalações operacionais destinadas a recepcionar, transportar, tratar e dispor adequadamente os esgotos domésticos. Conforme Jordão (2005), as águas residuárias são despejos de determinados usos da água, seja industrial ou doméstico.

Os esgotos domésticos provêm principalmente das residências, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (JORDÃO, 2005, p. 37). Logo, esses despejos devem ser tratados em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), esta que de acordo com Nunes (2010, p.41) são processos artificiais de depuração, remoção de poluentes e adequação dos parâmetros referente ao descarte, de modo a torná-la própria para o lançamento e disposição final. Avijt (2018) menciona que os contaminantes presentes nas estações devem ser removidos antes do descarte pois representam ameaças ao meio ambiente e ao homem conforme a figura 1.

Figura 1 – Diferentes fontes de poluições nos rios urbanos

Fonte: Adaptado de Maracaja *et al*, 2017.

Todavia, os índices de coleta e tratamento de efluentes no Brasil são baixos. O Sistema Nacional de Informações sobre o saneamento (SNIS) em seu relatório de 2019, estimou que cerca de 61,9% dos despejos possuem rede coletora e desses cerca de 78,5% são tratados. Porém, o índice chega a ser menor quando se analisa apenas os esgotos que são gerados, apenas 49,1% são tratados. Vale ressaltar que os piores índices de esgotamento sanitário se encontram na região norte e nordeste do país como elencados na tabela 1.

Tabela 1 – Percentual de acesso a coleta e tratamento de esgoto no Brasil

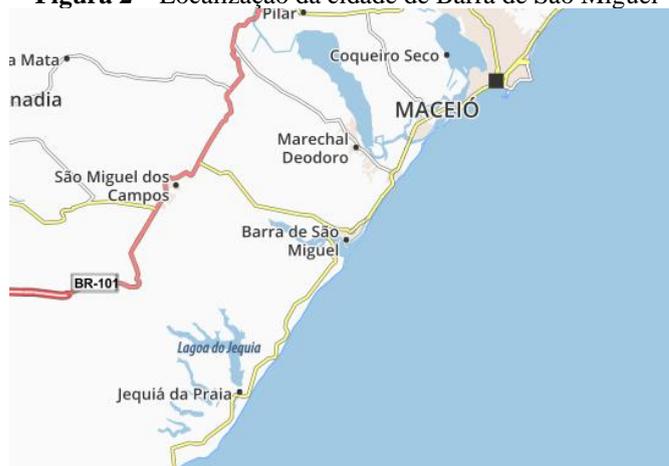
Região	Coleta de Esgotos (%)		Tratamento de Esgoto (%)	
	Total	Urbano	Gerados	Coletados
Norte	12,3	15,8	22,0	82,8
Nordeste	28,3	36,7	33,7	82,7
Sudeste	79,5	83,7	55,5	73,4
Sul	46,3	53,1	47,0	94,6
Centro-Oeste	57,7	63,6	56,8	93,2
Brasil	54,1	61,9	49,1	78,5

Fonte: SNIS, 2019.

3.1.1. Esgotamento Sanitário na Barra de São Miguel

A cidade de Barra de São Miguel (figura 2) apresenta uma população estimada de 8.434 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). Além disto, a cidade apresenta apenas 52,7% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Ademais, Barra de São Miguel é considerada um dos maiores balneários de Alagoas.

Figura 2 – Localização da cidade de Barra de São Miguel



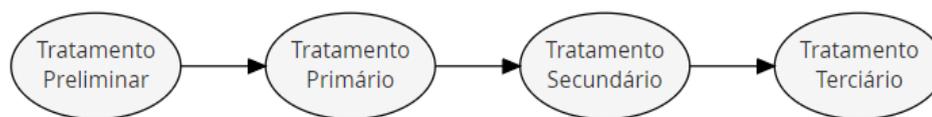
Fonte: Google Earth, 2021.

A cidade apresenta como principais atividades econômicas a pesca, comércio e o turismo (CPRM, 2005). Vale ressaltar que o clima do município é preponderantemente tropical, segundo a classificação de Köppen, com uma estação chuvosa e quente no verão e seca no inverno e temperaturas médias de 26°C (LIMA, 1965). Ademais, o município apresenta precipitação média anual de 1050 mm, sendo os meses mais recorrentes de chuvas entre maio a agosto.

Apesar da cidade ser bastante evoluída economicamente, não possui sistema público de esgotamento sanitário. Segundo o IBGE (2010), o esgotamento sanitário adequado da cidade encontra-se calcado em: 78% dos esgotos vão para tanques sépticos e 22% vão para a rede de água pluvial, que por fim atingem os oceanos do município. Na zona rural, os habitantes utilizam fossas negras ou em sua maioria, lançam os esgotos a céu aberto.

3.2. Estação de Tratamento de Efluentes

Para a remoção dos contaminantes oriundos dos efluentes, as ETEs devem ser viabilizadas pois elas devolvem as águas residuárias tratadas aos corpos hídricos, minimizando os impactos ambientais, como a eutrofização e o assoreamento. Conforme Jordão (2005, p. 93), uma ETE consiste em realizar processos unitários para a remoção de substâncias indesejáveis, sejam elas físicas, químicas ou biológicas. Esses processos unitários, geralmente, são divididos em quatro etapas – figura 3.

Figura 3 – Etapas do tratamento de esgoto

Fonte: Autor, 2021.

O tratamento preliminar e primário consistem na realização de processos, normalmente, físicos que atuam na remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis e sólidos flutuantes (JORDÃO, 2005). Entre as unidades que se destacam nessas etapas estão: gradeamento, peneiramento e decantadores (CRESPILHO *et al*, 2004). Von Sperling (2005) afirma que esses sólidos podem ocasionar danificações nas bombas, obstruções nas tubulações e até mesmo assoreamento nos corpos hídricos senão forem removidos.

O tratamento secundário ou também denominado biológico realiza a remoção de material orgânico e nutrientes presentes nos efluentes através da ação de microrganismos. Essa remoção é físico-química (JUNIOR; LIPPEL, 2013). Ela pode ocorrer de maneira aeróbia, no qual os poluentes biodegradáveis são reduzidos a CO₂ através de um processo oxidativo, enquanto a fase anaeróbia – mais complexa – ocorre sem a presença de O₂ e por vias fermentativas, gerando ácidos, CO₂ e CH₄ (JUNIOR; LIPPEL, 2013).

Já o tratamento terciário consiste em uma adequação final aos padrões de descarte das legislações ambientais e até mesmo de reúso através de processos de filtração e cloração. De acordo com Verlicchi (2010) essa etapa tem o intuito de melhorar a qualidade da água residuária, reduzindo as concentrações dos principais poluentes aos níveis necessários para o retorno ao corpo hídrico. As eficiências em cada etapa de tratamento são demonstradas na tabela 2.

Tabela 2 - Graus de tratamento e suas eficiências

Nível de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)		
	DBO	Sólidos em Suspensão	Bactérias
Preliminar	5-10	5-20	10-20
Primário	25-50	40-70	25-75
Secundário	80-95	65-95	70-99
Terciário	40-99	80-99	Até 99,9

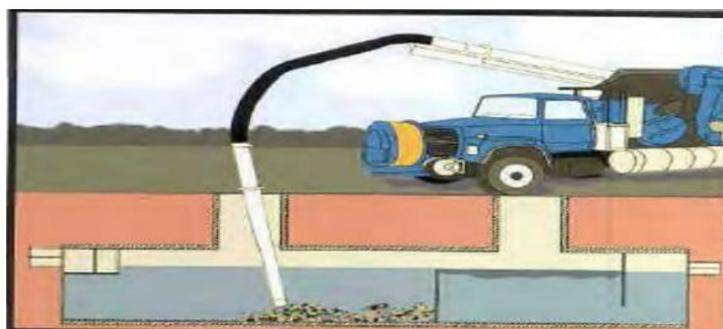
Fonte: Telles, 2007.

3.2.1. Unidade de Qualidade de Água

Devido à grande complexidade no tratamento de efluentes, novas tecnologias devem ser desenvolvidas para a remoção dos contaminantes. Estas estão sendo construídas, geralmente, de maneira modular e são feitas de metais ou plásticos (GOGINA, 2018). Além disso, o foco na sociedade moderna está em produzir tecnologias capazes de tratar uma água com uma melhor qualidade devido ao esgotamento dos recursos (CHUNG *et al*, 2012).

Entre a tecnologia que foi adotada a nível preliminar e primário, está a Unidade de Qualidade de Água (UQA). Basicamente, são tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) capazes de gerir grandes quantidades de despejos, removendo sedimentos e hidrocarbonetos. Possuem estruturas leves e duráveis, além de uma rápida instalação e fácil manutenção (TIGRE, 2015). A UQA possui eficiências em torno de 80% de sólidos suspensos totais, 80% de óleos e gorduras, 74% de sólidos grosseiros, 72% de metais pesados e mais de 43% de fósforo total (TIGRE, 2015). As figuras 4 e 5 demonstram o esquema de recepção das águas residuárias e a UQA.

Figura 4 – Esquema de recepção dos efluentes dos caminhões limpa-fossa



Fonte: Tigre, 2015.

Figura 5 – UQA.



Fonte: Tigre, 2015.

3.3. Tratamento Biológico de Efluentes

Uma das principais etapas no tratamento de águas residuárias é o processo biológico. Esta etapa consiste na utilização de microrganismos, preponderantemente as bactérias que compõe 95% da biomassa responsável pela degradação do material orgânico e dos nutrientes. Os demais 5% são composto por protozoários, rotíferos, algas, fungos e anelídeos (NSFC, 2003; JUNIOR; LIPPEL, 2013).

O nível secundário do tratamento de efluentes tem como objetivo primordial a degradação do material orgânico. Conforme Nunes (2010), os microrganismos irão decompor o material a produtos mineralizados. Sua importância está em minimizar este para que não ocorra uma grande diminuição do oxigênio dissolvido no corpo hídrico.

Existem dois processos responsáveis pela degradação: aeróbio e anaeróbio. O processo aeróbio utiliza-se de oxigênio (O_2) como acceptor final de elétrons oxidando a matéria orgânica a gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Segundo Junior e Lippel (2013), este processo possui um maior rendimento de energia (ATP), o que permite uma maior quantidade de energia para a multiplicação bacteriana.

Já o processo anaeróbio é caracterizado por uma maior complexidade. Nesta fase, os microrganismos na ausência de O_2 conseguem degradar o material orgânico por vias fermentativas a CO_2 , acetatos, metanol e principalmente a metano (CH_4). De acordo com Junior (2013), por conta do baixo potencial de energia nas reações metabólicas, o crescimento microbiano é significativamente menor.

Apesar do processo biológico possuir foco na remoção do material orgânico, os reatores que começaram a ser desenvolvidos passaram a possuir o foco também na remoção de nutrientes, principalmente nitrogênio. Isto passou a ser importante pois os efluentes domésticos apresentam altas contribuições de nitrogênio amoniacal em torno de 10 a 60 mg/L, os quais senão removidos ocasionam o processo de eutrofização (JORDÃO, 2005; JUNIOR; LIPPEL, 2013).

A remoção do nitrogênio ocorre principalmente em duas etapas: nitrificação e desnitrificação. A nitrificação, geralmente por ação de dois microrganismos (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, respectivamente) oxidam amônia (NH_3) a nitrito (NO_2) e de NO_2 a nitrato (NO_3). Posteriormente, as bactérias denominadas de *Pseudomonas* por via anóxica oxidam NO_3 a $N_{2(gasoso)}$. Estas bactérias utilizam carbono orgânico como doador de elétrons, logo uma fonte de carbono externa é necessária para que ocorra a desnitrificação (TONETTI *et al*, 2013).

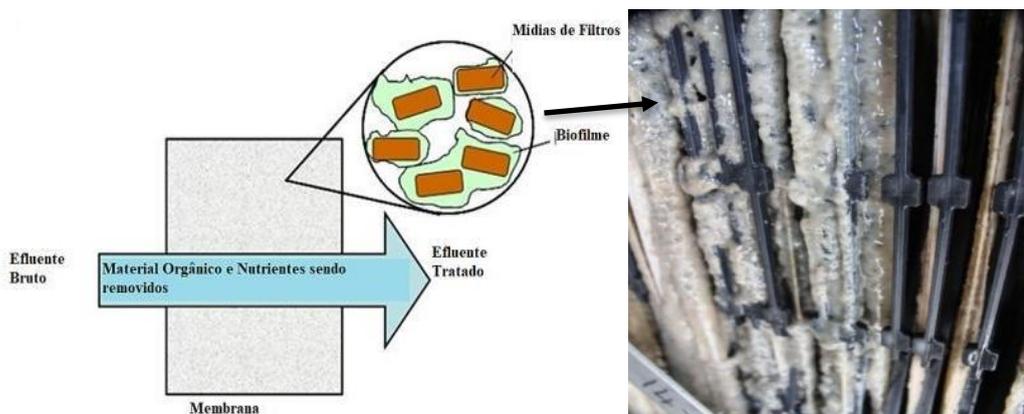
3.3.1. Reator Biológico: BioGill

De acordo com Jabbour (2010), as tecnologias ambientais podem ser definidas como a junção entre técnicas de designer, equipamentos e procedimentos operacionais que buscam minimizar os impactos ambientais.

Uma dessas tecnologias ambientais é o reator BioGill. O reator foi desenvolvido pelo setor de ciência e tecnologia nuclear da Austrália (ANSTO) em meados de 2009 a partir de nanotecnologia. O reator é uma solução ambiental aplicada a nível secundário e/ou terciário para o tratamento de efluentes (BIOGILL, 2017).

O reator possui membranas nanocerâmicas verticais não pressurizadas e não submersíveis que fornecem locais adequados para o crescimento de bactérias e demais microrganismos através de um biofilme mobilizado sobre a membrana (BIOGILL, 2015). Conforme Sehar e Naz (2016), o biofilme é um conjunto de células microbianas aderidas por meio de substâncias poliméricas extracelulares (EPS) associados a uma superfície. A figura 6 salienta o funcionamento do biofilme, bem como o filme desenvolvido sobre a membrana.

Figura 6 – Processo de formação do biofilme fixo



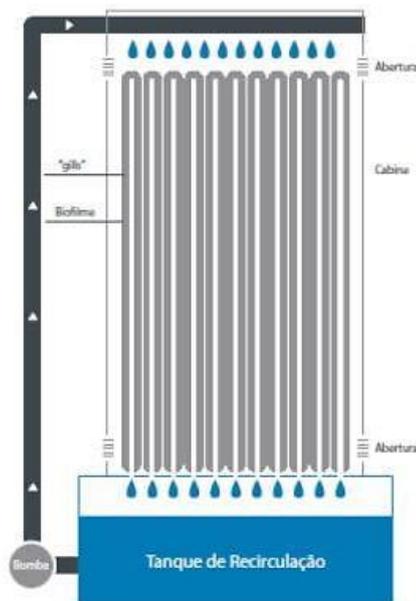
Fonte: Adaptado de Ikuma, 2013; BioGill, 2015.

A tecnologia é capaz de remover através do seu biofilme fixo e de maneira eficaz DBO, DQO, óleos e gorduras, amônia e nitrogênio total, resultando em um efluente tratado com elevada qualidade (BIOGILL, 2015). O funcionamento da tecnologia é simples: o efluente bruto ao passar pelas etapa preliminar e primário, este é bombeado para o topo do reator a uma vazão de recirculação de 6 a 12 m³/h e é aspergido sobre as membranas através dos distribuidores. O efluente que flui sobre as membranas proporciona o desenvolvimento de três fases: aeróbia – sem aeração devido a criação de um fluxo convectivo gerado pela atividade microbiana -, anaeróbia e anóxica, proporcionando a remoção dos contaminantes.

As membranas por serem hidrofílicas permitem a criação de zonas de difusividade,

permitindo o desenvolvimento da comunidade microbiana em ambos os lados das membranas. Além disso, a tecnologia trabalha com o princípio de recirculação das águas residuárias, aumentando o tempo de contato do esgoto sobre o material biológico. A figura 7 demonstra o funcionamento do reator.

Figura 7 – Esquema de funcionamento do reator



Fonte: BioGill, 2015.

Ademais, a tecnologia é capaz de ter eficiências de remoção de DBO e DQO acima de 90%, nutrientes e óleos e gorduras acima de 80%, bem como suporta cargas de choques, apresenta baixa geração de lodo, é um sistema compacto e modular e acima de tudo com baixo custo operacional e de manutenção, principalmente ao fato de não usar sistemas de aeração e não necessitar de mão de obra altamente qualificada. A figura 8 mostram reatores instalados no Brasil.

Figura 8 – Unidades do reator no estado de Alagoas.

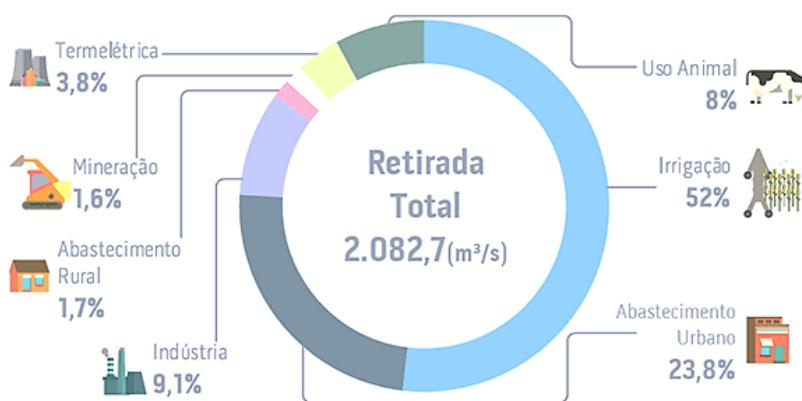


Fonte: Autor, 2022.

3.4. Reúso de efluentes: Uma prática sustentável

A água é um recurso natural, limitado e escasso, apesar de sua reciclagem através do ciclo hidrológico. De acordo com Organização Mundial de Meteorologia - OMM (2015), em uma escala global: 97,5% do volume total de água é salino e 2,5% é doce. Um dos países com enorme privilégio em termos de água doce do Mundo é o Brasil, cerca de 12%, entretanto o crescimento populacional, a má distribuição de água no país, a péssima qualidade de água e principalmente os usos múltiplos, com destaque para a irrigação - figura 9 -, aceleram o processo de escassez.

Figura 9 – Usos múltiplos de água no Brasil



Fonte: ANA, 2019.

A escassez significa um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água, atrelados a desequilíbrios nos ecossistemas naturais, artificiais e na qualidade de água (MAZZOLENIS, 2021, p.82). De acordo a Instituição de Recursos Mundial - WRI (2015), o ano de 2040 será considerado o ano de escassez de água para mais de 3,5 bilhões de pessoas no mundo, gerando uma crise em mais de 167 nações. Ainda, o Fórum Econômico Mundial (2019) trouxe a crise hídrica como um risco global de número 4 em termos de impacto a sociedade.

Conforme o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (2005) em sua resolução de nº 54, o reúso pode ser entendido como o uso da água residuária dentro dos padrões exigidos, variando conforme o tipo de modalidade a ser utilizada. Sun *et al* (2011) define como um processo de uso de águas residuárias tratadas para fins benéficos, como: irrigação agrícola e paisagística, processos industriais como em caldeiras e torres de resfriamento, recreação e urbano (descarga em vasos sanitários, lavagem de ruas e até mesmo sistemas de incêndios).

O reúso ainda pode ser classificado em: indireto planejado (os efluentes são tratados e posteriormente descarregados de maneira planejada à jusante do manancial), indireto não planejado (o efluente é descartado novamente à jusante de maneira não intencional e não controlada) e direto planejado (o esgoto tratado é reutilizado diretamente no local de utilização,

sem descarte ou diluição) (SANTOS; MANCUSO, 2003; CNRH, 2005).

Segundo Guidolin (2006), Dawoud (2012) e Saurí, (2019), entre as vantagens do reúso estão: alívio da demanda e preservação da oferta de água para usos múltiplos, minimização dos impactos ambientais provocados pelo descarte, redução dos custos com energia elétrica e água devido ao uso eficiente. Em contrapartida, os mesmos salientam os altos custos de implementação de tecnologias de reaproveitamento, presença de patógenos que causam riscos à saúde dos trabalhadores e presença de certas substâncias tóxicas no efluente.

3.4.1. Reúso na Silvicultura

Com a crescente população mundial e o aumento nos padrões de consumo, diversas atividades principalmente a agricultura e a indústria retiram milhões de litros de água dos corpos hídricos. Na Índia, mais de 760 bilhões de metros cúbicos/ano foram retirados de corpos de água doce (RITCHIE; ROSER, 2017). Gleick (2014) menciona que globalmente mais de 70% de água doce do mundo são retirados para a agricultura. No Brasil, de acordo com a figura 10, um dos principais usos múltiplos de água é a irrigação com cerca de 52%, isto é, cerca de 1.083 m³/s são retirados dos corpos hídricos (ANA, 2019).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação (FAO) menciona que o país está entre os dez maiores do mundo com área equipada para irrigação. Segundo a ANA (2012), o Brasil possui uma área total irrigada de cerca de 5,8 milhões de hectares. Entretanto, essa área irrigada utiliza água retirada dos corpos hídricos e como uma forma de minimizar a pressão nos mesmos, o reúso de efluente para a irrigação deve ser viabilizado. Uma dessas atividades que possuem viabilidade é quanto a produção de mudas.

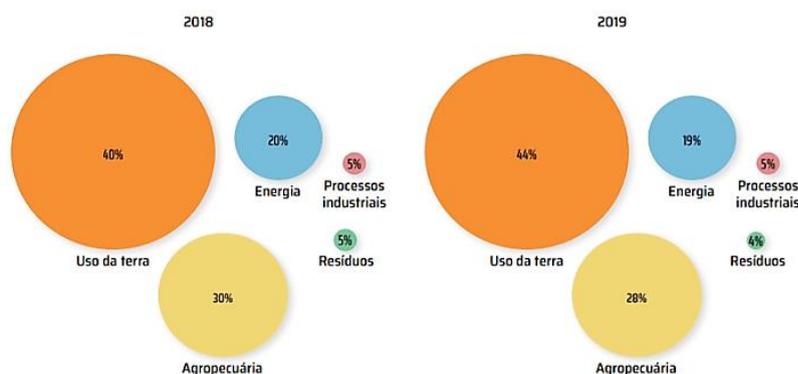
A Lei 10.711/03 – que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas -, define esta como sendo: “material de propagação vegetal de qualquer gênero que tenha finalidade específica de plantio”. Uma dessas finalidades é o reflorestamento. Apesar da atividade estar em ascensão, Juvenal e Matos (2002) afirmam que o reflorestamento de áreas degradadas é lento ou praticamente inexistente no país.

Enquanto isso, o desmatamento ocorre de maneira acelerada devido principalmente aos incêndios, uso comercial e industrial, agronegócio e até mesmo fenômenos naturais, uma tendência que continuará devido ao crescimento populacional (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). Ramankutty e Foley (1999) estimaram que a cobertura florestal diminuiu em um terço na China, Oriente Médio e Estados Unidos nos últimos 300 anos. Castro (2005) afirma que a atividade no Brasil já ocasionou extinção de diversas espécies florestais. Na Amazônia, maior ecossistema e floresta tropical do mundo, o desmatamento chegou a aproximadamente 10.000 km² (INPE, 2019).

A prática do desmatamento contribui de maneira negativa ao ciclo hidrológico – alterando o regime de umidade e conseqüentemente a diminuição de chuvas e a perda de produtividade agrícola –, biodiversidade – devido a mortandade de fauna e flora da região e ao endemismo, que ocorre quando espécies locais se reproduzem em regiões diferentes –, e principalmente ao clima – reduzindo a capacidade de absorção de dióxido de carbono (LAURANCE *et al*, 2000; LEWIS, 2005; MEYFROIDT; LAMBIN, 2011; SANTOS, 2017).

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás de efeito estufa oriundo principalmente da queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, que quando acumulado na atmosfera provoca o aumento da temperatura da Terra (aquecimento global). Em média, uma pessoa em um país industrializado emite cerca de 5.000 kg/ano de CO₂ (BAIRD, 2002). A grande problemática é que uma quantidade significativa de CO₂ é acrescentada à atmosfera quando as florestas são devastadas contribuindo com cerca de um quarto das emissões anuais (BAIRD, 2002, p. 206). Isto se deve principalmente a diminuição da capacidade fotossintética. Albuquerque (2020) menciona que o Brasil ocupa a 6ª posição em termos de emissões de gases de efeito estufa, com média de 10,4 toneladas brutas de CO₂ por brasileiro, tendo uma média de emissão maior que a média mundial (9,7 toneladas). A figura 10 mostra as atividades que emitem mais CO₂ no país.

Figura 10 – Emissões de gases de efeito estufa entre 2018 e 2019 no Brasil



Fonte: Albuquerque, 2020.

Portanto, a produção de mudas deve ser promovida como uma estratégia de redução dos impactos ambientais. Esta atividade é promissora quanto a captura de CO₂ (FARGIONE *et al*, 2018; DOMKE *et al*, 2020). Estima-se que cerca de 6 toneladas/hectares por ano de CO₂ sejam sequestrados devido ao reflorestamento (KENDALL; MCPHERSON, 2012; ZHANG *et al*, 2020). Além disto, a atividade pode aumentar a estabilidade de estoque de carbono no solo, aumentar a mineralização de micro e macronutrientes no solo, elevar a infiltração de água no solo e melhorar a qualidade de água (WARING; RUNNING, 1998; TUTEJA *et al*, 2003 CHEN *et al*, 2008; SCHMIDT *et al*, 2011).

Logo, a produção de mudas para reflorestamento a partir de águas residuárias tratadas pode acelerar o desenvolvimento das plantas e facilitar esse processo devido a presença de micro e macronutrientes no esgoto, além de minimizar os impactos ambientais provocados pelo acúmulo de CO₂ na atmosfera. Esse reúso é uma alternativa promissora por não envolver alimentos para o consumo humano e nem riscos à saúde, além de reduzir o elevado consumo de água em programas de reflorestamento (CROMER, 1980 *apud* ARNALDO *et al*, 2007; ARAÚJO, 2007). Diversos autores já obtiveram grandes resultados de crescimento com mudas irrigadas por efluentes, como Alrababah *et al* (2008), Jacineumo *et al* (2013), Silva *et al* (2015), Brito *et al* (2018), Rebouças *et al* (2018), Lambais *et al* (2019), Amaral *et al* (2019) e Andrade *et al* (2020).

Uma das mudas bastante produzidas, principalmente para fins de reflorestamento na região Nordeste do Brasil é o ipê roxo (figura 11). A espécie pode chegar a uma altura de 30 metros e diâmetro do tronco medindo de 60 a 80 centímetros, além de ser encontrada em matas ciliares, biomas como mata atlântica, caatinga, cerrado e pantanal. Sua madeira é pesada, dura e resistente a pragas e apodrecimento, logo muito utilizada na construção civil e em acabamento de móveis. Além disso, os ipês por serem uma espécie heliófila, isto é, necessitam de luz solar intensa para sobreviver, a mesma torna-se ideal na revitalização de parques, áreas degradadas, calçadas (GENTRY, 1992; SCHNEIDER; FINGER, 2000; SCHULZE *et al*, 2008; CNCFLORA, 2012; MAIA-SILVA *et al*, 2012 IBF, 2020).

Figura 11 – Ipê roxo em fase adulta



Fonte: IBF, 2020.

Outra muda bastante utilizada para fins de reflorestamento é a aroeira do sertão (figura 12). Sua espécie estende-se desde o Nordeste até o Centro-Oeste do Brasil e também é considerada heliófila. Assim como o ipê roxo, a espécie pode atingir uma altura de 30 metros e pode ser encontrada em regiões secas e abertas até formações mais úmidas e fechadas, como caatinga e cerrado. Sua madeira também é dura e resistente a pragas e ao apodrecimento,

contudo seu maior uso é o medicinal, sendo extraído um óleo que é eficaz no tratamento fraturas e feridas expostas (RIZZINI, 1971; SIMON; SCHUSTER, 1990; SANTIN; LEITÃO, 1991; LORENZI, 1992; PAES; MORAES; LIMA et al, 2009).

Figura 12 – Aroeira do Sertão em fase adulta



Fonte: CNPI, 2010.

3.4.1.1.Importância do Solo para o Desenvolvimento das Mudanças

O solo pode ser definido como uma mistura de materiais inorgânicos e orgânicos, formados a partir do intemperismo na superfície terrestre (HUNT, 1972). O solo apresenta três fases: gasosa (ar), líquida (água) e sólida (material orgânico e mineral), sendo esta ocupante de cerca de 50%, em média, do total em volume de um solo (FABRIZ, 2012).

O solo é constituído de macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são elementos que a planta necessita em elevada quantidade, enquanto os micronutrientes são aqueles que precisam em menor quantidade. Entre os exemplos de macronutrientes: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo. Enquanto os micronutrientes para as plantas: boro, cloro, cobre, ferro, zinco e mangânes. Ambos são importantes para o desenvolvimento das plantas (BATISTA *et al*, 2018).

De acordo com Oliveira (2015), o solo é considerado a base para o desenvolvimento das plantas. Sendo que para o crescimento saudável do solo, torna-se necessário uma presença desses nutrientes e material orgânico no solo, principalmente quando se trata da germinação das sementes, que na maioria das vezes é influenciada pelos diferentes tipos de solo.

O solo tem sua importância fundamental para o desenvolvimento das mudas devido ao fornecimento de nutrientes essenciais às plantas, capacidade de filtração da água, atua como tampão atenuando a ação de contaminantes, ajuda a regular a temperatura e as emissões de gases de efeito estufa (EMBRAPA, 2020). O quadro 1 apresenta os principais parâmetros e sua respectiva importância no solo.

Quadro 1 – Principais Parâmetros de Análise do Desenvolvimento das Plantas

Parâmetro	Descrição
Saturação por Bases	A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus, representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{+3} . É um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo (RONQUIM, 2010).
pH	Fornece subsídios das condições químicas do solo. Geralmente, solos com acidez elevada são pobres em bases como cálcio e magnésio, elevado teor de alumínio e deficiência em micronutrientes. É um indicador da situação biológica e físico-química do solo (RONQUIM, 2010).
Material Orgânico	O material orgânico é considerado um condicionador biofísico do solo que recupera sua porosidade. Um solo rico em material orgânico apresentará CTC mais elevada. A formação de ácidos húmicos também influencia, visto que são responsáveis por facilitar a entrada de água e ar no solo (RONQUIM, 2010).
Fósforo	Desempenha função importante na formação de ATP (Trifosfato de Adenosina), sendo a principal fonte de energia para a realização de processos como a fotossíntese, divisão celular e transporte de assimilados, sendo fornecido no solo por meio da forma H_2PO^{-4} (MAIS SOJA, 2020).
Potássio	Responsável pelo balanço iônico nas células vegetais, além de está envolvido em um grande número de reações na forma de catalisador e controle osmótico dos estômatos (KINPARA, 2003).
Ferro	Micronutriente essencial para as plantas, pois auxilia na fotossíntese, respiração, fixação de nitrogênio e síntese de DNA. Concentrações elevadas podem gerar toxicidade e bronzeamento das folhas (SAHRAWAT, 2004).
Cálcio	Macronutriente responsável pelo crescimento e desenvolvimento vegetal, exercendo funções de regulação metabólica e atuando na estrutura celular (MAIS SOJA, 2021).
Sódio	Importante para as análises de soma de bases e CTC. O excesso de sódio pode provocar a salinização do solo, podendo levar a um processo de sodificação, gerando problemas como menor disponibilidade de nutrientes, de água no solo e aumento de resistência do crescimento das raízes (LABORSOLO, 2016).

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 1 (continuação) – Principais Parâmetros de Análise do Desenvolvimento das Plantas

Magnésio	Fundamental para incorporação e desenvolvimento das células no metabolismo vegetal, como atividade fotossintética e auxilia também, nos mecanismos de defesa das plantas em condições de estresse abiótico (DE CASTRO, 2020).
Alumínio	Considerado a substância mais prejudicial no desenvolvimento das plantas. Se adsorvido em forma de Al^{+3} , pode alterar a fisiologia e morfologia da planta cultivada (RONQUIM, 2010).
Zinco	Micronutriente que auxília na síntese e conservação de hormônios vegetais envolvidos no crescimento das plantas. Atua também na regulação e estabilização da estrutura protéica (LABORSOLO, 2013).
Cobre	Micronutriente catiônico. Possui funções de ativador de enzimas, auxilia na fixação de nitrogênio, auxilia na resistência a doenças e pode impactar a fotossíntese (LABORSOLO, 2013).
Mangânes	Segundo micronutriente mais abundante em solos tropicais. Desempenha papel importante em processos de fotossíntese, respiração e eliminação de espécies reativas de oxigênio (ALEJANDRO et al, 2020).
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	Representa no solo, a quantidade de cátions retidos à superfície em condição permutável (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , H^{+} e Al^{+3}), sendo fundamental para verificar a capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade (RONQUIM, 2010).

Fonte: Autor, 2023.

3.4.1.2. Parâmetros Físicos de Análise das Mudanças

As mudas ao serem produzidas nos viveiros necessitam de acompanhamentos de acordo com alguns parâmetros físicos, químicos ou biológicos. A Lei 10.711/03 define a análise da muda como sendo um conjunto de procedimentos técnicos utilizados para avaliação da identidade da muda. Gomes *et al* (2002) afirma que aquelas necessitam de características específicas e manejo adequado para plantio em grandes florestas, uma vez que se torna importante que as mesmas adquiram uma resistência quanto as condições adversas do meio ambiente. Entretanto, ainda não se existe uma definição clara dos padrões de qualidade das mudas, já que as condições variam conforme espécie, tipo de viveiro, transporte e forma de plantio (CARNEIRO, 1995).

Uma das maneiras mais utilizadas para avaliação das qualidades das mudas é quanto ao seu aspecto morfofisiológico, que indica como se dar a formação das estruturas internas e externas das plantas a partir de uma análise física ou visual (GOMES *et al*, 2002; CORTEZ, 2016). Entre os principais parâmetros utilizados estão: altura de desenvolvimento da planta, diâmetro do colo e número de folhas. De acordo com Gomes et al (2002) e Bomfim (2007), esses parâmetros configuram-se como sendo os melhores para estimar o crescimento da muda pois podem ser medidos e visualizados em campo.

A altura da planta é determinada por meio de uma régua graduada a partir do nível do substrato até a última folha, a qual demonstra a rusticidade de uma muda, isto é, a muda é submetida a condições reduzidas de oferta de água e nutrientes causando o endurecimento do caule e das folhas e favorecendo o processo de plantio para as condições do meio (SILVA, 2003). Já o diâmetro do colo é medido por meio de um paquímetro, o qual é calculado a partir do nível do substrato. Cunha *et al* (2005) e Rosa *et al* (2009) afirmam que mudas com diâmetros menores podem ter maior dificuldade de se manterem eretas, ademais indicam um bom parâmetro de sobrevivência da muda pós plantio. O número de folhas é determinado de maneira visual e mensura de maneira direta o desenvolvimento da planta pois é o principal local que ocorre o processo de fotossíntese (HARTMANN *et al*, 2011).

3.4.2. Legislação e Reúso de Efluentes

De acordo com Borges *et al* (2009), legislação ambiental é um conjunto de normas jurídicas que se destinam a disciplinar a atividade humana, para torná-la compatível com a conservação do meio ambiente. Para esta compatibilização, é imprescindível a aplicação do desenvolvimento sustentável nas atividades.

No Brasil, uma das principais legislações ambientais, é a resolução federal do CONAMA nº 430/11, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes. A resolução menciona que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde de que obedeçam aos padrões indicados na tabela 3. Vale ressaltar, que a disposição de efluentes no solo não está sujeita aos parâmetros de lançamento desta resolução. Ademais, legislações estaduais de descarte de efluentes, mais restritivas, têm sido desenvolvidas, contudo o país ainda possui pouco avanço em atender às práticas sustentáveis de reúso de efluente encorajadas pela agenda 2030.

Tabela 3 – Padrão federal de descarte de efluentes sanitários

Parâmetro	Padrão
pH	5-9
Temperatura (°C)	≤40
Sólidos Sedimentáveis – Ssd (mL/L)	≤1
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L)	≤120 ou remoção mínima de 60%

Fonte: Brasil, 2011.

A Organização das Nações Unidas (ONU) criou a agenda 2030 – adotada por 193 países, inclusive o Brasil -, cujo o objetivo é ser um plano de ação para pessoas, para o planeta e para a prosperidade através de metas estabelecidas em 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ONU, 2015, p.1). Uma meta bastante ambiciosa, inclusive pelo Brasil, é a que está elencada no objetivo 6 – água potável e saneamento -, meta 6.3:” até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.” (ONU, 2018). Contudo, o Brasil está longe dessa reciclagem segura de efluentes.

No Brasil não existe nenhuma legislação a nível federal para reúso de efluentes, apenas resoluções que salientam diretrizes e critérios gerais para a prática do reúso, sem definir padrões. Estas duas resoluções elaboradas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) são a de nº 54/2005 e a 121/2010. Viera e Santos (2019) mencionaram que ambas as resoluções necessitam de órgãos competentes para a definição das diretrizes e na prática, as resoluções não apresentam aplicabilidade.

Entretanto, os estados de São Paulo e Ceará começaram a desenvolver suas próprias legislações de reúso decorrente principalmente das situações de crise hídrica que assolaram as regiões. São Paulo desenvolveu a resolução SES/SMA/SSRH nº 1/2017, que disciplina o reúso direto não potável e o Ceará, a COEMA nº 2/2017, que estabelece padrões de reúso para fins urbanos, agrícolas, florestais, industriais e aquicultura. Outras normas que elencam padrões e parâmetros de reúso são: ABNT – NBR 13.969/1997, que além de demonstrar o dimensionamento de tanques sépticos, salienta classes e a qualidade da água de reúso e um documento elaborado pelo Programa de Pesquisa e Saneamento Básico (PROSAB) em 2007 contendo qual a qualidade para a água de reúso. A tabela 4 salienta os padrões de reúso.

Tabela 4 – Normas de reúso para efluente sanitário tratado

Parâmetro	ABNT – NBR 13.969/1997	PROSAB (2007)	COEMA n° 2/2017	SES/SMA/SSRH n° 1/2017
Turbidez (NTU)	<5 ¹	-	-	≤2 ⁷
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	<500 ¹ <5.000 ²	≤1000 ⁴ ≤10000 ³	<1.000 ⁵	0 ⁸ <200 ⁷
Cloro Residual (mg/L)	>0,5 ¹	-	-	<1 ^{7,8}
pH	-	-	6-8,5 ⁵	6-9 ^{7,8}
RAS (mmolL ⁻¹)	-	-	15 ⁵	<3 ⁸ 3-9 ⁷
DBO (mg/L)	-	-	-	≤10 ⁸ ≤30 ⁷
SST (mg/L)	-	-	-	<30 ⁷
Boro (mg/L)	-	-	-	<0,7 ⁸ <2 ⁷

1. Classe 2: Lavagem de Pisos, calçadas, irrigação no jardim, manutenção de lagos e canais paisagísticos;

2. Classe 4: Pomares, forragens, pastagens para gado e outros cultivos por escoamento superficial ou irrigação pontual;

3. Irrigação Restrita: Aspersão em qualquer cultura não ingerida crua, incluindo culturas alimentícias e não alimentícias, como pastagens e arvores;

4. Irrigação em áreas urbanas como parques, canteiro de rodovias e usos ornamentais com acesso restrito ao público;

5. Fins agrícolas e florestais: irrigação para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

6. Restrição Moderada: Irrigação paisagística (parques, jardins, campos de esporte e áreas verdes), lavagem de logradouro, construção civil, desobstrução de galeria pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio;

7. Restrição Severa: Irrigação paisagística (parques, jardins, campos de esporte e áreas verdes, não incluindo usos agrícolas e florestais), lavagem de logradouro, construção civil, desobstrução de galeria pluvial.

3.4.3. Importância dos Parâmetros de Análise de Efluentes

3.4.3.1. pH

O potencial hidrogênionico é definido como um cologaritmo da concentração de hidrogênio, medindo se o meio é ácido, neutro e alcalino, variando de 0 a 14. pH até 6 indicam meio ácido, pH igual a 7 meio neutro e pH acima de 7 indicam meio alcalino. O pH é um parâmetro de extrema importância para controle nas ETEs devido a possibilidade de afetar sabor, odor, corrosividade, eficiência de cloração e oxidação biológica (CAVALCANTI, 2016).

3.4.3.2. Temperatura

A temperatura menciona o grau de agitação das partículas em um meio, sendo que quanto maior a movimentação dessas partículas, maior será a temperatura. É um parâmetro de extrema importância, pois afeta as velocidades das reações químicas e bioquímicas. Ainda, afeta a coexistência de oxigênio na água, sendo que quanto maior a temperatura, menor o teor de oxigênio na água. Influencia também, nas atividades microbianas, sendo uma faixa ideal entre 20 a 40°C – fase mesofílica (CAVALCANTI, 2016).

3.4.3.3. Ssd (Sólidos Sedimentáveis) e SST (Sólidos Suspensos Totais)

Os sólidos representam toda matéria que permanece como resíduo quando a amostra é

submetida a temperatura de 103 a 105°C. O Ssd é a porção dos sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra mantida em repouso em um cone Imhoff (JORDÃO, 2011). Já os SST representa toda amostra de sólido que passou através de um papel de filtro com poro de cerca 1 µm e pode assomar à superfície por gravidade diferencial (CAVALCANTI, 2016).

3.4.3.4.Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para degradar parte do material biológico. Os compostos oxidáveis em presença de nutrientes e microorganismos são oxidados a gás carbônico e água. A DBO é o parâmetro mais utilizado para controle da poluição da água, detectando o efeito do lançamento dos efluentes, visto que com a presença do material orgânico ocorre a depleção do oxigênio para oxidá-lo (CAVALCANTI, 2016).

3.4.3.5.Turbidez

A turbidez é definida como a medida da propriedade de dispersão da radiação, devido a presença de materiais em suspensão (BRAGA *et al*, 2009). Esta variável influencia na ecologia do ambiente aquático e atenua a penetração da luz na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese. A turbidez também reduz a eficiência da cloração (CAVALCANTI, 2016).

3.4.3.6.Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas que colonizam os intestinos humanos e de outros animais de sangue quente (USEPA, 2010). A presença dessas bactérias indica contaminação da água por esgotos domésticos, sendo incluídos nesse grupo a *Escherichia coli*, podendo ocasionar doenças à população.

3.4.3.7.Razão de Adsorção de Sódio (RAS)

Para fins de reúso, o parâmetro de razão de adsorção de sódio (RAS) é um indicador de risco de sódio na água. O excesso de sódio, em relação as concentrações de cálcio e de magnésio, desagrega as partículas do solo e reduz sua permeabilidade à água e ao ar (BRANDÃO; PACHECO, 2014). Pescod (1992) sugere que níveis entre 4 e 9 é moderadamente seguro e abaixo de 4 é seguro.

3.4.3.8.Boro

O boro é um elemento químico tóxico a depender da concentração para a maioria das espécies de plantas, sendo uma importante variável para avaliação da qualidade de reúso para fins florestais. Mesmo em baixas concentrações na água e solo, torna-se prejudicial ao desenvolvimento das plantas (BRANDÃO; PACHECO, 2014). Sousa e Lobato (2002) menciona que valores inferiores a 0,5 mg/L são seguros.

4. Material e Métodos

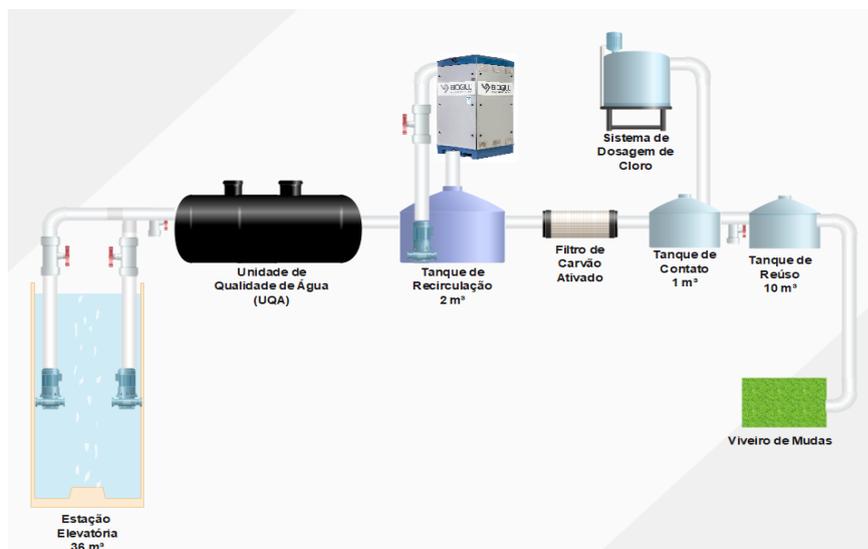
Para analisar todo o projeto que foi implementado na cidade de Barra de São Miguel, algumas variáveis foram levadas em consideração. Entre elas: o projeto da ETE, os parâmetros de caracterização físicos, químicos e biológicos da água de abastecimento público, efluente tratado e do solo e seus respectivos planos de monitoramento e coleta, bem como a construção do viveiro de mudas.

4.1. Estação de Tratamento de Efluentes e Plano de Monitoramento

Primeiramente, para a definição da ETE implementada, foi realizada uma análise in loco do espaço disponível pelo residencial e realizado uma caracterização físico-química do efluente bruto. Para fins de dimensionamento do projeto, foram usadas as seguintes variáveis: vazão de 32 m³/dia, adotando-se um coeficiente de retorno em torno de 80%, consumo per capita de água em torno de 120 L/hab.dia e aproximadamente 334 habitantes. Salienta-se que esses dados foram fornecidos pelo residencial.

Conforme a figura 13, o projeto implementado possuía o seguinte fluxo: estação elevatória, UQA, uma unidade da tecnologia BioGill, filtro de carvão ativado, cloração e tanque de contato. Após o tratamento, o efluente era direcionado para um tanque de reúso e posteriormente era distribuído sobre a unidade de produção de mudas localizada nas coordenadas geográficas: latitude 9°49'42.64"SS e longitude 35°53'34.02"O. Ressalta-se que o projeto foi desenvolvido com recursos privados e que o autor não possuiu acesso detalhado as variáveis de dimensionamento dos equipamentos. As figuras 14, 15 e 16 demonstram o projeto da ETE.

Figura 13 – Fluxograma da ETE



Fonte: Autor, 2023.

Figura 14 – Área da ETE e da produção de mudas



Fonte: Autor, 2023.

Figura 15 – ETE



Fonte: Autor, 2021.

Figura 16 – ETE



Fonte: Autor, 2021.

Após a implementação do projeto e início da operacionalização, foi aguardado um período de 15 dias para o desenvolvimento do biofilme do reator, o qual desenvolveu após este

período, e realizado a caracterização física, química e biológica do solo e da água de abastecimento público em laboratório privado, exceto pH e temperatura que foram realizadas em campo. Salienta-se que foi realizado apenas uma análise de água devido à baixa variabilidade nos parâmetros. Quanto ao efluente, as análises eram realizadas sempre no último dia do mês e em laboratório privado, totalizando quatro análises. As coletas de efluente bruto eram realizadas após estação elevatória e as de efluente tratado após tanque de contato, conforme a figura 13.

O solo foi coletado pela metodologia da Embrapa (2012), que consistiu em coletar cerca de 20 amostras simples de 500 gramas de solo em pontos diferentes a uma profundidade de até 20 cm, a partir disto foi realizado uma coleta de 500 gramas da mistura do solo que foi armazenada em sacola plástica para encaminhamento e análise. Foram realizadas duas análises de solo: antes da irrigação do efluente tratado, com o intuito de identificar as condições iniciais de desenvolvimento das mudas e após o fim do experimento, com o intuito de verificar as condições finais do solo pós fertirrigação. As figuras 18 e 19 demonstram a coleta do solo.

Figura 18 – Coleta e Pesagem do Solo



Fonte: Autor, 2022.

Figura 19 – Mistura do Solo

Fonte: Autor, 2022.

As tabelas 5 e 6 elencam as análises que foram realizadas no período de 4 meses de experimento, bem como os seus quantitativos. Ressalta-se que por uma questão de custos, os parâmetros de análise do efluente bruto foram apenas: DBO, pH, Temperatura e Ssd.

Tabela 5 – Plano de Monitoramento do Efluente Tratado e Água Potável

Parâmetro	Número de Análises (Água)	Número de Análises (Efluente)
DBO	1	4
pH		
Temperatura		
Cálcio		
Magnésio		
Sódio		
Razão de Adsorção de Sódio		
Sólidos Suspensos Totais		
Turbidez		
Coliformes Fecais		
Cloro Residual		
Boro	0	
Sólidos Sedimentáveis		

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 6 – Plano de Monitoramento do Solo

Parâmetro	Número de Análises
Índice de Saturação por bases	2
pH	
Material Orgânico	
Fósforo	
Potássio	
Ferro	
Cálcio	
Sódio	
Magnésio	
Alumínio	
Zinco	
Cobre	
Manganês	
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	
Areia Total	
Silte	
Argila	

Fonte: Autor, 2022.

4.2. Caracterização do Viveiro

Durante o período de desenvolvimento do biofilme, foi possível realizar a definição das espécies e construção do viveiro de mudas. As espécies foram definidas com auxílio do Instituto de Preservação da Mata Atlântica (IPMA). O IPMA é uma instituição sem fins lucrativos de caráter cientista e preservacionista voltado para educação ambiental, tendo como objetivos agilizar a implementação de programa de conservação e regeneração de remanescentes florestais, apoiar projetos com finalidade de preservação e desenvolvimento regional sustentável, entre outros (IPMA, 2019). As sementes escolhidas para a produção das mudas foram: ipê roxo e aroeira do sertão, sendo cedidas pelo instituto para o experimento. Foram escolhidas, pois conforme Oliveira (2016), a espécie do ipê roxo e da aroeira do sertão não necessitam de adubação, logo foi utilizado apenas a água potável (sem fertilização) e o esgoto tratado como forma de demonstrar a fertirrigação e por fim os resultados foram comparados com base nos padrões da tabela 3 e 4.

Quanto ao viveiro de mudas, local no qual são produzidos diversas espécies florestais a partir de critérios que possibilitem os produtos de qualidade para plantio em local definitivo (SENAR, 2018, p. 8). Foi criado um temporariamente com duração de 4 meses ocupando 10 m² com sombrite 75%. As figuras 20 e 21 demonstram o viveiro construído.

Figura 20 – Viveiro de Mudanças à Distância



Fonte: Autor, 2022.

Figura 21 – Viveiro de Mudanças Próximo



Fonte: Autor, 2022.

Para o experimento, foram utilizadas 40 sementes (20 sementes de ipê roxo e 20 sementes de aroeira do sertão). As sementes foram colocadas em sacolas plásticas de tamanho padrão de 1 kg (figuras 22, 23 e 24) e enterradas a uma profundidade de 0,5 a 1 cm. Foi utilizado este método de produção devido a facilidade, menor custo de aquisição, menor estresse de plantio, com a possibilidade de utilizar métodos simples de irrigação e por ser eficiente.

Figura 22 – Colocação do Solo nas Sacolas



Fonte: Autor, 2022.

Figura 23 – Solo nas Sacolas



Fonte: Autor, 2022.

Figura 24 – Sementes nas Sacolas: Da esquerda à direita (água e esgoto, respectivamente)



Fonte: Autor, 2022.

Em relação a irrigação, as mudas foram irrigadas da seguinte forma: 100% com água de abastecimento público e as demais com 100% de efluente tratado. O sistema adotado foi localizado (microaspersão). Em cada sistema foi utilizado uma eletrobomba e tanques de polietilenocom capacidade de 10 m³ (efluente tratado) e 1 m³ (água potável). A irrigação ocorreu duas vezes ao dia: início da manhã e final da tarde. A determinação da quantidade de água necessária para rega (equação 1) e o tempo de irrigação (equação 2) foram definidos pela metodologia de Marouelli e Braga (2016), que leva em consideração as seguintes variáveis: turno de rega - TR (dia), evapotranspiração da cultura – ETc (mm/dia), eficiência do sistema de irrigação - Ei (%) e a intensidade de aplicação de água - Ia (mm/h). Diariamente, os cálculos eram realizados e repassados para o operador da ETE, que realizava a irrigação. As fórmulas abaixo demonstram como o cálculo era realizado, bem como as figuras 25, 26, 27 auxiliam no cálculo.

$$LTN = TR \times \frac{ETc}{Ei} \quad - \quad \text{Equação 1}$$

$$Ti = 60 \times \frac{LTN}{Ia} \quad - \quad \text{Equação 2}$$

Primeiramente, era determinado o ETo (evapotranspiração de referência) com base na temperatura e umidade relativa do ar conforme figura 25. A temperatura e umidade relativa do ar eram coletadas diariamente.

Figura 25 – Evapotranspiração de referência (mm/dia)

URm (%)	Temperatura (°C)											
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
40	2,8	3,4	4,0	4,6	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	9,0	9,7
50	2,8	3,3	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	7,0	7,6	8,2	8,9
60	2,7	3,1	3,6	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9	6,3	6,8	7,4	8,0
70	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,6	7,1
80	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2
90	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3

Fonte: Marouelli *et al*, 2016.

Após a determinação do ETo, foi determinado o turno de rega com base na textura do solo e período de desenvolvimento, sendo TR = 0,5 dia para o período inicial de desenvolvimento das mudas (quinze dias) e TR = 1 dia para o período final de formação das mudas (após 15 dias).

Figura 26 – Turno de rega (dia)

Período	ETo (mm/dia)					
	< 4		4 a 6		> 6	
	Textura		Textura		Textura	
	Média	Fina	Média	Fina	Média	Fina
Inicial*	1	2	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia
Final	2	3	1	2	2 x dia	1

Fonte: Marouelli *et al*, 2016.

A ETC era estimada diariamente com base na figura 27, em função do turno de rega, da temperatura e umidade relativa do ar.

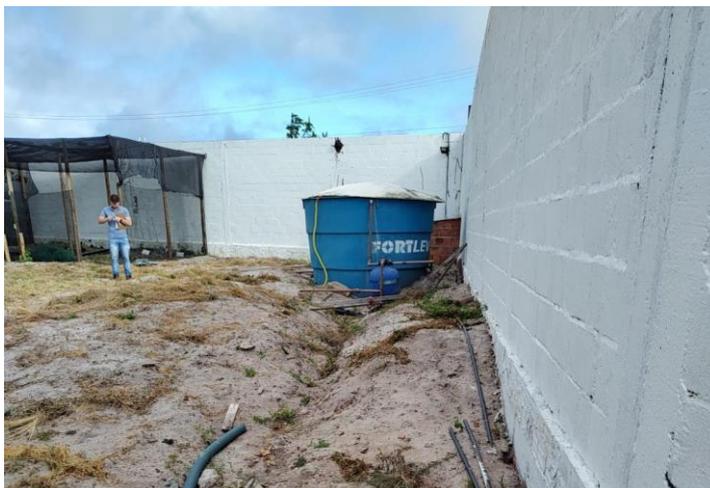
Figura 27 – Evapotranspiração da Cultura (mm/dia)

URm (%)	Temperatura (°C)											
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
TR ≤ 1 dia												
40	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,3	8,0	8,7	9,4	10,2
50	2,9	3,5	4,0	4,6	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	7,9	8,6	9,3
60	2,8	3,3	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,4
70	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4
80	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5
90	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6
TR = 2 dias												
40	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	7,0	7,6	8,3
50	2,4	2,8	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5
60	2,3	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,8
70	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3
90	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5
TR = 3 dias												
40	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8
50	2,0	2,3	2,7	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2
60	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6
70	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	3,9	4,3	4,6	5,0
80	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3
90	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7

Fonte: Marouelli *et al*, 2016.

Por fim, era aplicado a equação 1 levando em consideração todas as variáveis descritas anteriormente, com o intuito de encontrar a quantidade de água necessária para rega. Em relação a equação 2, com o intuito de encontrar o tempo de rega, considerou-se um sistema de irrigação com intensidade de aplicação de água (Ia) de 17,5 mm/h e eficiência de 70%. Estes dados foram cedidos pelo IPMA e operadores da ETE. A Embrapa (2022) considera que um sistema de microaspersão possui eficiência de 70% a 90% e intensidade de aplicação 14 a 18 mm/h. A figura 28 demonstra a localização dos tanques.

Figura 28 – Localização dos Tanques de Reúso

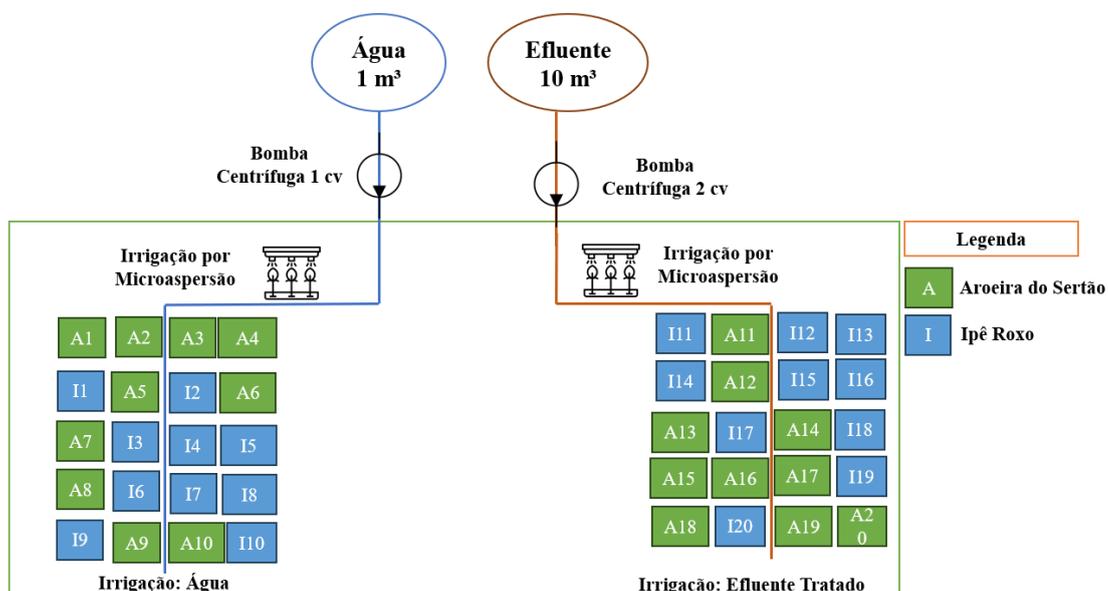


Fonte: Autor, 2022.

4.3. Análise Estatística

Para alcançar um dos objetivos dessa dissertação, foram realizadas análises dos componentes principais para a sintetização das variáveis utilizadas nas caracterizações de esgoto bruto (entrada) e esgoto tratado (saída) para assim conseguir avaliar os aspectos técnicos mais adequados a operação e funcionamento das unidades de tratamento. Logo após a germinação das sementes, as unidades experimentais foram distribuídas num Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). O DIC é utilizado para experimentos em condições homogêneas, sendo o mais simples dos delineamentos, onde os tratamentos são designados por casualizada, isto é, sorteio. A figura 29 demonstra o delineamento experimental utilizado.

Figura 29 – Delineamento Experimental



Fonte: Autor, 2022.

Os dados foram monitorados a cada 14 dias em ambos os cultivos ao longo de quatro meses e os dados foram extraídos a partir de uma régua milimetrada (altura da planta), paquímetro digital (diâmetro do caule) e visualmente (número de folhas). Os tratamentos foram identificados com plaquetas: esgoto tratado da ETE e água de abastecimento. Na análise de dados, foi utilizado o software sisvar 5.6 e past 4.06.

5. Resultados

5.1. Caracterização Inicial do Projeto

Para a execução do projeto da estação de tratamento de efluentes, foi realizado a caracterização da área disponível e do efluente bruto. A tabela 7 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 7 – Caracterização da área e do efluente bruto do residencial

Parâmetro	Resultados
Área Disponível para Viveiro (m ²)	210
DBO (mg/L)	306,3
DQO (mg/L)	671,1
pH	6,9
Temperatura (°C)	25
Ssd (mL/L)	0,2

Fonte: Autor, 2022.

Conforme Metcalf (2003), o efluente do residencial é classificado como concentração alta, visto que apresenta DBO acima de 300 mg/L e DQO acima de 650 mg/L. De acordo com Tachini *et al* (2022), Alves *et al* (2007) e Monaco *et al* (2014), que avaliaram estações de tratamento de esgoto doméstico, a caracterização apresentada na tabela 7 descreve tipicamente um efluente doméstico. A tabela 8 demonstram esses resultados típicos.

Tabela 8 – Caracterização típica da ETE

Parâmetro	Tachini <i>et al</i> (2022)	Alves <i>et al</i> (2007)	Monaco <i>et al</i> (2014)
DBO (mg/L)	255	3,93-314	526
DQO (mg/L)	481	524-600	544
pH	6,89	7,19-8,47	7,16
Temperatura (°C)	-	25-28	-
Ssd (mL/L)	-	0,1-0,2	-

Fonte: Autor, 2023.

5.2. Avaliação do Experimento

5.2.1. Água e Efluentes

Ao longo do experimento de quatro meses, uma análise de água foi realizada, enquanto quatro análises de efluentes (bruto e tratado) foram realizadas, considerando os parâmetros apresentados na tabela 5. A tabela 9 e 10 demonstram os resultados.

Tabela 9 – Resultados de Água e Efluentes do Experimento

Parâmetro	Água	Efluentes							
	Agosto/22	Setembro/22		Outubro/22		Novembro/22		Dezembro/22	
		Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado
DBO (mg/L)	<3	469,3	15,3	324,4	58,3	510,4	27,2	123,7	29
pH	7,1	6,8	7,3	6,6	7,3	6,6	7,1	7,1	8,4
Temperatura (°C)	24	30	27	28	28	28	28	29	29
Cálcio (mg/L)	1,23	-	17,8	-	10,2	-	9,2	-	27,8
Magnésio (mg/L)	6,6	-	4	-	3,4	-	3,2	-	3,3
Sódio (mg/L)	11	-	197	-	147,4	-	169	-	162
RAS	5,5	-	59,5	-	56,4	-	67,4	-	41
SST (mg/L)	5	-	8,3	-	7	-	14,3	-	6,5
Turbidez (NTU)	7,9	-	5,3	-	4,4	-	9	-	4,1
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	0	-	1,8	-	1,8	-	220	-	1,8
Cloro Residual (mg/L)	0,2	-	1,2	-	1,2	-	0,1	-	0,10
Boro (mg/L)	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Ssd (mL/L)	-	0,6	0,1	0,6	0,1	0,8	0,1	1,5	0,3

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 10 – Média dos Resultados para o Efluente Tratado

Parâmetro	Efluente Tratado
DBO (mg/L)	32,5
pH	7,6
Temperatura (°C)	28,0
Cálcio (mg/L)	16,3
Magnésio (mg/L)	3,5
Sódio (mg/L)	168,9
RAS	56,1
SST (mg/L)	9,1
Turbidez (NTU)	5,7
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	56,4
Cloro Residual (mg/L)	0,7
Boro (mg/L)	0,1
Ssd (mL/L)	0,2

Fonte: Autor, 2023

Em relação a água, a cidade da Barra de São Miguel possui 92,71% da população com rede de abastecimento de água, sendo o residencial enquadrado neste percentual (SNIS, 2019). A principal bacia hidrográfica que abastece a região está inserido nos rios São Miguel e Niquim (CPRM, 2005). Consoante a tabela 9, conforme os trabalhos de Bezerra e Andrade (2016), Siqueira (2016) e Aparecida *et al* (2020) os resultados da água após o tratamento desta, condizem com o esperado, de acordo com a tabela 11. Em relação a variabilidade da qualidade de água, Sangel e Cavalcanti (2013), mencionam que a água apresenta baixa variabilidade, exceto os parâmetros de cor e ferro que variam conforme os fatores hidroclimáticos, isto é, evidencia-se que o trabalho apesar de ter realizado apenas uma coleta de água ao longo do período de quatro meses e em período de verão, ocorreu uma baixa variabilidade dos parâmetros estipulados, visto que os fatores hidroclimáticos mantiveram-se semelhantes ao longo do experimento.

Tabela 11 – Resultados da qualidade de água de alguns experimentos

Parâmetros	Bezerra e Andrade (2016)	Siqueira (2016)	Aparecida <i>et al</i> (2020)
pH	7,9	7,4	6,4
Turbidez (NTU)	-	0,01	1,5
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	-	0	-
Cloro Residual (mg/L)	0,6	-	1,9
Cor (uH)	2,5	5	0,5

Fonte: Autor, 2023.

Em relação ao efluente, diversas tecnologias de tratamento, sejam elas preliminares, primárias, secundárias e terciárias, podem ser utilizadas para gerar um esgoto de excelente qualidade para reúso. Experimentos envolvendo lagoas de estabilização em série (modelo australiano) como o de Arnaldo *et al* (2007) e Queiroz *et al* (2015), reatores UASB conjugados com lagoas de estabilização como o de Silva (2011) e Lambais *et al* (2019) produzem um efluente tratado de boa qualidade para reúso. Em relação aos experimentos envolvendo o reator BioGill, não foram encontrados trabalhos focados em reúso, contudo os experimentos de Taylor (2013) e Duarte (2021) apresentam resultados do efluente tratado, sendo passíveis o reúso. A tabela 12 apresentam estes resultados.

Tabela 12 – Resultados da Qualidade de Efluente Tratado de Alguns Projetos

Parâmetros	Arnaldo <i>et al</i> (2007)	Queiroz <i>et al</i> (2015)	Silva (2011)	Lambais <i>et al</i> (2019)	Taylor (2013)	Duarte (2021)
DBO (mg/L)	161	76,8	67,5	80	24,6	2
pH	-	7,8	7,8	8	7,2	7,3
Temperatura (°C)	-	-	30,9	-	-	29,9
RAS	2,83	0,22	-	5,4	-	-
SST (mg/L)	40	-	98	-	9,6	-
Turbidez (NTU)	222	-	149,2	-	6	-
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	-	40.000	57.000	-	412	<18
Boro (mg/L)	-	1	-	-	-	-
Ssd (mL/L)	-	-	545	-	-	-

Fonte: Autor, 2023.

Ainda, considerando os resultados apresentados na tabela 10 e comparando os com as tabelas 3 e 4, a tabela 13 apresenta se existiu uma conformidade com a resolução CONAMA nº 430/11 e normas de reúso.

Tabela 13 – Conformidade ou Não Conformidade aos padrões de reúso

Parâmetro	CONAMA 430/11	ABNT NBR 13.969/1997	PROSAB (2007)	COEMA nº 2/2017	SES/SMA/SSRH nº 1/2017
Turbidez	-	Não Conformidade	-	-	Não Conformidade
Coliformes Termotolerantes	-	Conformidade	Conformidade	Conformidade	Conformidade Parcial
Cloro Residual	-	Conformidade	-	-	Conformidade
pH	Conformidade	-	-	Conformidade	Conformidade
RAS	-	-	-	Não Conformidade	Não Conformidade
DBO	Conformidade	-	-	-	Não Conformidade
SST (mg/L)	-	-	-	-	Conformidade
Boro	-	-	-	-	Conformidade
Temperatura	Conformidade	-	-	-	-
Ssd	Conformidade	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2023.

Consoante a tabela 13, é verificado que quanto aos padrões de descarte de efluentes, os resultados atenderam a resolução federal. Em relação as normas de reúso: ABNT - NBR 13.969/1997 – em conformidade com todos os padrões, exceto turbidez, que deveria ser inferior a 5 NTU. A ABNT apresenta duas classes: a classe 2 direcionada a reúso em lavagem de pisos, calçadas, irrigação no jardim e manutenção de lagos, sendo não efetuado o enquadramento nesta classe devido ao parâmetro de turbidez e classe 4 direcionada a pomares, forragens, pastagens para gado e cultivos por irrigação superficial ou pontual, atendida em sua totalidade. Em relação a norma do PROSAB (2007), atendida em sua totalidade para irrigação restrita (aspersão em qualquer cultura não ingerida crua) e irrigação em áreas urbanas como parques e usos ornamentais. Quanto a COEMA 2/2017, atendida em sua totalidade, exceto o parâmetro de razão de adsorção de sódio, para fins agrícolas como produção e cultivo de mudas. Por fim, quanto a SES/SMA/SSRH nº 1/2017, esta norma segrega em dois usos: moderada – atendida parcialmente, exceto turbidez que deveria ser inferior ou igual a 2 NTU, coliformes termotolerantes que deveria ser menor que 200 NMP/100 mL, razão de adsorção de sódio que deveria ser entre 3 e 9 e DBO que deveria ser inferior ou igual a 30 mg/L. Esta modalidade contempla irrigação paisagística (parques, jardins, campos de esporte e áreas verdes), lavagem

de logradouro, construção civil, desobstrução de galeria pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio. Já a outra modalidade, severa, foi atendida parcialmente, exceto turbidez que deveria ser inferior ou igual a 2 NTU, DBO que deveria ser inferior ou igual a 10 mg/L, coliformes termotolerantes ausente e razão de adsorção de sódio inferior a 3. Esta modalidade foca em irrigação paisagística (parques, jardins, campos de esporte e áreas verdes, não incluindo usos agrícolas e florestais), lavagem de logradouro, construção civil, desobstrução de galeria pluvial.

Sendo assim, evidencia-se que é possível adotar melhorias no sistema de tratamento de efluentes, principalmente o tratamento terciário, para enquadramento nas resoluções, adotando sistemas de filtração, como filtros de areia para redução do material orgânico e sólidos presente no efluente tratado e melhorias no sistema de dosagem de cloro para eliminação total dos coliformes termotolerantes, bem como adoção de sistemas de troca iônica para eliminação dos sais no efluente.

5.2.2. Solo

Em relação a análise físico-química dos parâmetros do solo, foram realizadas duas análises: uma antes da fertirrigação e outra após fertirrigação. A tabela 14 e 15 demonstram os resultados.

Tabela 14 – Resultados da Análise Física do Solo

Parâmetro	Resultados
Areia Grossa (g/kg)	339
Areia Fina (g/kg)	216
Areia Total (g/kg)	555
Silte (g/kg)	225
Argila (g/kg)	220

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 15 – Resultados da Análise Química do Solo

Parâmetro	Pré-Fertirrigação	Pós-Fertirrigação
Índice de Saturação de Bases (% V)	84,9	82,2
pH	7	6,7
Materia Orgânica Total (%)	2,6	11,9
P (mg/L)	11	202
K (mg/L)	75	197
Fe (mg/L)	169,1	52,3
Ca (meq/100mL)	2,6	4,8
Na (mg/L)	30	82
Mg (meq/100mL)	2,7	2,2
Al (meq/100mL)	0	0

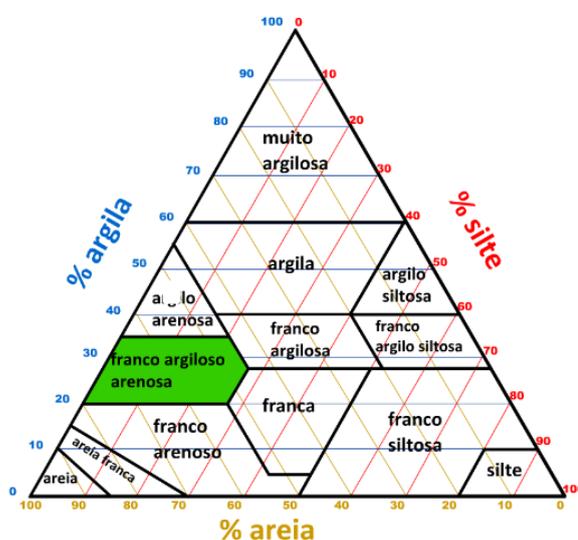
Fonte: Autor, 2023.

Tabela 15 (continuação) – Resultados da Análise Química do Solo

Zn (mg/L)	0,1	19,5
Cu (mg/L)	1	1
Mn (mg/L)	0,3	40,8
CTC Efetiva (c.molc/dm ³)	5,6	7,8

Fonte: Autor, 2023.

Considerando a tabela 14 e utilizando como base o triângulo textural – figura 30, evidencia-se que o solo é classificado como franco argiloso/arenoso.

Figura 30 – Classificação do Solo quanto à Textura

Fonte: Autor, 2023.

Existem três grandes grupos de classes texturais: solo argiloso, arenoso e franco. O solo franco, este encontrado na área do experimento, é considerado um solo com propriedades praticamente iguais de areia, silte e argila (BRADY; WEIL, 2013). Centeno *et al* (2017), menciona que devido a estas propriedades serem similares, o solo apresenta tanto boa capacidade de drenagem quanto de retenção de água, além de índice médio de erodibilidade. Em contraponto, a CPRM (2005), menciona que os solos dessa região são considerados profundos e de baixa fertilidade natural, o que não foi evidenciado em campo.

Já em relação a tabela 15, o quadro 2 e 3 apresentam uma descrição da qualidade do solo quanto às condições iniciais e finais, levando-se em consideração os parâmetros elencados.

Quadro 2 – Interpretação das Condições Iniciais de Desenvolvimento do Solo

Parâmetro	Descrição
Índice de Saturação de Bases	Considerando o teor de 84,9%, Franco (2015) menciona que acima de 70% já indica a não necessidade de efetuar calagem no solo. Ronquim (2010) classifica como solo fértil (boa produtividade), visto que possui acima de 70%.
pH	Considerando o resultado de pH=7 - neutro, Franco (2015) menciona que pH entre 7 e 8 indicam solos cálcarios, isto é, solo formado por partículas de rocha com com grande quantidade de carbonato de cálcio, evitando assim a acidez do solo e estimulando o crescimento radicular, o que foi evidenciado.
Matéria Orgânica Total	Considerando o resultado de 2,6%, Souza e Lobato (2004) e Villar (2007) mencionam que para solos franco argiloso-arenoso, uma composição adequada de material orgânico é de 2,1 a 3%, sendo evidenciado. Valores adequados possibilitam a redução de doses de adubos nitrogenados e maior disponibilidade de nutrientes.
P	Considerando o resultado de 11 mg/L, Franco (2015) menciona que com base no teor de argila - 220 g/kg (tabela 14), a classe textural é do tipo média (teor de argila entre 150 e 350 g/kg), sendo necessário um teor de fósforo entre 7,1 e 15 mg/L, o que é evidenciado.
K	Considerando o resultado de 75 mg/L, Sengik (2003) afirma que o potássio é facilmente lixiviado em solos com baixa CTC, sendo o teor médio ideal para aproveitamento das plantas entre 0,1 a 0,3 mg/L. Valores elevados de potássio indicam elevanda presença de minerais primários e pouco intemperismo (FRANCO, 2015).
Fe	Considerando o resultado de 169,1 mg/L, Ronquim (2010) menciona que os valores acima de 0,1 mg/L, já suprem a necessidade das plantas, o que foi comprovado.
Ca	Considerando o resultado de 2,6 meq/100 mL, o cálcio no solo é fortemente adsorvido pelas plantas, sendo teores ideais entre 2 e 4 meq/100 mL. A falta de cálcio pode favorecer o crescimento irregular das folhas (SENGIK, 2003).
Na	Considerando o resultado de 30 mg/L, Pezzotti (2013) menciona que a determinação deste parâmetro é importante para solos salinos, próximos a litorais. Entretanto, o ideal é conhecer o Índice de Saturação de Sódio, que demonstra a relação do sódio com os demais cátions do solo. O cálculo é realizado dividindo-se a quantidade de sódio (0,13 c.molc/dm ³) pela CTC (5,6 c.molc/dm ³) do solo, resultando em 2,3%. Pezzotti afirma que valores acima de 15% já trazem prejuízos as plantas, como dificuldade de absorção de água e nutrientes, o que não é evidenciado.

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 2 (continuação) – Interpretação das Condições Iniciais de Desenvolvimento do Solo

Mg	Considerando o resultado de 2,7 meq/100 mL, o magnésio é adsorvido aos colóides do solo, assim como o cálcio, sendo evidenciado a sua principal deficiência: a clorose (falta de clorofila nas folhas). Teores ideais estão entre 0,4 a 0,8 meq/100 mL (SENGIK, 2003). Apesar do valor está acima do ideal, não foi evidenciado sinais de clorose nas plantas.
Al	Considerando o resultado de 0 meq/100 mL, Franco (2015) menciona que a não presença desta substância contribui para o crescimento radicular e disponibilidade de nutrientes, pois acima de 0,5 cmol.dm ³ já traz prejuízos a produtividade.
Zn	Considerando o resultado de 0,1 mg/L, Ronquim (2010) menciona que os valores entre 0,01-0,05 mg/L, se presentes no solo, já suprem a necessidade das plantas: síntese de RNA e estabilidade dos ribossomas.
Cu	Considerando o resultado de 1 mg/L, Pezotti (2013) afirma que teores acima de 0,9 mg/L estão com alta disponibilidade no solo, sendo importante para auxiliar na resistência a doenças, fotossíntese e transpiração da planta, o que é comprovado.
Mn	Considerando o resultado de 0,3 mg/L, com o intuito de evitar o amarelecimento das folhas jovens, dependendo da cultura, Dubou e Limberger (2016) estabelecem que teores ideais encontram-se na faixa de 15-20 mg/L. Evidencia-se que não foi encontrado nenhum amarelecimento das folhas ao longo do cultivo, mesmo com o resultado abaixo do ideal.
CTC Efetiva	Considerando o resultado de 5,6 c.molc/dm ³ , Franco (2015) menciona que valores próximos a 5 c.molc/dm ³ indicam baixos teores de argila e valores acima de 4 c.molc/dm ³ já indicam valores altos de CTC.

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 3 – Comparação dos Resultados Pós-Fertirrigação

Parâmetro	Descrição
Índice de Saturação de Bases	Considerando o resultado de 82,2%, o índice de saturação de bases não trouxe alterações significativas.
pH	Considerando o pH=6,7 – levemente ácido, o resultado não trouxe significativas mudanças, visto que de acordo com Senar (2019), o pH entre 6 e 7 é o ideal para a disponibilização de nutrientes ao solo.
Matéria Orgânica Total	Considerando o resultado de 11,9%, ocorreu um aumento de 9,3%, Xie <i>et al</i> (2007) e Monteiro <i>et al</i> (2010) mencionam que esse aumento é esperado, pois os efluentes são ricos em matéria orgânica, auxiliando na agregação das partículas no solo e estoque de carbono.

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 3 (continuação) – Comparação dos Resultados Pós-Fertirrigação

P	Considerando o resultado de 202 mg/L, ocorreu um aumento de 191 mg/L para o parâmetro de P e de 122 mg/L para K, considerando o resultado de 197 mg/L. Trabalhos como o de Meli <i>et al</i> (2002), Sandri <i>et al</i> (2009), Monteiro <i>et al</i> (2010) – este que avaliou ao longo de 15 anos a irrigação com efluente, constataram que no solo aumentou a quantidade de nutrientes disponíveis juntamente com a eficiência metabólica, pois os efluentes possuem boas quantidades de N-P-K.
K	
Fe	Considerando o resultado de 52,3 mg/L e uma redução de 116,8 mg/L da quantidade de Fe, Firme (2007) evidenciou redução dos teores de ferro cultivando cana de açúcar irrigada com efluente de lagoa de estabilização. Su <i>et al</i> (2020) evidencia que essa redução pode ocorrer devido ao ambiente está anóxico, bactérias redutoras de ferro (Fe^{+2}) reduzem o ferro dissolvido à sua forma ferrosa (Fe^{+3}).
Ca	Considerando o resultado de 4,8 meq/100 mL, o parâmetro de cálcio não trouxe significativas mudanças.
Na	Considerando o resultado de 82 mg/L, ocorreu um aumento de 52 mg/L de sódio. Sandri <i>et al</i> (2009) menciona que as irrigações por aspersão elevam o teor de sódio presente no solo. Ayers e Westcot (1991) mencionam que os riscos de alterações no solo são atribuídos a outras variáveis, como a Razão de Adsorção de Sódio e não apenas ao Na^+ . Maggie <i>et al</i> (2011) e Santos (2015) também verificaram que ocorreu o acréscimo de sódio no solo após fertirrigação devido a presença desse elemento no efluente.
Mg	Considerando o resultado de 2,2 meq/100 mL, o parâmetro de magnésio não trouxe significativas mudanças.
Al	Considerando o resultado de 0 meq/100 mL, não ocorreu significativas mudanças pós-fertirrigação.
Zn	Considerando o resultado de 19,5 mg/l e um aumento de 19,4 mg/L, Boll <i>et al</i> (1986) identificou ao longo de 16 anos utilizando fertirrigação, que os níveis de zinco no solo elevaram-se, tornando o meio tóxico. A absorção excessiva no solo atrofia a parte aérea, causa morte nas folhas jovens e clorose (ROUT; DAS, 2003).
Cu	Considerando o resultado de 1 mg/L, o parâmetro de cobre não trouxe significativas mudanças.
Mn	Considerando o resultado de 40,8 mg/L, o parâmetro apresentou variação de 40,5 mg/L. Firme (2007) evidenciou aumento nos teores de mangânes. Sandri <i>et al</i> (2009) também identificou esse aumento.
CTC Efetiva	Considerando o resultado de 7,8 c.molc/dm ³ , não ocorreram significativas mudanças. Contudo, importante ressaltar que devido a presença de íons e colóides orgânicos no efluente, ocorreu esta variação pequena de 2,2 c.molc/dm ³ , sendo evidenciada também por Erthal (2010), que aplicou efluente de bovinocultura, sendo evidenciado após 235 dias de experimento um aumento de apenas 2,5 c.molc/dm ³ .

Fonte: Autor, 2023.

5.2.3. Irrigação

Considerando a metodologia de Marouelli e Braga (2016), as tabelas 16 e 17 (anexo 1 e anexo 2, respectivamente) demonstram os resultados da lâmina de água aplicada e do tempo de irrigação. Almeida (2009) menciona que os sistemas de microaspersão são os mais afetados pelos problemas de contaminação da água. O autor ressalta que o principal problema é quanto aos sedimentos, que reduzem a vida útil dos componentes do sistema de irrigação, além da possibilidade da presença de bactérias filamentosas que podem obstruir os aspersores pela própria massa de suas colônias.

Os aspersores não apresentaram problemas de obstrução ao longo do experimento. Consoante a tabela 10, Nakayama e Bucks (1986) mencionam que a presença de sólidos em suspensão menores que 50 mg/L e populações bacterianas menores que 10.000 NMP/100 mL apresentam nenhuma restrição de uso, evidenciando que não ocasionariam entupimento nos aspersores.

Em relação a tabela 16, as médias ao longo do experimento foram: temperatura de 26°C, umidade relativa do ar de 52%, lâmina a ser aplicada de 5mm e tempo de irrigação de 18 minutos. Já em relação a tabela 17, após os 15 dias iniciais do experimento, a temperatura média foi de 28°C, umidade relativa do ar média de 72%, lâmina média a ser aplicada de 4 mm e tempo médio de irrigação de 15 minutos.

Arnaldo *et al* (2007) utilizando esgoto doméstico tratado para produção de mudas, utilizou apenas rega baseada na vazão dos microaspersores com vazão de 35 L/h, obtendo-se bom desenvolvimento. Oliveira (2015) utilizou um sistema de aspersão convencional com lâmina uniforme de irrigação (efluente doméstico tratado) de 10 mm e tempo baseado no coeficiente de infiltração do efluente no solo, calculando a lâmina a partir dos índices de evapotranspiração da cultura, coeficiente de cultivo e evapotranspiração de referência, obtendo resultados satisfatórios de desenvolvimento das plantas. Já Amaral *et al* (2019) utilizou a técnica de capacidade de pote, que refere-se a quantidade de água retida no solo após sofrer saturação e posterior ação da gravidade, até que se cesse a drenagem do pote (FONTENELLI, 2014 *apud* AMARAL *et al*, 2019). Rebouças *et al* (2018) conduziu o experimento de maneira manual, utilizando regadores de 12 L para desenvolvimento de mudas de sábias, ocorrendo a rega duas vezes ao dia e obtendo-se êxito no experimento. Evidencia-se, portanto, que podem ser utilizados diferentes metodologias de irrigação para obtenção de resultados satisfatórios no desenvolvimento das mudas.

5.2.4. Espécies Florestais

A tabela 18,19,20 e 21 (anexo 3,4,5 e 6, respectivamente) apresentam os resultados das espécies florestais - aroeira do sertão, identificadas pela letra “A” e ipê roxo, identificadas pela letra “T”, quanto aos parâmetros de: altura da planta (cm), diâmetro do caule (mm) e número de folhas. Todas as coletas de dados foram realizadas no ano de 2022, totalizando cerca de 140 dados para cada parâmetro – altura (H), diâmetro (D) e número de folhas (NF) – conforme cada tipo de muda.

Conforme as tabelas, os primeiros resultados para aroeira do sertão começaram a ser coletados logo na primeira semana de experimento, enquanto os de ipê roxo a partir da segunda semana. Oliveira (2016) afirma que a germinação do ipê roxo ocorre entre 2 a 4 semanas, enquanto a da aroeira do sertão ocorre entre 1 a 3 semanas. Importante ressaltar que os tratamentos A2, I2, I4 e I13 não se desenvolveram.

Em relação ao tratamento A2, o Centro Nordestino de Informações sobre Plantas (CNIP) salienta que uma das principais causas para o não desenvolvimento desta muda no ambiente é devido a má coleta da semente, a qual pode não ter sido coletada plenamente madura. Já em relação aos tratamentos I2, I4 e I13, Alves e Schindwein (2018) mencionam que o principal fator do não crescimento do ipê roxo é um solo ácido, o qual afeta a disponibilidade de nutrientes, contudo isto não fica evidenciado na tabela 15. A segunda hipótese é quanto a má coleta da semente, não sendo coletada amadurecida. De certa forma, é importante realizar novos estudos e análise químicas para identificar as causas específicas do não desenvolvimento destas mudas.

Ressalta-se que visualmente as mudas não apresentaram qualquer alteração morfofisiológica, isto é, doenças específicas, como clorose, tombamento e podridão basal.

As fotos abaixo demonstram o desenvolvimento das mudas ao longo das semanas.

Figura 31 – Mês de Setembro: Da esquerda à direita (água e esgoto, respectivamente)



Fonte: Autor, 2023.

Figura 32 – Mês de Outubro: Da esquerda à direita (água e esgoto, respectivamente)



Fonte: Autor, 2023.

Figura 33 – Mês de Novembro: Da esquerda à direita (água e esgoto, respectivamente)



Fonte: Autor, 2023.

Figura 34 – Mês de Dezembro: Da esquerda à direita (água e esgoto, respectivamente)



Fonte: Autor, 2023.

5.3. Análise Estatística

5.3.1. Efluentes

A estatística tem por base estudar os métodos de coleta, análise e interpretação de dados experimentais. A estatística descritiva univariada possibilita a interpretação de cada variável separadamente, sendo as principais ferramentas utilizadas: média, variância e desvio padrão (ROSSI, 2020).

A média é considerada um valor que demonstra a concentração de dados de uma distribuição. A variância, medida de dispersão, demonstra o quão longe os valores encontram-se da média. Já o desvio padrão, também medida de dispersão, indica o grau de variação de um conjunto de elementos.

Assim, considerando a análise realizada no software Sisvar 5.6, a tabela 22 demonstra os resultados.

Tabela 22 – Análise Univariada do Efluente Tratado

Parâmetro	Média	Variância	Desvio Padrão
DBO (mg/L)	32,5	333,2516	18,2552
pH	7,6	0,3363	0,5799
Temperatura (°C)	28,0	0,6667	0,8165
Cálcio (mg/L)	16,3	73,5877	8,5783
Magnésio (mg/L)	3,5	0,1274	0,3570

Tabela 22 (continuação) – Análise Univariada do Efluente Tratado

Sódio (mg/L)	168,9	433,1567	20,8124
RAS	56,1	122,2052	11,0546
SST (mg/L)	9,1	12,9791	3,6027
Turbidez (NTU)	5,7	5,1514	2,2697
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	56,4	11902,8100	109,1000
Cloro Residual (mg/L)	0,7	0,4080	0,6388
Boro (mg/L)	0,1	0,0000	0,0000
Ssd (mL/L)	0,2	0,0133	0,1155

Fonte: Autor, 2023.

Tomando como base a interpretação dos dados a partir do desvio padrão, cujo cálculo é realizado a partir da raiz quadrada da variância, é possível identificar que quanto menor o desvio padrão, isto é, valores próximos a zero, mais homogêneos são os resultados e mais próximos da média estarão, isto fica evidenciado pelo parâmetro de boro, em que todas as amostras tiveram resultados de 0,1 mg/L e conseqüentemente o desvio padrão foi de 0 mg/L.

Von Sperling (2020) menciona que as análises estatísticas de variáveis de tratamento de esgoto apresentam distribuição bastante assimétrica devido a grande variação das concentrações das substâncias no efluente, o que dificulta uma comparação de dados mais precisa.

Contudo, Aragão *et al* (2019), Bezerra *et al* (2021) e Carlos *et al* (2021), avaliando o desempenho de sistemas de tratamento de efluentes, respectivamente reatores UASB, reator aerado e sistema de lodos ativados, encontraram resultados para o desvio padrão, conforme a tabela 23.

Tabela 23 – Desvio Padrão de Alguns Parâmetros de Efluentes Tratados

Parâmetro	Aragão <i>et al</i> (2019)	Bezerra <i>et al</i> (2021)	Carlos <i>et al</i> (2021)
DBO (mg/L)	-	-	22
pH	0,21	0,17	0,4
Temperatura (°C)	1	0,98	3,3
SST (mg/L)	51,71	41	18
Ssd (mL/L)	0,83	-	-
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	-	1,88	-

Fonte: Autor, 2023.

Comparando o parâmetro de DBO da tabela 22 e comparando-a com a tabela 23, é possível verificar um desvio padrão um pouco menor, isto fica evidenciado pela homogeneidade dos resultados do efluente tratado, que foram respectivamente 15,3 mg/L, 58,3 mg/L, 27,22 mg/L e 29,02 mg/L, em comparação ao trabalho de Carlos *et al*, que obtiveram DBO variando de 5 mg/L a 95 mg/L. O pH, apesar de ser umas das variáveis mais difíceis de controle de processos em ETEs, apresenta um desvio padrão bem similar aos trabalhos supracitados, o qual é justificado pela tabela 8 e 9, demonstrando que este parâmetro apresenta uma baixa variabilidade nos efluentes domésticos. Já SST e SSd, apresentaram valores bem abaixo dos trabalhos supracitados, evidenciando que existe uma maior homogeneidade dos dados deste trabalho. Esta variação ocorre principalmente devido aos fatores de: implementação de sistemas inadequados de tratamento preliminar e primário, bem como contribuições e infiltrações de águas pluviais em poços de visita.

Portanto, é possível verificar que a maioria dos resultados apresentaram desvio padrão considerado não significativo, o qual é comprovado pela concentração dos dados próximos a zero. A exceção é quanto ao parâmetro de Coliformes Totais, que apesar dos resultados de: 1,8 mg/L, 1,8 mg/L, 220 mg/L e 1,8 mg/L, apresentaram desvio padrão de 109,1 mg/L, devido a interferência do resultado de novembro/2022.

5.3.2. Espécies Florestais

Uma das ferramentas mais utilizadas é a análise de variância (ANOVA), a qual compara as variâncias entre as médias de tratamentos diferentes, auxiliando na identificação estatística de semelhança ou diferença (TIBCO, 2019). Para aplicação da ANOVA, é fundamental três suposições básicas: as observações serem independentes, distribuição normal e as variâncias em cada grupo devem ser aproximadamente iguais.

Contudo, a ferramenta não auxilia na identificação de quais tratamento diferem entre si, sendo necessário a realização do teste de tukey (OLIVEIRA, 2019). Oliveira (2019) menciona que o teste de tukey é um dispositivo importante, pois além de fácil aplicação, realiza comparação entre todos os pares de tratamento.

Neste experimento, foi necessário averiguar as suposições da ANOVA para prosseguimento quanto ao teste de tukey, sendo necessário a realização do teste de shapiro-wilk ou teste de normalidade de dados. O teste demonstrou que não existiu normalidade ($p < 0,05$) nos dados devido a heterogeneidade, sendo necessário realizar uma transformação de dados para obedecer aos pressupostos da análise de variância. A transformação de dados foi realizada aplicando-se a fórmula da raiz quadrada, método mais utilizado para processos de contagem,

nos dados de: altura da planta e diâmetro do caule para aroeira do sertão e altura da planta para o ipê roxo. Após a transformação de dados, encontrou-se $p > 0,05$ para todos os parâmetros, demonstrando a normalidade dos dados. A tabela 24 e 25 demonstram a análise estatística realizada nos resultados finais de desenvolvimento das mudas após a transformação de dados.

Tabela 24 – Anova e Teste de Tukey – Aroeira do Sertão

Análise de Variância			
Parâmetro	Média Geral	Pr>Fc	Coefficiente de Variação (%)
Altura da Planta	4,2295	0,5286	47,80
Diâmetro do Caule	1,5230	0,4436	32,98
Número de Folhas	61,2500	0,6774	76,83
Teste de Tukey			
Parâmetro	Água	Esgoto	
Altura da Planta	3,9390 b	4,5200 b	
Diâmetro do Caule	1,4350 b	1,6110 b	
Número de Folhas	65,7000 b	56,8000 b	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 25 – Anova e Teste de Tukey – Ipê Roxo

Análise de Variância			
Parâmetro	Média Geral	Pr>Fc	Coefficiente de Variação (%)
Altura da Planta	3,3315	0,6086	59,63
Diâmetro do Caule	2,0280	0,9056	64,17
Número de Folhas	49,9000	0,3556	73,72
Teste de Tukey			
Parâmetro	Água	Esgoto	
Altura da Planta	3,1000 b	3,5630 b	
Diâmetro do Caule	1,9930 b	2,0630 b	
Número de Folhas	42,1000 b	57,7000 b	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Autor, 2023.

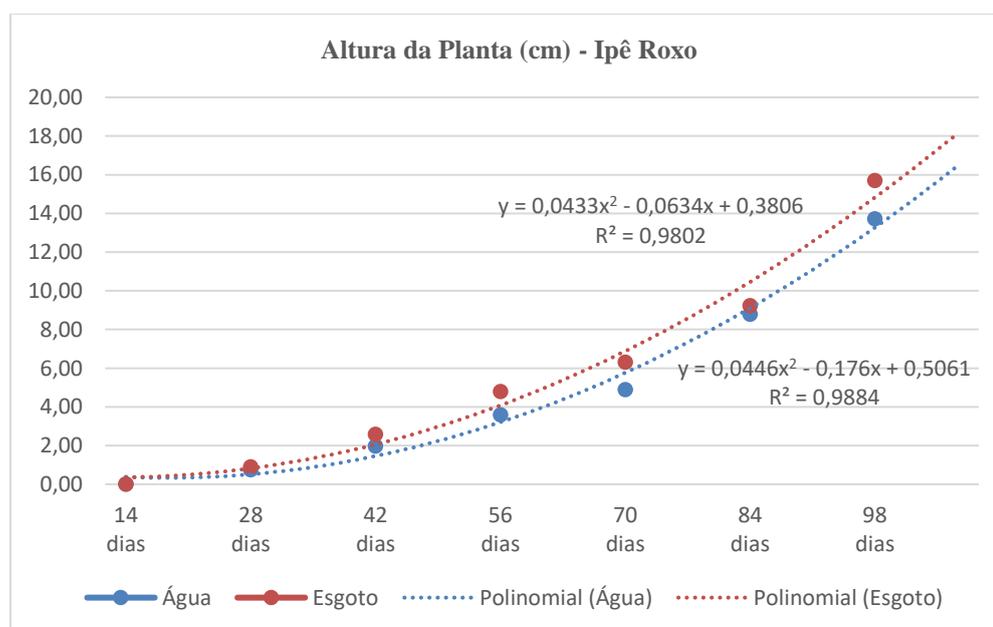
A partir da análise da tabela 24 e 25 é possível identificar que a relação de “pr>fc” foi maior que 0,05 para todos os parâmetros analisados nas mudas, tanto para a aroeira do sertão quanto para o ipê roxo, identificando que os tratamentos não são significativos, isto é, são

considerados estatisticamente iguais. Em relação ao coeficiente de variação, Gomes (2009), em experimentos agrícolas, classificou acima de 30% em alto, ou seja, todos os parâmetros apresentaram coeficiente alto, sendo justificado pela grande heterogeneidade de dados, cujo pode ser verificado nas tabelas 18,19,20 e 21. O autor ainda ressalta que não é necessário utilizar essa classificação em todos os experimentos, pois generaliza os dados e variáveis.

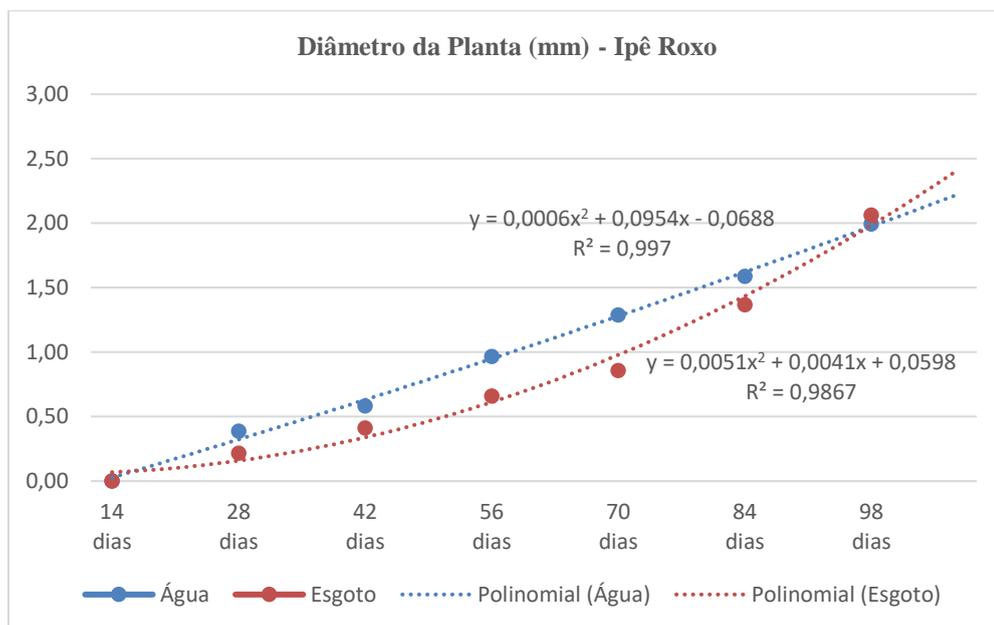
Já pelo teste de tukey, os resultados não diferiram entre si, logo, estatisticamente são iguais. Embora a análise entre os tratamentos seja igual, é possível verificar que o efluente tratado apresentou as maiores médias para todos os parâmetros de desenvolvimento de mudas, exceto aroeira do sertão para o parâmetro de número de folhas.

Arnaldo *et al* (2007) utilizando esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga, entre elas ipê roxo e jucá, identificou que os tratamentos de ipê roxo possuíram interação significativa e as jucá não apresentaram. As mudas de ipê roxo irrigadas com efluente tiveram o crescimento inicial inferior às irrigadas por água e após 30 dias do experimento apresentaram desenvolvimento superior para as variáveis de altura da planta e diâmetro do caule. A figura 34 demonstra graficamente que após os 28 dias de cultivo, as mudas irrigadas com efluente tratado obtiveram desempenho maior que às irrigadas com água em termo de altura da planta. Já a figura 35 demonstra que só foi possível verificar um diâmetro de caule maior para as mudas de efluente tratado após os 98 dias de experimento.

Figura 34 – Comparação Gráfica do Ipê Roxo (Altura) em cada fase

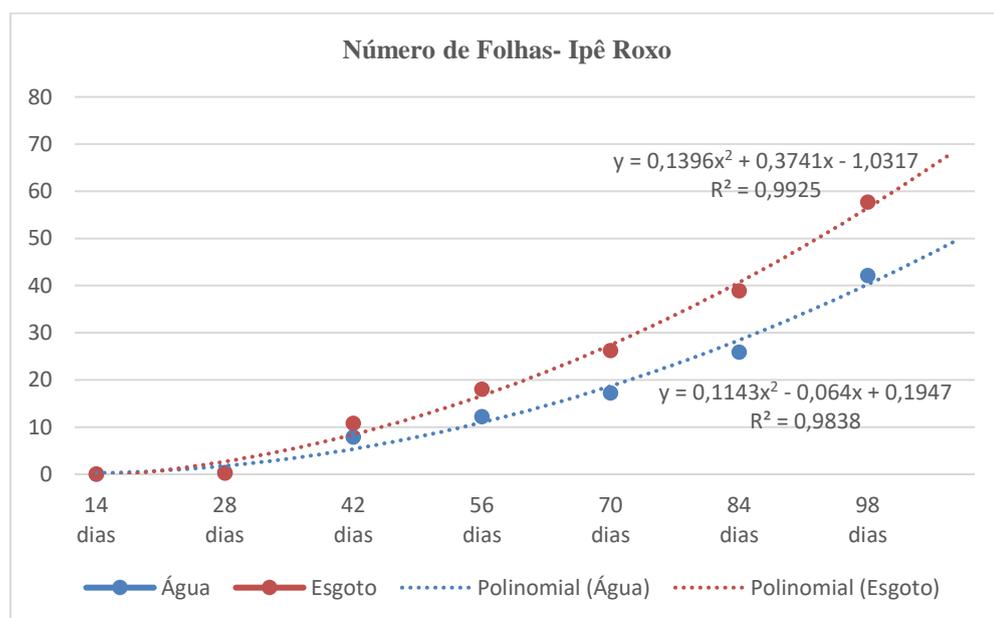


Fonte: Autor, 2023.

Figura 35 – Comparação Gráfica da do Ipê Roxo (Diâmetro) em cada fase

Fonte: Autor, 2023.

Amaral *et al* (2019) produzindo mudas de ipê roxo irrigadas com efluente tratado, verificou que a média da altura da planta para as mudas irrigadas com esgoto (8,33 cm) foi superior em 1,94 cm quando comparadas com as de água (6,39 cm). Foi visto ainda, que não ocorreu diferença significativa na quantidade de folhas médias, evidenciado também neste trabalho conforme figura 36.

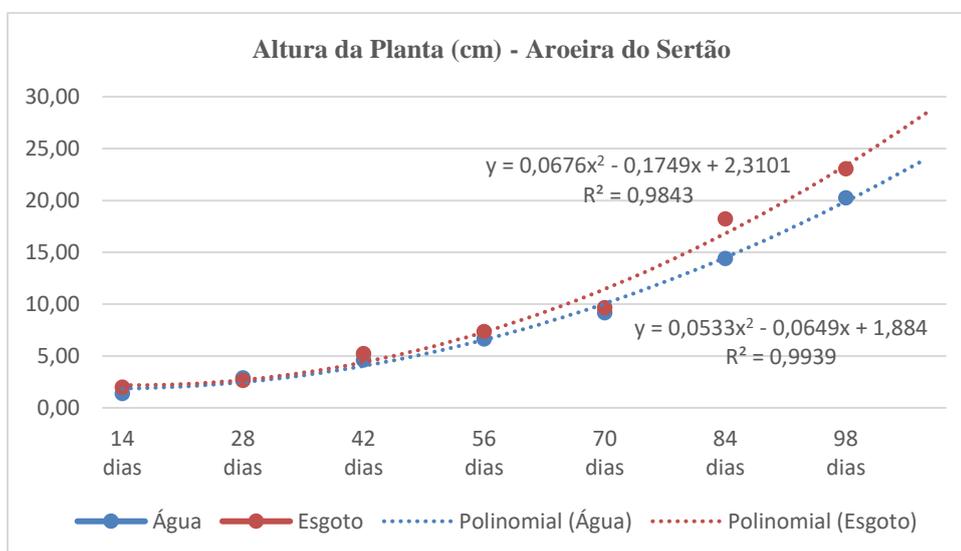
Figura 36 – Comparação Gráfica da do Ipê Roxo (Número de Folhas) em cada fase

Fonte: Autor, 2023.

Arnaldo (2006) produzindo mudas florestais de ipê roxo e aroeira do sertão em um delineamento inteiramente casualizado utilizando esgoto tratado e água em um período de 105

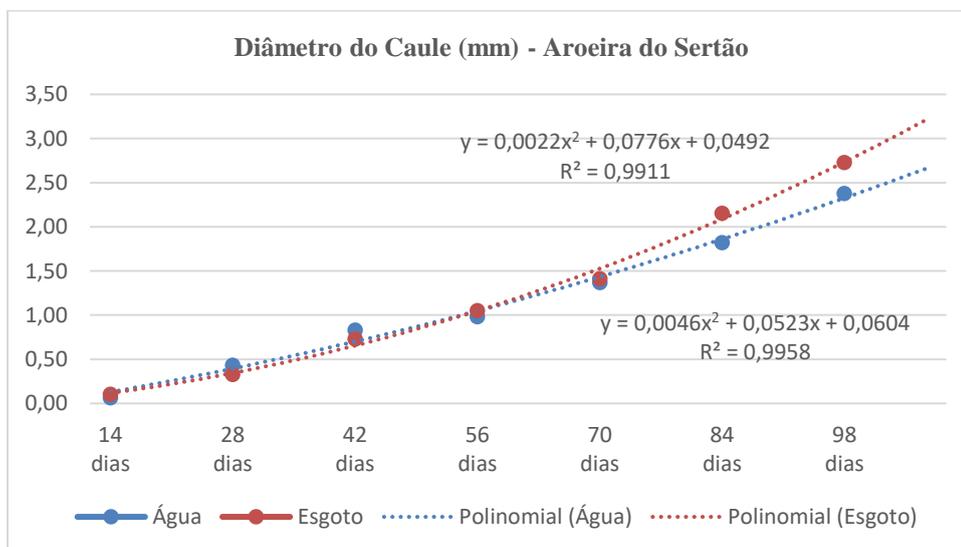
dias, identificou que as mudas apresentaram altura média maior para irrigação com efluente do que com água. Para aroeira 14,72 cm e 24,48 respectivamente e ipê cerca de 13 cm e 24,3 cm, respectivamente. Identificou-se ainda que os tratamentos destas mudas, estatisticamente, apresentaram significativa variação quanto a irrigação. Em relação ao diâmetro do caule, para ambas as espécies florestais, o esgoto tratado apresentou melhor resposta. Para aroeira 3,37 mm e 3,84 mm e ipê cerca de 6,68 mm e 10,34 mm, nessa ordem. O autor verificou ainda, quanto a este parâmetro, que os tratamentos de aroeira não foram afetados pela qualidade da água irrigada, possuindo diâmetros semelhantes, sendo que apenas as de ipê roxo foram afetadas. As figuras 37, 38 e 39 demonstram os resultados graficamente para aroeira do sertão.

Figura 37 – Comparação Gráfica da do Aroeira do Sertão (Altura) em cada fase

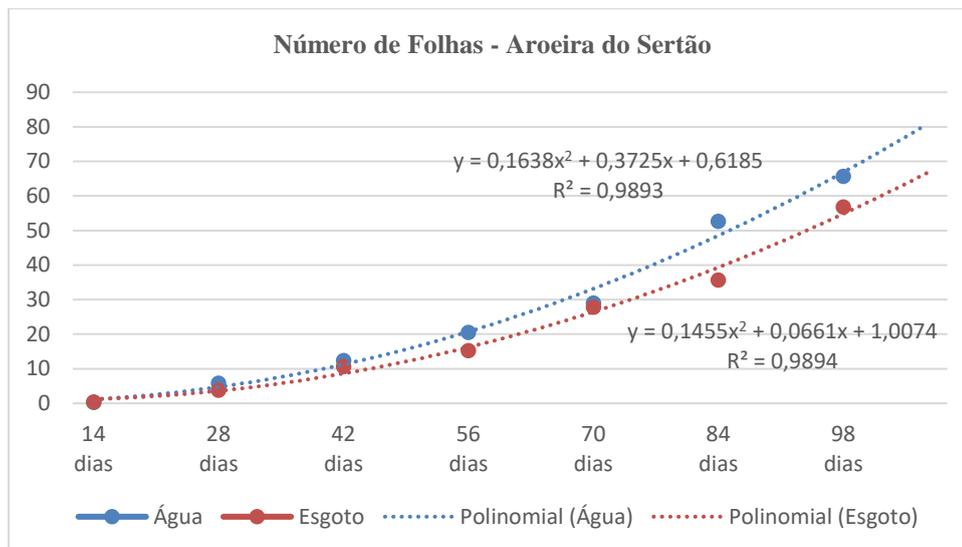


Fonte: Autor, 2023.

Figura 38 – Comparação Gráfica da do Aroeira do Sertão (Diâmetro) em cada fase



Fonte: Autor, 2023.

Figura 39 – Comparação Gráfica da do Aroeira do Sertão (Número de Folhas) em cada fase

Fonte: Autor, 2023.

Brito *et al* (2018) utilizando água residuária na produção de mudas de aroeira do sertão em um delineamento inteiramente casualizado com duração de 150 dias, identificou que o desenvolvimento das mudas em termos de altura, diâmetro e número de folhas foi significativamente maior que as irrigadas com água. Ambos os tratamentos apresentaram, estatisticamente, diferença significativa pelo teste de tukey a 5%.

Apesar dos dados estatísticos desta dissertação não terem sido significativamente distintos, as médias de desenvolvimento das mudas para ambas as espécies foram maiores no efluente tratado devido a maior concentração de macronutrientes e material orgânico. Já em relação ao número de folhas, único parâmetro cujo a água obteve maior resultado do que o efluente tratado, no caso da aroeira do sertão, isto pode ser explicado devido ao tempo do experimento, Brito *et al* (2018) afirma que até os 90 dias iniciais, a espécie ainda não entra no estágio de clímax. Além disso, Pacheco *et al* (2011) afirma que devido a variabilidade genética explicada pela heterogeneidade fisiológica das sementes, pode ser um fator que afeta o desenvolvimento das mudas, devido à diversos fatores: período de colheita, condições de armazenamento das sementes e teor de água.

6. Conclusão

Esta dissertação apresenta os benefícios da implementação de uma estação de tratamento de efluentes com foco no reúso do esgoto tratado, na cidade de Barra de São Miguel, Alagoas. Com base nos resultados apresentados, foi possível identificar as seguintes conclusões:

- a. O efluente tratado atendeu a resolução do CONAMA nº 430/11 em sua totalidade, mas não atendeu as normas de reúso da ABNT NBR 13.969/1997 e SES/SMA/SSRH Nº 1/2017, principalmente quanto aos parâmetros de turbidez e DBO, sendo necessário adotar melhorias no tratamento terciário para o enquadramento;
- b. O efluente tratado apresentou melhores resultados para o desenvolvimento das mudas - altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas – tanto para a aroeira do sertão quanto para o ipê roxo devido a elevada concentração de nutrientes e material orgânico em comparação a água, exceto o número de folhas para aroeira do sertão, mas estatisticamente pelo teste de tukey a 5% não obtiveram significativas diferenças quanto a qualidade de irrigação;
- c. A prática do reúso de efluentes em viveiros no Brasil deve ser mais difundida devido a grande viabilidade econômica e ambiental, visto que além da água ser um recurso nobre, ocasiona melhorias na qualidade do corpo hídrico;
- d. Considerando o não desenvolvimento das espécies A2, I2, I4 E I13 conforme as tabelas 18,19, 20 e 21, novos estudos devem ser conduzidos para identificar as causas do não crescimento destas mudas, visto que o experimento em questão obedeceu a todas as variáveis de controle e seguiu um delineamento inteiramente casualizado.

7. Referências Bibliográficas

ABTECH INDUSTRIES. **Abtech: Technology**. Arizona, 2019. Disponível em: <https://www.abtechindustries.com/technology>. Acesso em: 16 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Brasília, p. 215. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2019. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

ALEJANDRO, S.; HÖLLER, S.; MEIER, B. PEITER, E. **Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation**. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, p. 300, 2020.

ALBUQUERQUE, Igor; ALENCAR, Ane; ANGELO, Claudio; AZEVEDO, Tasso; BARSELLOS, Felipe; COLUNA, Iris; COSTA, Ciniro; CREMER, Marcelo. **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as metas de clima do Brasil (1970-2019)**. Observatório do Clima, [s. l.], p. 1-41, 2020. Disponível em: https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

ALRABABAH, Mohammad, BANI-HANI, M., ALHAMAD, Mohammad, BATAINEH, Mo'ath. (2008). **Boosting seedling survival and growth under semi-arid Mediterranean conditions: Selecting appropriate species under rainfed and wastewater irrigation**. *Journal of Arid Environments – J ARID ENVIRON*. 72. 1606-1612. 10.1016/j.jaridenv.2008.03.013.

ALVES, G. P. M.; FONINI, A.; GIRARDELLO, V.; THOMÉ, A. **Caracterização do esgoto sanitário coletado na cidade de Passo Fundo-RS**. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*. n. 10, p. 25-29, 2007.

AMARAL, Elizabeth; IONEKURA, Márcio; COSTA, Joelithon. **Produção de Mudanças de Ipê Roxo irrigadas com efluente doméstico tratado para fins de reflorestamento**. Congresso Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, [s. l.], ed. 30, p. 1-10, 2019.

ANDRADE, Edvanildo, SARMENTO, Maria Iza De, JUNIOR, Ednaldo, MOREIRA, Joserlan, NÓBREGA, Éverson, CAIANA, Clarice, NETO, Francisco, MEDEIROS, Aline, MARACAJA, Patrício. (2020). **Reutilização de água para produção de mudas de pinha**. *Research Society and Development*. 9. E536974403. 10.33448/rsd-v9i7.4403.

ANDREOLI, C. V. **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

APARECIDA, Maria; LIMA, Taine; THIAGO, Jefferson; ARAÚJO, Cristiano; LIRA, Hemeson. **Qualidade de água designada para abastecimento público de Rio Branco - AC**. *Direitos Sociais em tempos de crise*, [s. l.], p. 1-11, 2020.

ARAGÃO, Lucio Vinícius; SOUZA, Sérgio; SILLAS, Arnon; CONCEIÇÃO, Denise. **Avaliação de desempenho do reator UASB no tratamento do efluente da Universidade Federal de Sergipe**. *Revista DAE*, [S. l.], v. 68, n. 277, p. 221-234, 1 jul. 2019.

ARAÚJO, B. A. DE. **Produção de Mudanças Florestais do Bioma Caatinga Irrigadas com Esgoto Doméstico Tratado**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, p. 1–108, 2006.

ARAÚJO, B. A. DE et al. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga**. Principia, p. 48–53, 2007.

ARNALDO, Beranger; DANTAS, José; ANTUNES, Vera Lúcia; SALES, Joelma. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga**. Principia, João Pessoa, n. 15, p. 1-6, 2007.

ARRAES, Ronaldo, MARIANO, Francisca, SIMONASSI, Andrei. (2012). **Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial**. Revista de Economia e Sociologia Rural. 50. 119-140. 10.1590/S0103-20032012000100007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. RJ. 1997.

AVIJIT, M., MD, A., & MHIA, M. Z. (2018). **Design and feasibility analysis of a low-cost water treatment plant for rural regions of Bangladesh**. AIMS Agriculture and Food. 3(3), 181–33. Doi:10.3934/agrfood.2018.3.181.

AYERS, R. S.; WESTCOOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. 2º edição. Porto Alegre: Bookman, 2002. CDU 43/549:574.2/9.

BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., and MUNIZ, A.S. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0.

BEZERRA, Cléssia; ANDRADE, Thiago. **Qualidade da água em uma escola municipal do alto sertão paraibano**. Temas em Saúde, João Pessoa, v. 16, ed. 3, p. 1-18, 2016.

BEZERRA, V. G. de S., TAVARES, M. G., DOMBROSKI, S. A. G., CAVALCANTE, F. L., SOUZA, L. di, MARTINS, R. C. G., & BATISTA, R. O. (2021). **Desempenho de estação de tratamento de esgoto doméstico no semiárido brasileiro e potencial de seu efluente para fins de irrigação / Performance of domestic sewage treatment plant in the Brazilian semiarid region and potential of its effluent for irrigation purposes**. Brazilian Journal of Development, 7(4), 36159–36174.

BIOGILL. **Technical Design Manual**. 3ª versão. Setembro, 2015.

BIOGILL. **Sales Brochure Decentralized Sewage**. Abril, 2017.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. PortoAlegre: Bookman, 2013. 704p

BRANDÃO, Marcos; PACHECO, Carlos Eduardo. **Reúso de água na agricultura**. Brasília – DF: Embrapa, 2014.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. p. 318

BRAILE, Pedro Marcio. **Manual de Tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

BRASIL. **Lei 6.938 de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente**. 1981.

BRASIL, **Lei nº 10711 de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências**. Disponível em: acesso em 28 de novembro de 2018.

BRASIL. 2020. **Lei nº 14.026. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal) – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2011**.

BRITO, Raimundo, NETO, Miguel, MORAIS, Maria, DA SILVA, Dias, NILDO, Lira, R.B.. (2018). **Use of wastewater in the production of Aroeira seedlings**. Revista Caatinga. 31. 687-694. 10.1590/1983-21252018v31n318rc.

BOLL R., DERNBACH H., KAYSER R. (1986): **Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany**. Water Sci. Technol., 18: 383–390.

BOMFIM, A. A. **Qualidade de mudas de madeira-nova (Pterogyne nitens Tull.) produzidas em tubetes e sacolas plásticas e seu desempenho no campo**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia. 2007.

BORGES, L. A. C; REZENDE, J. L. P; PEREIRA, J. A. A. **Evolução da legislação ambiental no Brasil**. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, Maringá, v.2, n.3, p. 447-466, set. /dez. 2009.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARLOS, Antônio; CRISTINA, Maria; DOMINGUES, Antônio. **Tratamento e avaliação estatística de variáveis de controle do processo de lodos ativados : estudo de caso com dados de monitoramento padrão de estação de tratamento de efluentes de grande porte**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, [S. l.], p. 1-16, 17 out. 2021.

CASTRO, E. **Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia**. Novos Cadernos NAEA, v. 8, n. 2, p. 5-39, Pará: dez. 2005.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A, 2016. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda.

CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente (Coema). **Resolução nº 02, de 02 de Fevereiro de 2017. Dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras**. CE. 2017.

Centeno, L.N.; Guevara, M.D.F.; Cecconello, S.T.; Sousa, R.O. & Timm, L.C. (2017) - **Textura do solo: Conceitos e aplicações em solos arenosos**. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, vol. 4, n. 1, p. 31-37.

CHEN, C.R., CONDRON, L.M., XU, Z.H., 2008. **Impacts of grassland afforestation with coniferous trees on soil phosphorus dynamics and associated microbial processes: a review**. For. Ecol. Manag. 255, 396–409

CHERNICHARO, C.A.L, **Reatores anaeróbios**. 1.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 245 p. (Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. 1997.

CHUNG, t.s, LI, x., ONG, r.c., GE, Wang. **Emerging Forward Osmosis (FO) Technologies and Challenges Ahead for Clean Water of Energy Application, Current Opinion in Chem. Eng**, 1(2012) 246–257.

CNCFlora. **Handroanthus impetiginosus in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus impetiginosus](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus_impetiginosus)>. Acesso em: 22/10/2021.

CNPI. **Aroeira do Sertão**. [S. l.], 2003. Disponível em: <http://www.cnip.org.br/bdnpn/fotosdb/Aroeira.pdf>.

CNPI. **Banco de Dados de Imagens do Centro Nordestino de Informações das Plantas**. [S. l.], 2010. Disponível em: http://www.cnip.org.br/banco_img/Aroeira/index.html. Acesso em: 22 mar. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Ministério do Meio Ambiente. (2006) Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, 9 mar. 2006.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Resolução n. 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH n. 54, de 28 de novembro de 2005.** Diário Oficial da União, Brasília, 16 mar. 2011.

CORTEZ, Priscila Andressa. **Manual prático de morfologia e anatomia vegetal.** Ilhéus, BA: Editus, 2016. 92 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Barra de São Miguel, estado de Alagoas.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRESPILHO, Frank Nelson; SANTANA, Claudemir Gomes; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira. **Tratamento de efluentes da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação.** Química Nova, v. 27, n. 3, 2004, p.387-392.

CROMER, R.N. **Irrigation of radiate pine With Wastewater: A review of tree growth and water renovation.** Aust. For, v. 43, 1980, 87-100p.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L. A.; SILVA, J. A. L. da.; SOUZA, V. C. de. **Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl.** Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DAWOUD, M.; SALLAM, Osama; ABDELFATTAH, Mahmoud. (2012). **Treated Wastewater Management and Reuse in Arid Regions: Abu Dhabi Case Study.**

DE CASTRO, César. **Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. 54p.

DE PAULA, A. M.; NOGUEIRA, S. F.; SANTIN, R.; GOMES, T. M.; DEON, M. D. I.; MONTES, C. R (2011). **Reuso de efluentes nos estoques de carbono e nitrogênio no solo e na produtividade da cana sem despalha a fogo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia, MG: CBCS, 2011.

DOMKE, G. M., OSWALT, S. N., WALTERS, B. F., MORIN, R. S. (2020). **Tree planting has the potential to increase fluent sequestration capacity of forests in the United States.** Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 117, 24649–24651. Doi: 10.1073/pnas.2010840117.

DUARTE, I. (2021). **Estudo de Caso: Aplicação de Nanotecnologia em uma Estação De Tratamento de Efluentes Domésticos em São Miguel dos Milagres – Alagoas.** Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, 7(1), 51.

DUBOU, Fernando; LIMBERGER, Maurício (2016). **Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil.** IPNI, ISSN 2311-5904.

EMBRAPA. **Degradação do solo: um problema rural e urbano**. [S.l.: s.n.], 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17938389/especial-30-anos-tecnologias-ajudam-a-recuperar-areas-degradadas>> Acesso em: 11 de jun. de 2021.

EMBRAPA. **Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?**. Recursos naturais, [S. l.], p. 1-2, 4 dez. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20o%20solo%20tem,dos%20gases%20de%20efeito%20estufa>. Acesso em: 15 mar. 2023.

EMBRAPA. **Orientações para coleta de solo para análise**. 2º edição: 2012.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.5, p.467–477, 2010.

FABRIZ, Fernando. **Química de Solos: Uma introdução**. AQUA, [S. l.], p. 1-13, 1 fev. 2012.

FARGIONE, J. E., BASSETT, S., BOUCHER, T., BRIDGHAM, S. D., CONANT, R. T., COOK-PATTON, S. C., et al. (2018). **Natural climate solutions for the United States**. Sci. Adv. 4:eaat1869. Doi: 10.1126/sciadv.aat1869.

FERREIRA, D. F. Sisvar: **A computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, v.35, p.1039-1042, 2011.

FONTENELLI, J. V.; **Métodos de manutenção de umidade do solo no cultivo do girassol e cártamo em condições controladas**. Rondópolis – MT, 2014.

FRANCISCO, Sérgio; MANFRED, Emanuel; QUEIROZ, Silvana. **Reúso de água potável como estratégia para a escassez: Poluentes Associados ao Rios Urbanos – 1º edição – Santana de Parnaíba: Manole, 2021.**

FRANCO, Lafayette Sobral. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

FREITAS, F. G. et al. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento. Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2014.

FUNASA. Ministério da Saúde. **Manual Prático de Análise de Água-2013**.

GALKINA, Elena; VASYUTINA, Olesya. **Reuse of treated wastewater**. 2018. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 365 022047.

GENTRY, A.H. **Bignoniaceae: Part II (Tribe Tecomeae)**. Flora Neotropica, v. 25, n. 2, p. 1-370, 1992.

GERBA, C.P. **Indicator Microorganisms**. In: MAIER, R.M.; PEPPER, I.L.; GERBA, C.P. (eds). Environmental microbiology. 2.ed. Cambridge: Academic.

GLEICK, P.H et al. (2014). **The World's Water: The Biennial Freshwater Resources**. Washington, DC: Island Press).

GOOGLE EARTH. **Localização de Barra de São Miguel**. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 11 de jun. de 2021.

GOGINA, E., RUZHITSKAYA, O., & SHMALKO, V. (2018). **Modern of wastewater treatment for low-capacity facilities**. MATEC Web of Conferences, 178, 09016. Doi:10.1051/mateconf/201817809016.

GOMES, Mauro, COUTO, Laércio, LEITE, Helio, XAVIER, Aloisio, RIBEIRO, Garcia. (2002). **Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de Eucalyptus grandis**. Revista Árvore. 26. 10.1590/S0100-67622002000600002.

Gomes, F. P. 2009. **Curso de estatística experimental**. 15 th ed. FEALQ, Piracicaba.

GUIDOLIN, J.C. **Reúso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2006. S.p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr. F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. Ed. New York: Englewood Clippis, 2011. 900 p.

HUNT CB (1972). **Geology of soils: their evolution, classification, and uses**. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

IKUMA K; DECHO AW; LAU BLT, 2013. **The bastions of wastewater— a biofilm way of life**. Nature Education Knowledge. 4(2): 2–19.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades: Barra de São Miguel**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/barradesaomiguel>>. Acesso em: 25/08/2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). **Ipê Roxo**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/ipe-roxo>. Acesso em: 22 out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sistema Deter: Observação da Terra**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>. Acesso em: 11 jun. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km²**. INPE, [S. l.], p. 1-3, 18 nov. 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294. Acesso em: 22 out. 2021.

IPMA. **Instituto de Preservação da Mata Atlântica: Sobre Nós/Objetivos**. [S. l.], 2019. Disponível em: http://www.ipma.org.br/?page_id=7. Acesso em: 25 ago. 2021.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta. **Tecnologias ambientais: em busca de um significado**. Revista de Administração Pública RAP, Rio de Janeiro, 2010.

JACINEUMO, S. M. C. et al. **Avaliação de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado**. AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO, v. 9, p. 46–52, 2013.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 4ª Edição, Rio de Janeiro, 2005, p.932.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda, 2011. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6º Ed. Rio de Janeiro: ABES.

JUNIOR, Sant'Anna; LIPPEL, Geraldo. **Tratamento Biológico de Efluentes: Fundamentos e aplicações** – 2ª edição – Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES setorial, Rio de Janeiro, n. 16, 2002.

KENDALL, A., MCPHERSON, E. G. (2012). **A life cycle greenhouse gas inventory of a tree production system**. Int. J. Life Cycle Assess. 17, 444–452. Doi: 10.1007/s11367-011-0339-x

KHAN, Abdul Atallah, SHAHEEN, Azra, AHMAD, Ijaz, MALIK, Fazal, SHAHID, Hafiz Abdullah. (2011). **Correlation of COD and BOD of Domestic Wastewater with the Power Output of Bioreactor**. Journal- Chemical Society of Pakistan. 33. 269-274.

KINAPARA, Daniel Ioshiteru. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa, Cerrados, 2003. 27p.

KUMMER, A. C. B.; ANDRADE, L.; GOMES, S. D.; FAZOLO, A.; HASAN, S. D. M.; MACHADO, F. **Tratamento de efluente de abatedouro de tilápia com adição de manipueira na fase anóxica**. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 150-157, 2011.

LABOISSIÈRE, Juliana. **A Economia Circular Aplicada no Brasil: Uma Análise a Partir dos Instrumentos Legais Existentes para a Logística Reversa**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, [s. l.], p. 1-16, 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_036M.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

LABORSOLO. **Solo compactado e baixa produtividade? Verifique a presença de Sódio (Na) no solo!**:ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/solo-compactado-e-baixa-produtividade-verifique-a-presenca-de-sodio-na-no-solo>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LABORSOLO. **Micronutrientes: conhecendo o Cobre**. ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutriente-conhecendo-o-cobre>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LABORSOLO. **Micronutrientes: conhecendo o Zinco**. ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutrientes-conhecendo-o-zinco#:~:text=Principais%20fun%C3%A7%C3%B5es%20do%20Zinco%3A,envolvidos%20no%20crescimento%20das%20plantas>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LAMBAIS, G. R. et al. **Águas residuárias na produção de mudas florestais do bioma caatinga**. O semiárido brasileiro e suas especificidades, v. 53, p. 1–9, 2019.

LAURANCE et al. 2000. **Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation**. *Oryx*, 34 (1), pp. 39-45.

LEWIS, S.L. 2005. **Tropical Forests and Atmospheric Carbon Dioxide: Current Knowledge & Potential Future Scenarios**. Avoiding Dangerous Climate Change Symposium, Exeter, 1-3. Fevereiro de 2005.

LIMBERGER L.; CORRÊA, G. T, 2005. **Diagnóstico ambiental do ribeirão Lindóia (Londrina-PR). Aspectos físico-químicos e bacteriológicos**. Revista eletrônica da associação de geógrafos brasileiros. V.2, nº 2, ano 2.

LIMA, I. F. **Geografia de Alagoas**. São Paulo: Editora do Brasil S/A, Coleção didática do Brasil, vol. 14, 1965.

LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum Ltda. Nova Odessa, São Paulo vol. 1, 368 p.

MACHADO JÚNIOR, A. R.; LAPOLLI, F. R.; RÉCIO, M. A. L. **Avaliação das características físico-químicas e biológicas dos resíduos de tanques sépticos coletados por caminhões limpa-fossas na cidade de Tubarão – SC**. In: Congresso Interamericano AIDIS, 31, Santiago. 2008.

MAGGI C. F.; FREITAS, P. S. L. DE; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. **Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.2, p.170-177, 2011

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de Plantas Visitadas por Abelhas na Caatinga**. Editora Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza-CE, 1ª Edição. 2012.

MAIS SOJA. **Fósforo: importância, manejo e sintomas de deficiência**. +Soja, 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/fosforo-importancia-manejo-e-sintomas-de-deficiencia2/#:~:text=Nas%20plantas%2C%20o%20F%3%B3sforo%20desempenha,de%20assimilados%20e%20carga%20gen%C3%A9tica>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MAIS SOJA. **Cálcio: Importante para as plantas e para o solo**. +Soja, 2021. Disponível em: <https://maissoja.com.br/calcio-importante-para-plantas-e-para-o-solo/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MARACAJA, Patrício; ANDRADE, Samduel; OLIVEIRA, Andreia. (2017). **Diagnostico do Potencial Poluidor das Agroindústrias Familiares sobre o Rio Piancó**.

MARQUELLI, Waldir; BRAGA, Marcos. **Irrigação Na Produção De Mudanças De Hortaliças**. Campo e Negócios, [S. l.], p. 1-4, 6 dez. 2016.

MAZZOLENIS, Eduardo. **Reúso de água potável como estratégia para a escassez: Escassez de água, gestão de saneamento e dos recursos hídricos; Paradigma atual e necessidade de trilhar novos caminhos – 1º edição – Santana de Parnaíba: Manole, 2021.**

MELI, S; PORTO, M; BELLIGNO, A; BUFO, A.S; MAZZATURA, A; SCOPA, A (2002). **Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition**. The Science of the Total Environment, v. 285, p. 69-77.

MELO, H. N. S.; MELO, J. J. S.; NETO, C. O. A.; GUIMARÃES, A. K. V, 2002. **Avaliação estatística da determinação do teor de óleos e graxas em efluente doméstico**. SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória.

METCALF & EDDY, 2003, **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**, 4^a ed., New York: McGraw Hill.

METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Ed. Aecom, 5^o edição, 2015.

MEYFROIDT, P., LAMBIN, E.F., 2011. **Global forest transition: prospects for an end to deforestation**. Annu. Na. Environ. Resour. 36, 343–371.

MONACO, P. A. V. Lo; MATOS, A. T. de; RIBEIRO, I. C. A; BATISTA, A. P. da S; MIRANDA, S. T; EUSTÁQUIO JR, V. **Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico**. Caatinga, Mossoró, v. 27, n. 1. p. 28 -40, 2014.

MOTA, S. et al. **Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB): Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. 2007.

MUNGUAMBE, J. F. **Qualidade morfológica de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiros comerciais**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2012.

NSFC, Ohio. **Livestock Manure and Waste Water Management Guide**. WWBKMGIO. Small Flows, 4,1, 46. National Small Flows Clearing House. West Virginia University, 2003.

NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383p.

NUNES, José Alves. **Tratamento Biológico Águas Residuárias**, 1^o Edição, Aracaju, 2010.

OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development). **Wastewater Treatment**. Paris, 2019. Disponível em: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=WATER_TREAT. Acesso em: 8 set. 2021.

OLIVEIRA, T. A. ., ALVES, L. ., MARTINS, A. C., & MORENO, M. I. (2015). **A Importância do Solo Para o Desenvolvimento das Hortaliças**. ENCICLOPEDIA BIOSFERA, 11(22).

OLIVEIRA , Gilmar. **Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em brachiaria**. Orientador: Dr. Rogério Teixeira de Faria. 2015. 198 f. Tese (Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, [S. l.], 2015.

OMM. ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE. **Système d'information hydrologique au fluente d'une gestion intégrée des ressources na eau**. Directives WHYCOS.

Système mondial d'observation du cycle hydrologique. Organisation Météorologique Mondiale. 2005.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 15/10/2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf> >. Acesso em: 15/10/2021.

OLIVEIRA, M. C. OGATA, R. S., ANDRADE, G. A., SANTOS, D. S., SOUZA, R. M., GUIMARÃES, T. C., JÚNIOR, M. C. S., PEREIRA, D. J. S., RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Rede de Sementes do Cerrado, 2016.

OLIVEIRA, Bruno. **Teste de Tukey para Comparações Múltiplas**. Statplace, [S. l.], p. 1-2, 21 ago. 2019. Disponível em: <https://statplace.com.br/blog/comparacoes-multiplas-teste-de-tukey/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). **Information system on water and agriculture – AQUASTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>>. Acesso em: 22/10/2021.

PACHECO, M. V.; SILVA, C. S. da; SILVEIRA, T. M. T.; HÖLBIG, L. dos S.; HARTEK, F. S.; VILLELA, S. A. **Physiological quality evaluation of the radii Schinus terebinthifolius seeds**. Revista Brasileira de Sementes, v.33, n.4, p.762-767, 2011.

PAES JB, MORAIS VM, LIMA CR, SANTO GJC. **Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo**. Rev Árvore. 2009;33(3):511-20.

PAULINO, Walt Disney; TEIXEIRA, Francisco José Coelho, 2012. **A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste**. In: ANA – Agência Nacional de Águas. A Questão da Água no Nordeste/ Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. – Brasília, DF: CGEE.

PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and use in agricultura**. Rome: FAO, 1992. 125 p.

PREZOTTI, Luiz Carlos. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

QUEIROZ, Adelmo; QUEIROZ, Sérgio; ARAGÃO, Carlos. (2015). **Reuso de efluentes domésticos na irrigação por gotejamento do tomareiro**. Pesquisa Agropecuária Pernambucana. 10.12661/pap.2015.006.

RAMANKUTTY, N., FOLEY, J.A., 1999. **Estimating historical changes in global landcover: croplands from 1700 to 1992**. Glob. Biogeochem. Cycl. 13, 997–1027.

RATIS, A. N. F. A. **Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgotos domésticos de Natal**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do

Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia. 2009.

REBOUÇAS, Jonatas, NETO, Miguel, DA SILVA, Dias, NILDO, Gomes, Jonath, GURGEL, Gabriela, QUEIROZ. (2018). **Qualidade de Mudas de Sabiá Irrigadas com Efluente Doméstico**. FLORESTA. 48. 173. 10.5380/rf.v48i2.54366.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max (2017). **Water Use and Stress**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>. Acesso em 22/10/2021.

RIZZINI CT. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. Manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blücher; 1971. p. 226.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

ROSA, L.; VIEIRA, T. A.; SANTOS, D. S.; SILVA, L. C. B. da. **Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura**. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 52, n. 1, p. 87-98, 2009.

ROSSI, Regis Faria (2020). **Introdução a Estatística Descritiva – Tratamento e Análise de Dados/Informações**. USP.

ROUT Gr.; DAS P. (2003). **Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc**. Agronomie, 23: 3-11.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. **Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária**. Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.6, p.755–764, 2009.

SANGEL DE OLIVEIRA, Brunna Stefanny; CAVALCANTI DA CUNHA, Alan. **Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá**. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 9, núm. 2, abril-junio, 2014.

SANTIN, D.A; LEITÃO-FILHO, H.F. 1991. **Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero Myracrodruon Freire-Allemão (Anacardiaceae)**. Revista Brasileira de Botânica 14:133-145.

SANTOS, H.F; MANUCOS, P.C.S.M. **O conceito de reúso de água**. In: SANTOS, H.F; MANCUSO, P.C.S.M (eds). Reúso da água. Barueri, Manole, 2003.

SANTOS G. O. **Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em Brachiaria**. Tese doutorado, 197 p. Jaboticabal (SP). 2015.

SANTOS, T O et al. **Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um Estudo de Revisão**. Revista Geográfica Acadêmica, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SMA/SSR n° 01, de 28 de Junho de 2017. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações**

de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá outras providências. SP. 2017.

SAURÍ, David; ARAHUETES, Ana. (2019). **Water reuse: A review of fluent international contributions and na agenda for future research.** Documents d'Anàlisi Geogràfica. 65. 399. 10.5565/na/dag.534.

SAHRAWAT, K. L. **Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients.** Journal Plant Nutrition, v. 27, p. 1471-1504, 2004.

SCHMIDT, M.W.I., TORN, M.S., ABIVEN, S., DITTMAR, T., GUGGENBERGER, G., JANSSENS, I.A., KLEBER, M., KOGEL-KNABNER, I., LEHMANN, J., MANNING, D.A.C., NANNIPIERI, P., RASSE, D.P., WEINER, S., TRUMBORE, S.E., 2011. **Persistence of soil organic matter as an ecosystem property.** Nature 478, 49–56.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Crescimento do Ipê-Roxo, *Tabebuia impetiginosa* Martius ex. A. P. de Candolle, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul.** Ciência Florestal, v. 10, n. 2, p. 91-100, 2000.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; UHI, C.; LENTINI, M.; VIDAL, E. **Evaluating ipê (*Tabebuia Bignoniaceae*) logging in Amazônia: sustainable management or catalyst for forest Degradation?** Biological Conservation, v.141, p.2071-2085, 2008

SEHAR, Shama; NAZ, Iffat. (2016). **Role of the Biofilms in Wastewater Treatment.** 10.5772/63499.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (2019). **Irrigação: fertirrigação e reúso.** Brasília. 64 p.

SENGIK, Erico S (2003). **Os macronutrientes e os micronutrientes das Plantas.** p.22.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Reflorestamento: produção de mudas florestais no bioma amazônico / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.** (Senar). — 1. Ed. Brasília: Senar, 2018. 116 p.

SHETE, Bharati. (2013). **Comparative Study of Various Treatments For Dairy Industry Wastewater.** IOSR Journal of Engineering. 3. 42-47. 10.9790/3021-03844247.

SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de Mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** 2003. 107 f.. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) –Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, R. J. et al. **Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 20, n. 2, p. 323–330, 2015.

SILVA, Robson José. **Caracterização do Esgoto Tratado na ETE Mangueira e a Viabilidade de Seu Uso em Mudas de Eucalipto.** 2011. 1 f. Mário Takayuki Kato (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, [S. l.], 2011.

SILVA, L. M. Da; BERTI, M. P. da S (2022). **Manganês no solo e nas plantas: uma**

revisão. Scientific Electronic Archives, 15(3).

SILVA, A. A., & Schlindwein, J. A. (2018). **Limitação Nutricional e Crescimento de Plantas de Ipê-Roxo em Latossolo Amarelo Distrófico na Omissão de Nutrientes**. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, 5(2).

SIMON; SCHUSTER'S. **Guide to herbs and spices**. New York: Pocket Books; 1990. p. 256.
SIQUEIRA, Lauda. **Análise da qualidade da água para fins de abastecimento público no rio pardo, município de Ourinhos-SP**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, [S. l.], p. 1-67, 1 mar. 2016.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 147 – 167.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 416p.

SUN, F.; CHEN, M.; CHEN, J (2011). **Integrated Management of Source Water Quantity and Quality for Human Health in a Changing World**.

SU, Chang; ZHANG, Meiling; LIN, Guangwei; ZHONG, CHONG, Haitao (2020). **Reduction of iron oxides and microbial community composition in iron-rich soils with different organic carbon as electron donors**. International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 148.

TACHINI, M; BELLI FILHO, P; PINEIRO, A. **Avaliação do tratamento conjunto de lodo de tanques sépticos e esgotos domésticos em um RALF**. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA. 2002.

TAYLOR, Tony. **Resort Wastewater Treatment System using BioGill Technology**. BioGill Operations, Australia, 2013.

TIBCO. **O que é Análise de Variância (ANOVA)?**. TIBCO Software, [S. l.], p. 1-2, 4 maio 2019.

TIGRE ADS. **Unidade de Qualidade de Água: Ficha Técnica**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.tigre-ads.com/nova-nomenclatura-arquivos-tecnicos-2021/catalogo-unidade-de-qualidade-de-agua-uqa.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

TELLES, D.A.; COSTA, R.H. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2007

TETTEH, Emmanuel, RATHILAL, Sudesh, CHETTY, Maggie, ARMAH, Edward, ASANTE-SACKEY, Dennis. (2019). **Treatment of Water and Wastewater for reuse and Energy Generation-Emerging Technologies**. 10.5772/intechopen.84474.

TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHOM B.; GUIMARÃES, J. R.; FADINI, P. S.; NICOLAU, C. E. **Desnitrificação em um sistema simplificado de tratamento de esgoto**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 4, p. 381-392, 2013.

TUTEJA, N.K., BEALE, G., DAWESC, W., VAZE, J., MURPHY, B., BARNETT, P., RANCIC, A., EVANS, R., GEEVES, G., RASSAM, D.W., MILLER, M., 2003. **Predicting the effects of landusechange on water and salt balance – a case study of a catchment affected bydryland salinity in NSW, Australia.** J. Hydrol. 283, 67–90.

USEPA (US Environmental Protection Agency). **Method 1680: fecal coliforms in sewage sludge (biosolids) by multiple-tube fermentation using lauryl-tryptose broth (LTB) and EC medium.** US Environmental Protection Agency Office of Water, Washington, p. 47, 2010.

VERLICCHI, Paola; MASOTTI, Luigi; GALLETTI, Alessio. (2010). **Wastewater polishing index: A tool for a rapid quality assessment of reclaimed wastewater.** Environmental monitoring and assessment. 173. 267-77. 10.1007/s10661-010-1386-7.

VERMA, N., SINGH, A. K. (2012). **Development of biological oxygen demand biosensor for monitoring the fermentation industry effluente.** ISRN biotechnology, 2013, 236062. <https://doi.org/10.5402/2013/236062>.

VIEIRA, Daniel; SANTOS, Janaina. **Avaliação Dos Parâmetros e Padrões dos Normativos Legais Em Vigor No Brasil Sobre Reúso De Água.** São Paulo, ed. 30º, p. 1-6, 2019. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/10/normativos-legais-brasil-reuso-agua.pdf>. Acesso em: 15/10/2021.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação.** Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 182 p. (EMPAER-MT, Série Documentos, 35).

VON SPERLING, M, 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de efluente.** Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA. UFMG. SEGRAC.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Vol. 1,4º Ed., p. 315-325, 2014.

VON SPERLING, Marcos; VERBYLA, Matthew E.; OLIVEIRA, Sílvia M. A. C. **Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners.** Londres: IWA Publishing, 2020.

WARING, R.H., RUNNING, S.W., 1998. **Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales,**2nd ed. Elsevier, London

WIESMANN, U., CHOI, I.S. E DOMBROWSKI, E.M., 2007, **Fundamentals of Biological Wastewater Treatment.** 1º ed., Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmgH & Co KgaA.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Global Risks Report 2019,** Geneva, ed. 14, p. 1-114, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – **Water, Sanitation and Hygiene Links to Health.** Genebra: World Health Organization; 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – **Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water – Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities,** 2014, p.108.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Ranking the World's Most Water-Stressed Countries in 2040**. World Resources Institute, [S. l.], ano 2015, p. 1-3, 26 ago. 2015.

XIE, Y.X., XIONG, Z.Q., XING, G.X., 2007. **Assessment of nitrogen pollutant sources in surface water of Taihu lake region**. *Pedosphere* 17 (2), 2007. p.200–208

ZHANG, Q., BARNES, M., BENSON, M., BURAKOWSKI, E., OISHI, A. C., OUIMETTE, A., et al. (2020). **Reforestation and surface cooling in temperate zones: mechanisms and implications**. *Glob. Change Biol.* 26, 3384–3401. Doi: 10.1111/gcb.15069.

8. Apêndices

8.1. Apêndice 1

Tabela 16 – Resultados da Lâmina de Água Aplicada e Tempo de Irrigação (15 dias)

Data	Temperatura do Dia (°C)	Umidade do Dia (%)	Lâmina a Ser Aplicada (mm)	Tempo de Irrigação (min)
03/09/2022	26	50	5,2	18
04/09/2022	26	40	5,7	20
05/09/2022	26	60	4,8	16
06/09/2022	25	40	5,2	18
07/09/2022	26	50	5,2	18
08/09/2022	26	60	5,2	18
09/09/2022	25	70	3,9	13
10/09/2022	25	40	5,2	18
11/09/2022	26	40	5,7	20
12/09/2022	26	50	5,2	18
13/09/2022	26	50	5,2	18
14/09/2022	27	50	5,2	18
15/09/2022	27	60	4,8	16
16/09/2022	27	70	4,8	16
17/09/2022	27	60	4,8	16

Fonte: Autor, 2023.

8.2.Apêndice 2

Tabela 17 – Resultados da Lâmina de Água Aplicada e Tempo de Irrigação (Pós 15 dias)

Data	Temperatura do Dia (°C)	Umidade do Dia (%)	Lâmina a Ser Aplicada (mm)	Tempo de Irrigação (min)
18/09/2022	27	70	3,3	11
19/09/2022	26	60	4,8	16
20/09/2022	27	60	4,8	16
21/09/2022	27	50	5,2	18
22/09/2022	27	80	3,6	12
23/09/2022	28	60	5,1	18
24/09/2022	28	50	5,1	18
25/09/2022	27	60	4,8	16
26/09/2022	27	60	4,8	16
27/09/2022	27	80	3,6	12
28/09/2022	27	70	3,3	11
29/09/2022	27	60	4,8	16
30/09/2022	28	80	3,9	13
01/10/2022	28	60	5,1	18
02/10/2022	28	60	5,1	18
03/10/2022	28	60	5,1	18
04/10/2022	27	70	3,3	11
05/10/2022	28	70	4,6	16
06/10/2022	29	70	4,9	17
07/10/2022	28	70	4,6	16
08/10/2022	29	70	4,9	17
09/10/2022	29	70	4,9	17
10/10/2022	28	70	4,6	16
11/10/2022	27	70	3,3	11
12/10/2022	28	60	5,1	18
13/10/2022	28	70	4,6	16
14/10/2022	28	60	5,1	18
15/10/2022	27	70	3,3	11
16/10/2022	28	60	5,1	18
17/10/2022	28	70	4,6	16
18/10/2022	28	70	4,6	16

Tabela 17 (continuação) – Resultados da Lâmina de Água Aplicada e Tempo de Irrigação (Pós 15 dias)

19/10/2022	28	60	5,1	18
20/10/2022	28	60	5,1	18
21/10/2022	28	60	5,1	18
22/10/2022	28	70	4,6	16
23/10/2022	28	70	4,6	16
24/10/2022	29	70	4,9	17
25/10/2022	27	80	3,9	13
26/10/2022	28	70	4,6	16
27/10/2022	24	90	2,7	9
28/10/2022	29	70	4,9	17
29/10/2022	29	70	4,9	17
30/10/2022	29	70	4,9	17
31/10/2022	29	60	5,6	19
01/11/2022	29	70	4,9	17
02/11/2022	27	80	3,9	13
03/11/2022	29	70	4,9	17
04/11/2022	26	80	3,6	12
05/11/2022	26	80	3,6	12
06/11/2022	27	80	3,9	13
07/11/2022	27	80	3,9	13
08/11/2022	26	90	3	10
09/11/2022	26	90	3	10
10/11/2022	26	90	3	10
11/11/2022	28	80	3,9	13
12/11/2022	28	70	4,6	16
13/11/2022	26	90	3	10
14/11/2022	28	70	4,6	16
15/11/2022	27	80	3,9	13
16/11/2022	26	90	3	10
17/11/2022	29	70	4,9	17
18/11/2022	26	90	3	10
19/11/2022	29	60	5,6	19

Tabela 17 (continuação) – Resultados da Lâmina de Água Aplicada e Tempo de Irrigação (Pós 15 dias)

20/11/2022	29	60	5,6	19
21/11/2022	26	80	3,6	12
22/11/2022	26	90	3	10
23/11/2022	26	80	3,6	12
24/11/2022	29	70	4,9	17
25/11/2022	27	80	3,9	13
26/11/2022	29	70	4,9	17
27/11/2022	29	70	4,9	17
28/11/2022	28	70	4,6	16
29/11/2022	26	80	3,6	12
30/11/2022	26	80	3,6	12
01/12/2022	26	80	3,6	12
02/12/2022	27	80	3,9	13
03/12/2022	28	80	3,9	13
04/12/2022	28	70	4,6	16
05/12/2022	27	80	3,9	13
06/12/2022	26	90	3	10
07/12/2022	29	60	5,6	19
08/12/2022	26	80	3,6	12
09/12/2022	29	70	4,9	17
10/12/2022	30	70	4,9	17
11/12/2022	26	90	3	10
12/12/2022	27	80	3,9	13
13/12/2022	29	70	4,9	17
14/12/2022	28	70	4,6	16

Fonte: Autor, 2023.

8.3.Apêndice 3

Tabela 18 – Resultados da Muda de Aroeira do Sertão (Semanas Iniciais).

Tipo	17/set			01/out			15/out			29/out		
	H	D	NF									
A1	0	0	0	3,5	0,3	17	5,75	0,75	57	8	1,2	100
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	14	0,67	3	21	1,73	12	23,5	1,73	13	26	1,73	14
A4	0	0	0	1,5	0,67	5	2,75	0,74	9	4	0,81	14
A5	0	0	0	0	0	0	4	1,41	5	8	1,53	11
A6	0	0	0	0	0	0	4	1,27	5	8	1,51	11
A7	0	0	0	0	0	0	2	0,72	10	7	1,34	27
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A9	0	0	0	3	1,65	24	4,25	1,69	25	5,5	1,73	26
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13	0	0	0	1	0,41	2	9	1,12	3	17	1,96	5
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0,17	6
A16	20	1,04	4	20	1,92	15	24	1,93	17	28,5	1,94	19
A17	0	0	0	0	0	0	7,2	1,37	14	8,5	2,35	23
A18	0	0	0	3	0,68	19	6	1,03	42	9	1,39	55
A19	0	0	0	0	0	0	1,5	1,03	21	1,8	1,39	27
A20	0	0	0	2,5	0,28	2	4,75	0,81	9	7	1,34	17

Fonte: Autor, 2023.

8.4.Apêndice 4

Tabela 19– Resultados da Muda de Aroeira do Sertão (Semanas Finais).

Tipo	12/nov			26/nov			10/dez		
	H	D	NF	H	H	D	NF	D	H
A1	9	1,5	105	9,2	1,5	115	9,6	2,37	120
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	26	2,4	41	39	3,06	73	58	4,4	87
A4	9	0,97	30	24	2,89	139	44	2,92	166
A5	10,5	1,7	16	11	1,94	28	12,3	1,97	33
A6	10,5	1,7	16	12,5	1,88	23	13	2,13	40
A7	9,5	1,51	35	10,5	1,59	41	14	2,15	48
A8	4	0,82	8	5,1	0,97	17	8,8	1,74	29
A9	12	2,14	35	30	3,18	77	39	4,74	109
A10	1,2	0,98	4	2,75	1,21	13	3,9	1,37	25
A11	2,5	0,97	4	3,8	1,17	6	7,4	2,05	17
A12	1,02	0,98	76	1,72	1,58	80	9,5	1,65	126
A13	17,2	1,98	7	18	2,12	16	19,2	2,87	27
A14	0	0	0	32	3,32	11	40	4,8	19
A15	2,5	0,38	7	5	0,63	15	7	1,48	16
A16	35	2,7	24	43	3,89	74	44	5	98
A17	18	2,55	36	49	3,61	45	53,5	3,77	87
A18	11	1,7	66	17	1,82	73	17,6	1,92	93
A19	1,92	1,52	39	5	1,96	16	22	1,97	58
A20	7,7	1,36	19	7,9	1,44	20	10,4	1,77	27

Fonte: Autor, 2023.

8.5.Apêndice 5

Tabela 20 – Resultados da Muda de Ipê Roxo (Semanas Iniciais)

Tipo	17/set			01/out			15/out			29/out		
	H	D	NF	H	D	NF	H	D	NF	H	D	NF
I1	0	0	0	0,4	0,72	0	2,7	1,51	6	5	2,3	10
I2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0	0,05	0,5	4	3,7	0,77	17	7,5	1,03	31
I4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I5	0	0	0	4	0,87	9	4,25	1,02	10	4,5	1,17	12
I6	0	0	0	0,04	0,85	3	1,27	0,92	6	2,5	0,99	9
I7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	1,1	0
I8	0	0	0	2	0,87	4	3,2	0,98	5	4,3	1,2	6
I9	0	0	0	1	0,05	25	4,5	0,64	35	8	1,23	46
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,65	8
I11	0	0	0	1	0,8	6	5	1,03	25	9	1,26	49
I12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I14	0	0	0	2,5	0,46	12	5,75	0,71	28	9	0,95	45
I15	0	0	0	0	0	0	4	0,49	20	8	0,98	23
I16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I17	0	0	0	4	0,8	10	7	1,25	22	10	1,71	25
I18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I19	0	0	0	1,5	0,1	6	4	0,64	13	6,5	1,18	21
I20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,3	0,52	17

Fonte: Autor, 2023.

8.6.Apêndice 6

Tabela 21– Resultados da Muda de Ipê Roxo (Semanas Finais)

Tipo	12/nov			26/nov			10/dez		
	H	D	NF	H	D	NF	H	D	NF
I1	6	2,4	12	6,5	2,51	18	7,2	2,79	23
I2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	12	1,36	50	15	1,76	50	34	2,45	91
I4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I5	5	2,2	19	20	2,95	49	38	4,2	60
I6	5,5	1,5	20	17	2,04	41	23	2,29	67
I7	4	1,8	5	5,3	1,91	13	7,8	1,95	29
I8	6	1,53	8	12	1,96	12	14	1,97	24
I9	8,2	1,41	49	9,3	2,01	53	9,5	3,13	76
I10	2,1	0,68	9	2,7	0,74	23	3,7	1,15	51
I11	10	1,31	76	11,5	1,61	106	19,5	2,15	130
I12	8	0,37	17	18	2,04	39	38	3,17	59
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I14	9,2	0,96	51	11,2	1,7	80	12	2,12	103
I15	10,2	1,3	27	11,7	1,84	35	13,9	2,17	43
I16	0,9	0,33	2	3,7	0,56	6	8,4	0,94	12
I17	11	2,14	30	19	2,52	42	32	2,54	81
I18	0	0	4	1,1	0,31	12	2	0,37	16
I19	7,2	1,35	25	9,5	1,52	33	14,2	3,93	62
I20	6,5	0,82	30	6,5	1,57	36	17	3,24	71

Fonte: Autor, 2023.