

Irrigation system with treated domestic sewage effluent reuse for gardening and landscaping. A case study in a company of the electro-electronic segment of the industrial pole of Manaus

Valdoci Pinto da Silva¹, Italo Jorge Tavares Jimenez², Charles Ribeiro de Brito³

^{1,3} Centro Universitario do Norte – UNINORTE - *Laureate Universites*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

² Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM .

Email: valdocipinto.eng@gmail.com, italo.jimenez@itegam.org.br, charles.rito@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: September 25th, 2018

Accepted: November 01th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The search for alternative water sources makes the use of treated sewage effluent an important strategy for sustainability. The purpose of this study was to verify the viability of the water reuse of the biological domestic effluent treatment plant for garden and landscaping as an alternative source of water. The irrigated species was the Emerald (*Zoysia japonica*). Irrigation occurred for twenty days in two areas, one irrigated with effluent and the other with tap water, in order to contribute for reusing water for less noble uses but in good sanitary conditions. From the data of the company's effluent treatment report, an analysis was performed to evaluate the efficiency of removal of contaminants through the parameters: pH, BOD, COD, Thermotolerant Coliforms and Turbidity, according to the Brazilian norms NBR 13.969/97, which classifies the activity of reuse and also according to CONAMA No. 430/11, which establishes conditions and standards for effluent treatment. After twenty days, only the area irrigated with treated domestic effluent presented a better development of the grass, absence of weeds and without soil exposure. However, the area irrigated with tap water showed low growth, weed growth and soil exposure with space between grass, what badly interfere in the nutrients absorption.

Keywords: Sewage, treatment, reuse.

Sistema de irrigação com reuso de efluente de esgoto doméstico tratado para jardinagem e paisagismo. Um estudo de caso em empresa do segmento eletroeletrônico do polo industrial de Manaus

RESUMO

A busca por alternativas de fonte de água torna o uso de efluente de esgoto tratado uma estratégia importante para a sustentabilidade. O objetivo foi verificar a viabilidade do reuso de água da estação de tratamento de efluente doméstico biológica para jardim e paisagismo como fonte alternativa de água. A espécie irrigada foi a Esmeralda (*Zoysia japonica*). A irrigação ocorreu por vinte dias, em duas áreas sendo uma irrigada com efluente e a outra com água da concessionária, a fim de contribuir na reutilização da água para fins menos nobres porém sanitariamente segura. A partir dos dados secundários contidos no relatório de tratamento do efluente da empresa foi realizada análise para avaliar a eficiência de remoção dos contaminantes através dos parâmetros: pH, DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes e Turbidez, conforme NBR 13.969/97 que classifica a atividade de reuso e o CONAMA N° 430/11 que estabelece condições e padrões do tratamento de efluente. Após vinte dias, apenas a área irrigada com efluente doméstico tratado apresentou um melhor desenvolvimento da grama, ausência de erva daninha e sem exposição do solo. Entretanto a área irrigada com água da concessionária apresentou baixo crescimento, o crescimento de erva daninha e exposição do solo com espaço entre a grama, prejudicando na absorção de nutrientes.

Palavras-chave: Esgoto, tratamento, reuso.

I INTRODUÇÃO

A água é o elemento fundamental para a vida e é um dos recursos preciosos no planeta, compondo mais de 60% da fisiologia do corpo humano, e dada sua importância, em busca de sobrevivência o homem sempre procurou instalar-se, sempre que possível próximo de mananciais e outras fontes deste recurso [1].

A água é um recurso finito e essencial à sadia qualidade de vida assim como o meio ambiente ecologicamente equilibrado, mantendo os seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como componente de valores sociais e culturais, além de enorme fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas [2].

O reuso de água é um fator primordial para a qualidade ambiental e vem sendo adotado desde muito tempo pela humanidade, devido à preocupação com a escassez, principalmente em regiões onde ela não existe em quantidades generosas [3, 4]. Com o passar dos anos, as técnicas foram aperfeiçoando e atualmente, uma gama de opções de equipamentos e técnicas está disponível, sendo uma delas a utilização do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico [5].

O Brasil passou a ter uma política sólida há pouco tempo voltado para recursos hídricos. Com a política de gerenciamento dos recursos hídricos, Conama e normas brasileiras, inúmeros e diferentes sistemas de tratamento de efluentes de origem urbana, industrial e agrícola foram implantados e desenvolvidos para atender as exigências legais das legislações vigentes no que se refere ao uso e manejo da água [6].

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 13.969 [7], item nº 5.6 – Reuso Local (ABNT 1997), destaca que o esgoto de origem essencialmente doméstica, após tratamento pode ser reutilizado para atividades que exigem qualidade para fins menos nobres, mas sanitariamente segura, como: irrigação de jardins, lavagem de pisos e carros, descarga de vasos, manutenção paisagística, irrigação de campos agrícolas e pastagens [8]. O grau de tratamento é estabelecido pela norma no reuso menos e mais exigente, sendo definidas classificações e respectivos valores de parâmetro do efluente para reuso. Classe 1: Lavagem de carros; Classe 2: Lavagem de pisos e irrigação de jardim; Classe 3: Descargas em vasos sanitários; Classe 4: Reuso na pastagem para gados [9].

Em Manaus, a legislação usada para reuso de efluente é a Lei nº 1.192 de 31 de Dezembro de 2007, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS [10]. Os empreendimentos que implantarem, espontaneamente, o sistema de reuso de águas servidas, poderão requerer os incentivos previstos no Código Ambiental do Município de Manaus nº 605/01 [11], sendo concedidos à pessoa física ou jurídica que invistam na melhoria da qualidade ambiental [12].

O reuso de água foi uma das questões primordiais da Agenda 21, foi recomendado aos países participantes da ECO 92, a implantação de políticas de gestão para uso e reciclagem de efluentes, com práticas ambientais adequadas e a proteção da saúde pública [13]. Tornando disponíveis informações, instrumento e tecnologias apropriadas para encorajar e tornar operacional o sistema de reuso de água, sendo uma proteção de qualidade das fontes de abastecimento e dos ecossistemas aquáticos [14].

Atualmente, o uso de efluente tratado para irrigação de jardins vem aumentando aos poucos, pois ainda há falta de conhecimento do reuso do efluente e a falta de profissional capacitado em muitas empresas [15-17]. A aplicação do efluente tratado no solo é uma forma eficaz de controle da poluição dos

rios. Pesquisadores [5, 18, 19] afirmam que, o reuso de água planejado e administrado, traz melhorias ambientais contínuas e de condições de saúde pública, evitando a destinação sem tratamento do esgoto bruto nos rios; preservando recursos subterrâneos, principalmente em áreas; permitindo a conservação do solo, através da acumulação de “húmus”, aumentando a resistência à erosão.

Em estudos, efluente doméstico despejado *in natura* em solo com gramas Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japônica*) e São Carlos (*Axonopus sp*), concluiu que é uma alternativa ótima e barata reduzindo gastos com fertilizantes e melhor proteção ao meio ambiente, obtendo resultados melhores resultados no desenvolvimento da grama, sem causar alterações nas qualidades dos solos e da água do lençol freático [20].

O tratamento de efluente doméstico é importante para a manutenção da vida dos corpos hídricos e controle de qualidade do mesmo, deve ser obedecido conforme legislação vigente para avaliar a eficiência da estação de efluente doméstico [21].

A função fundamental das Estações de Tratamento de Esgoto é colaborar com Ciclo Hidrológico, para que a água retorne sem oferecer riscos ao meio ambiente [22]. A água não tem qualidades para consumo nobres após a saída das estações de tratamento, porém pode ser reutilizada nas atividades que não necessitam de água potável, como a prática de irrigação na jardinagem, contribuindo para redução de gastos e a sustentabilidade sem afetar as futuras gerações para o uso deste recurso [23]. O uso de efluente tornou-se uma atividade essencial nesse processo, promovendo o uso da água de forma racional. Em busca de melhorar a qualidade e uso consciente dos recursos hídricos para que todos tenham acesso a este bem precioso, o estudo presente visa a viabilidade do uso do efluente doméstico proveniente de tratamento biológico como alternativa no processo de irrigação na jardinagem.

II MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na empresa do ramo de Eletroeletrônica, localizada no bairro Distrito Industrial I, município de Manaus, Estado do Amazonas (Figura 1). O clima da região é caracterizado tropical úmido, com temperatura média anual de 27.4°C, variando entre 24°C e 31°C. Possui duas estações distintas: chuvosa, de dezembro a maio, e a outra seca, de junho a novembro, com precipitação média anual de 2145mm.

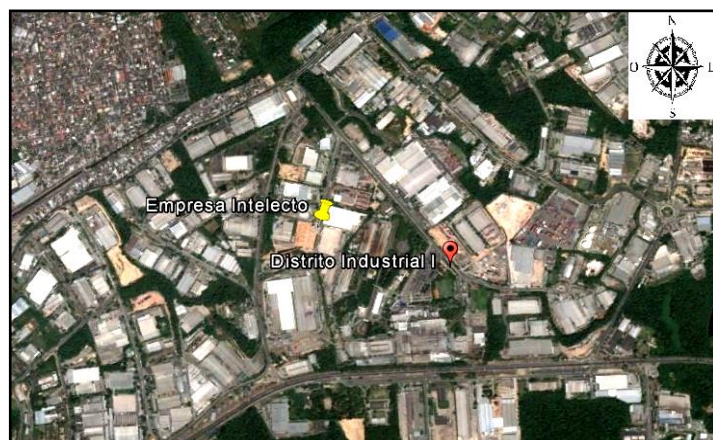


Figura 1: Vista panorâmica do bairro Distrito Industrial
Fonte: Google Earth, (2018).

O Sistema de Tratamento de Efluente Doméstico da empresa possui eficiência de 80% na remoção da matéria

orgânica, utilizando um processo de tratamento biológico que dispensa o uso de produtos químicos, dividido em quatro etapas: anaeróbia, aeróbia, decantação secundária e desinfecção. Foram utilizados dados secundários obtidos por meio de relatórios de análise da ETE biológica da empresa do meses de Março e Junho de 2018, para verificar a eficiência da estação na remoção dos agentes contaminantes. A ETE é caracterizada pela biodegradação da carga orgânica solúvel no efluente através de microorganismos anaeróbios e aeróbios. Com capacidade de tratamento de 1000 m³/dia.

O jardim da empresa é composto por grama Esmeralda (*Zoysia japonica*), usada em lugares ensolarados e utilizada em vários solos desde arenosos a argilosos. É uma espécie que se adapta a ambientes ensolarados, em solos arenosos a argilosos, apresentando folhas médias, cor esmeralda, grande número de estolões, formando um tapete de ótima resistência ao pisoteio [24]. É recomendada para a formação de jardins residenciais, áreas industriais, áreas esportivas e excelente para o controle de erosão. A grama Esmeralda apresenta melhor desenvolvimento com irrigação de água de reuso, alguns estudos [20] evidenciam maior absorção de nitrogênio descartando o tratamento com produtos químicos industriais. Possui alta taxa de crescimento e é indicada para formação de jardins nas empresas, residências e áreas esportivas [20]. Essa grama é usada em áreas de potenciais problemas de erosão e contensão de taludes, devido ao seu sistema radicular e rizomas, e desenvolve-se bem em áreas de plena insolação, tolerando um mínimo de sombreamento [25]. O estudo foi desenvolvido no jardim da empresa, onde foram separadas duas áreas para experimento. Cada área foi demarcada no tamanho de 1m² e separadas com uma ripa de 1,55m de comprimento e 10cm de largura.

A área 1 foi irrigada com Água da Concessionária (AC), e a área 2, com Água de Reuso (AR) proveniente da ETE Biológica. Ambas as áreas foram irrigadas duas vezes ao dia, as 06h00m e 18h00m, por vinte dias. Foi realizado o acompanhamento das duas áreas a cada dez dias para verificar tamanho, espaço entre a grama e a presença de erva daninha, conforme estudo dos autores [26].

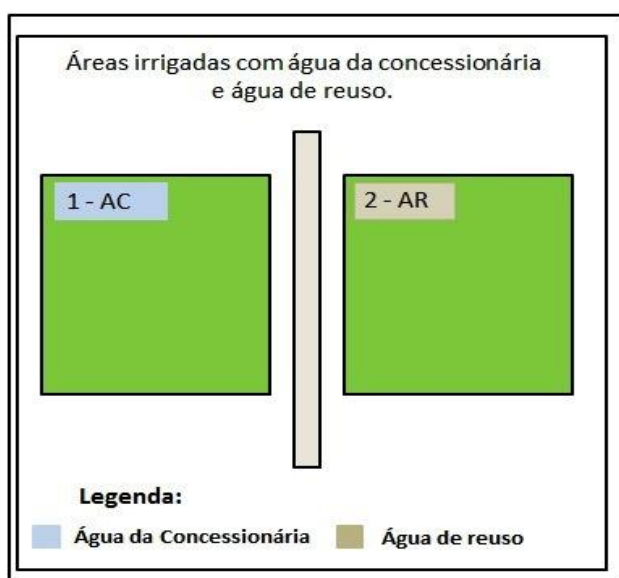


Figura 2: Representação esquemática das áreas irrigadas com água da concessionária e água de reuso.

Fonte: Autores, (2018).

Cada área foi irrigada com 10 L de suas respectivas águas, sendo 5 L pela manhã e 5 L a tarde, totalizando 200 L de

cada lado, o sistema adotado seguiu protocolo proposto pelo autor [27]. A distância das duas áreas foi de 1m, sendo irrigada apenas a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) duas vezes ao dia. O esgoto doméstico tratado foi captado na saída da ETE Biológica.

A ETE é composta por quatro etapas: Anaeróbia, aeróbia, decantação secundária e desinfecção. É um processo de tratamento biológico e o esgoto é caracterizado como doméstico.

Os parâmetros físicos – químicos e microbiológicos foram analisados através dos resultados de dados secundários fornecidos pela empresa, como: pH, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, Turbidez e Coliformes Termotolerantes. Os parâmetros analisados são sugeridos por Gerolineto (2008) para medir a eficiência da Estação através da irrigação na grama Esmeralda. Os parâmetros do efluente são analisados pelo laboratório credenciado de acordo com a resolução [28].

As coletas de dados da grama como: média da altura das gramas, espaço e a presença de erva daninha, foram realizadas a cada 10 dias, no total de 20 dias, quando a cultura apresentava diferença das duas áreas no seu desenvolvimento, seguindo a metodologia proposta pelo autor [24]. Após 20 dias a grama atingiu o desenvolvimento adequado para poda.

Para a irrigação da grama foi utilizada como base a Norma Brasileira - NBR 13.969/97 aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT [7], segundo a norma a água tratada proveniente de ETE biológica proveniente de esgoto doméstico pode ser reutilizada para fins menos nobres na classe II, onde aplicação do reuso pode servir para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardim e fins ornamentais, tendo os parâmetros Coliformes Termotolerantes <500 e Turbidez <5.

III RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados secundários das amostras trimestrais do esgoto doméstico tratado proveniente da ETE biológica da empresa do segmento eletroeletrônico dos meses Março e Junho de 2018.

Tabela 1: Caracterização físico-química e microbiológica.

Parâmetros	CONAMA 430/11	NBR 13.969/97 Classe 2	Resultado das análises		
			1º Dado	2º Dado	Média
			Março /2018	Junho /2018	
pH ¹	5 – 9	-	7,12	7,13	7,125
DBO ² (mg/L)	120	-	18	19	18,5
DQO ³ (mg/L)	-	-	44	42	43
Turbidez (UNT ⁴)	-	<5	1,56	1,55	1,555
Coliformes Termotolerantes (MNP ⁵)	-	<500NMP	450	420	440

¹ Potencial Hidrogeniônico; ² Demanda Bioquímica de Oxigênio; ³ Demanda Química de Oxigênio; ⁴ Unidades Nefelométrica de Turbidez; ⁵ Número Mais Provável.

Fonte: Autores, (2018).

Conforme o resultado através dos parâmetros analisados o efluente doméstico apresentou eficiência no tratamento para a irrigação de jardim.

O valor do pH permaneceu dentro do padrão de tratamento de efluente conforme o CONAMA 430/11 [28]. Para irrigação, o recomendado para o desenvolvimento da cultura sem prejudicar o crescimento da grama é entre 6,0 e 8,0 de pH [26]. Valores acima e abaixo podem acarretar um crescimento reduzido e a morte da

grama, causando espaçamento entre a grama e menor cobertura do solo [29].

O resultado da DBO apresentou valores dentro do estabelecido [28], onde o valor máximo permitido é de 120mg/L. O que diferencia as ETE's de efluente doméstico é o tratamento biológico com etapas aeróbica e anaeróbica, pois é medida a eficiência da estação através do nível de DBO após o tratamento [30]. Valores de DBO que são inferiores a 100mg/L não afetam a absorção de água pelas raízes das plantas [31]. Porém, o autor [32] recomenda que os valores de DBO para irrigação de gramas não devem ser superiores a 30mg/L, assim fortalecendo a grama e aumentando sua resistência a pisoteio.

Os valores dos resultados da DQO nos 1º e 2º dados foram superiores a DBO, a relação DQO/DBO desse efluente foi de 2,3 indicando o processo de tratamento biológico. Valores entre 1,7 e 2,4 indica que a parcela biodegradável se apresenta em maior concentração e em relação a isso o tratamento biológico é o recomendado, valores acima de 2,4 é recomendado tratamento físico – químico do efluente [33]. A DQO é útil sendo utilizada em conjunto com a DBO para analisar a biodegradabilidade e a eficiência da ETE biológica de esgoto proveniente doméstico [34]. Entretanto para o autor [29], valores de DQO acima de 200mg/L, não é recomendado para irrigação de jardim e áreas paisagísticas, pois com elevados valores causaram a proliferação de microorganismos levando odor na área irrigada. Para que se obtenha sucesso no tratamento de efluente doméstico é recomendável um sistema de tratamento biológico [26]. Os valores dos dados de turbidez estão dentro do estabelecido e indica uma boa eficiência na remoção, de acordo com a NBR 13.969 o efluente esta dentro do valor máximo permitido para classe 2 – reuso na irrigação de jardinagem onde é <5 [35]. Fatores responsáveis pela turbidez na água são os sólidos que ficam em suspensão, podendo ser de fonte antropogênica ou natural, sendo de origem antropogênica a água pode oferecer sérios riscos a saúde visto que contem microorganismos patogênicos e compostos tóxicos, devido este parâmetro a água turva fica com uma aparência desagradável, também podendo prejudicar no processo de fotossíntese no caso do seu reuso na irrigação, onde a passagem de luz é importante para o processo [36]. A turbidez não é usada como controle de esgoto, mas é medida para caracterizar a eficiência do tratamento, atualmente o tratamento de esgoto doméstico apresenta algumas alternativas importantes, seja como polimento do efluente ou pela necessidade do reuso para fins não potáveis, pela importância da recarga do lençol freático e até mesmo pela adequação da qualidade antes de atingir os corpos receptores[37].

Os resultados sobre os Coliformes Termotolerantes obtidos nos dados atendem ao padrão estabelecido para reuso, mostrando a eficiência da ETE. A presença de Coliformes Termotolerantes superiores a 500NMP no efluente visando o reuso na irrigação de grama é proibido, pois indica contaminação e possibilita afirmar a presença de enteropatógenos [27]. Neste caso, a NBR 13.969/97 [7] determina este parâmetro para condições de reuso de <500NMP, permitindo somente aplicação em parques públicos, campos esportivos, gramas e lavagem de piso [5]. Resultados acima do permitido, conforme norma [29], obteve efluente impróprio para irrigação, podendo causar contaminação da grama irrigada.

No Brasil, a única norma utilizada para padrões de qualidade no reuso de água é a NBR 13.969 [7]. Essa norma descreve a acerca do reuso planejado e a qualidade exigida para fins não potáveis do efluente de tanque séptico [38]. As classes de acordo com a NBR 13969/97 [7] estão descritas (Tabela 1) para cada tipo de reuso.

Tabela 2: Classes e fins destinados ao reuso de acordo com a NBR 13969/97.

Classes	Fins
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto com a água.
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários.
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: [7].

A Tabela 3 apresenta a caracterização do efluente com base na média dos dados secundários dos parâmetros Coliformes Termotolerantes e Turbidez dos resultados dos relatórios de análise da ETE Biológica, realizando uma comparação com os padrões exigidos pela norma para reuso na irrigação de jardim.

Tabela 3: Parâmetros para reuso conforme sua classe.

Parâmetro	Média dos dados Referentes a Set/15, Dez/15 e Mar/16	Padrão Exigido	
		Classe 2	Aplicação
Coliformes Termotolerantes	440 NMP ¹	<500NMP ¹	Lavagem de pisos, calçadas, irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos.
Turbidez	1,55 UNT ²	<5UNT ²	

¹ Número Mais Provável; ² Unidades Nefelométrica de Turbidez.

Fonte: [7].

Através dos resultados foi possível avaliar os parâmetros que determinam a qualidade do efluente para reuso conforme a classe dois, que determina o valor permitido para reuso da água na irrigação.

Os valores das médias dos parâmetros Coliformes Termotolerantes e Turbidez apresentados na tabela anterior para o processo de jardinagem. A ETE biológica da empresa é composta por quatro fases, a segunda etapa é a aeróbia, nesta etapa a microfauna existente é composta por bactérias, protozoários, leveduras, fungos e micro metazoários onde são utilizados para oxidar o restante da matéria orgânica derivada da etapa anaeróbia.

Conforme a NBR, na classe dois é satisfatório o tratamento biológico seguido de desinfecção [26]. A desinfecção é um item opcional, a cloração é feita para ter uma eficiência na redução de microorganismos da água, porém não é solicitada a análise do cloro nos casos onde a ETE mostra eficiência na remoção dos contaminantes [29].

As valores dos parâmetros coliformes termotolerantes e turbidez dentro do máximo permitido, pode haver o reuso do efluente doméstico na irrigação de jardim conforme NBR [7]. Em estudo [27] foram encontrados valores na análise dos coliformes termotolerantes e turbidez acima do permitido, onde a estação mostrou baixa eficiência devido a falta de manutenção e acompanhamento do relatório das análises dos parâmetros

O efluente de origem doméstica após tratamento biológico pode ser reaproveitado para atividades que não exigem qualidade de água potável, porém sendo sanitariamente segura [36].

Neste estudo é possível observar que os parâmetros utilizados para avaliar o reuso da água no processo de jardinagem estão de acordo com o valor máximo permitido determinado pela NBR 13.969/97 [7], onde se enquadra até para o uso do efluente tratado na descarga de vaso sanitário, lavagem de carro e piso.

Foram separadas duas áreas do jardim, área A e área B, onde A foi irrigada com água da concessionária e B com água tratada da estação da ETE doméstico (Figura 3).

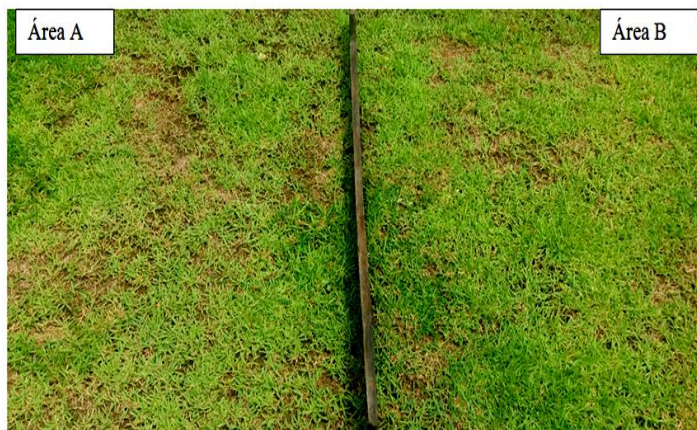


Figura 3: (Área A) jardim a ser regado com água da concessionária. (Área B) jardim a ser regado apenas com água tratada da estação de tratamento.

Fonte: Autores, (2018).

A área delimitada não recebeu sombra, pois esta grama apresenta dificuldades no seu crescimento em áreas sombreadas, e não recebeu qualquer tipo de tratamento para uma melhor qualidade da grama. Estava sendo regada apenas com água da concessionária, com algumas gramas amareladas, rizomas aparentes e com grandes espaços. Quando a terra não é cuidada a grama fica falha com rizomas aparentes e raízes gastas, com isso as ervas daninhas se aproveitam dessa falta de cuidado e invadindo tirando o pouco nutriente disponível para grama [26], conforme Figura 4.



Figura 4: Região do jardim com presença de ervas daninha.

Fonte: Autores, (2018).

Em época de calor intenso a grama é podada a cada vinte ou trinta dias dependendo do seu crescimento, enquanto em períodos chuvosos a grama é podada a cada vinte dias. Durante o estudo a grama não foi podada por vinte dias avaliar a área.

A área A foi irrigada com água da concessionária onde houve um pequeno crescimento da grama após os 20 dias de irrigação, coloração verde clara, muitos espaços entre a grama e com raízes secas, conforme Figura 5.

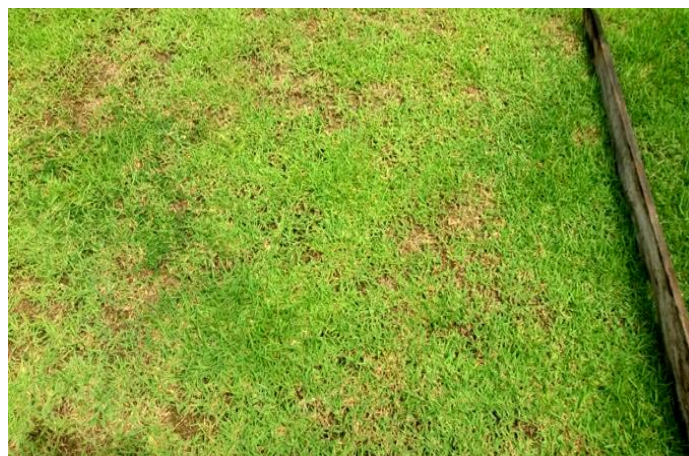


Figura 5: Grama regada com água da concessionária.

Fonte: Autores, (2018).

Em estudos semelhantes [20] duas espécies de gramas Esmeralda (*Zoysia japonica*) e Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*), foram irrigadas com água de concessionária, as duas espécies não foram podadas no período de quinze dias, onde mostraram crescimento lento e clareamento da cor semelhante ao presente estudo.

Um das causas do gramado de cor clara é a falta de nitrogênio, sendo um nutriente importante também para o crescimento, com a falta a grama tem um crescimento lento. Aplicação de fertilizante nitrogenado pode substituir a falta ou a pouca disponibilidade de nitrogênio do solo, esta aplicação ajuda uma coloração mais escura e um rápido crescimento [39].

Na Área B (Figura 6) a grama apresentou melhor desempenho apenas irrigada com água da ETE, proporcionando um aumento na cobertura do solo pela grama, apresentando um verde intenso e brilhante, sem abertura na grama abertas e rizomas resistentes, resultados semelhantes ao estudo de Santos (2014). É de fundamental importância também que o ambiente receba luz, sendo refletidas no crescimento da grama. Aparentemente apresentou melhor absorção de nutrientes recebidos pela ETE.



Figura 5: Grama regada com água de efluente doméstico da estação (Área B).

Fonte: Autores, (2018).

Apos vinte dias de irrigação em um estudo semelhante, apenas com a água de reuso da ETE Biológica de esgoto doméstico houve uma mudança no desenvolvimento do gramado devido à concentração de Nitrogênio nessa água. O nitrogênio é o mineral com maior absorção pelas gramas e mantido em níveis adequados promove a eficácia, a estética e a sua recuperação. Porém, quando a quantidade de nitrogênio do solo é insuficiente, são necessárias aplicações regulares de fertilizante nitrogenado para um melhor desenvolvimento da grama [24].

A Esmeralda é uma espécie de grama para clima quente, pois são melhores adaptadas em temperaturas de 27° a 40°C, mesmo quando irrigada com água de reuso, o seu crescimento se torna mais lento em épocas com temperaturas abaixo de 10°C e exposta a pouca luz solar [20].

Após dez dias de irrigação, a área A apresentou média de crescimento da grama de 1,36cm, a área B apresentou média de 2,5cm, uma diferença de crescimento entre as duas áreas de 1,14cm, onde a área B mostrou crescimento rápido da cultura devido efluente ser proveniente de tratamento biológico. Em estudo semelhante [32], após dez dias as gramas irrigadas com água da concessionária tiveram média de 1,6cm enquanto a grama irrigada com efluente doméstico tratado apresentou média de 3,2cm, pois o tipo de tratamento recomendado pela NBR 13.969 para o efluente doméstico é que seja biológico em caso reutilização da água tratada para irrigação de jardins, praças e parques devido melhor desenvolvimento das culturas devido nutrientes.

Após vinte dias fez-se uma comparação visual das duas áreas (Figuras 6).



Figura 6: Áreas estudadas após os vinte dias do início do experimento.

Fonte: Autores, (2018).

Ao fim do experimento a área A após os vinte dias a grama atingiu média de crescimento de 2,78cm, enquanto a área B atingiu a média de 4,08cm, apresentando um verde escuro e sem a presença de erva daninha, os resultados mostraram que o desenvolvimento e qualidade da grama foram satisfatórios com a irrigação da água de reuso. Resultados semelhantes também foram observados por [20], onde após fazer reuso de água de efluente doméstico proveniente da ETE biológica na irrigação de gramas Santo Antônio, Bermudas, São Carlos e Esmeralda, apenas a grama Esmeralda mostrou melhor desempenho em temperatura a 31°C, devido sua resistência a altas temperaturas, a grama apresentou maior absorção de nutrientes, indicando crescimento mais rápido e maior cobertura do solo. Com temperatura a 17°C a grama Esmeralda teve desenvolvimento lento quando irrigada com efluente doméstico e grandes espaços.

Também foi observado que na Área B houve crescimento de novas gramas, pouco espaço aberto e o tamanho de cada grama conforme o tipo de irrigação.

Em um estudo com o objetivo de avaliar a interferência da água residuária e da concessionária, o efluente de esgoto doméstico tratado foi utilizado na irrigação da grama Bermuda. Os tratamentos aplicados foram irrigação com água e irrigação com efluente de esgoto doméstico, foi avaliada a altura das plantas, aumento de grama e declividade. Os resultados obtidos demonstraram que reuso de água tratada foi vantajoso para os atributos da grama, a eficiência da estação de tratamento mostrou-se acima de 70% podendo fazer o reuso não somente para o jardim, mas para lavagem dos pisos e descarga dos vasos sanitários [40].

O efluente de esgoto doméstico tratado pode ser utilizado na jardinagem, podendo substituir ou reduzir a quantidade de água com qualidade superior que seria utilizada. O nitrogênio é um constituinte importante da clorofila, a molécula que captura luz solar no processo da fotossíntese, se o nitrogênio for limitado os níveis de clorofila são diminuídos. Devido os coliformes termotolerantes estarem abaixo do valor máximo permitido [7], conforme estudos a utilização da água de reuso não contaminaria a grama.

Por meio deste projeto foi desenvolvido um sistema para irrigação com reuso do efluente gerado na empresa, destinado a irrigação de plantas que estão no jardim, onde foi colocado uma caixa d'água de 500 ml para captar ao efluente para que fosse utilizada no auxílio da irrigação.

IV CONCLUSÃO

Os parâmetros analisados foram: Coliformes Termotolerantes, DBO, DQO, pH, Temperatura e Turbidez. De acordo com a resolução Conama nº 430 de 2011 [28] e estudos semelhantes[24, 29, 40], os resultados revelaram a eficiência da estação de tratamento de efluente doméstico possibilitando o reuso da água tratada para fins menos nobres, como a irrigação do jardim da empresa. Depois de tratado, o efluente pode ser reaproveitado para atividade que não exige qualidade de água potável e que seja sanitariamente seguro, os resultados dos parâmetros para reuso estão dentro do valor máximo permitido [7]. Pode ser utilizada para lavagem de carro e pisos, descarga em vasos sanitários, irrigação de pastagens e irrigação de jardim, sendo esse último o objeto de estudo do presente trabalho. Como fonte alternativa, o efluente tratado mostrou-se satisfatório, não havendo prejuízos para a grama. Foi possível perceber um aumento no crescimento, qualidade, resistência e estética da grama, apresentando pouco espaço entre as mesmas e consequentemente ausência de ervas daninhas no gramado. Áreas com grama são capazes de recuperar a qualidade dos solos e ainda reduzir o efeito estufa, pois a grama consome gás carbônico e produz oxigênio melhorando a qualidade do ar que respiramos, podendo também auxiliar no crédito de carbono. Além disso, os gramados absorvem calor garantindo o maior conforto térmico no seu entorno.

O presente estudo avaliou o efeito positivo do uso da água oriunda da estação de tratamento de efluente doméstico para o sistema de jardinagem. Os resultados confirmam que é possível uma redução ou substituição da água da concessionária utilizada para fins menos nobres e que não necessitem de potabilidade, reduzindo ainda o desperdício de água e auxiliando na preservação dos recursos hídricos visando à melhoria da sustentabilidade.

V REFERÊNCIAS

- [1] J. S. Neto, A. C. Craveiro, J. B. L. de Pontes Medeiros, and R. M. de Souza Mendes, "Água e poluição."
- [2] M. C. F. Pelicioni, "Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade," *Saúde e sociedade*, vol. 7, pp. 19-31, 1998.
- [3] L. Boff, *Sustentabilidade: o que é-o que não é*: Editora Vozes Limitada, 2017.
- [4] J. C. Mierzwa and I. Hespanhol, *Água na indústria: uso racional e reúso*: Oficina de Textos, 2005.
- [5] P. C. S. Mancuso and H. F. dos Santos, *Reúso de água*: Editora Manole Ltda, 2003.
- [6] A. A. Setti, J. Lima, A. d. M. Chaves, and I. d. C. Pereira, "Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos," *Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica*, p. 328, 2001.
- [7] ABNT, "ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS," *NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.*, 1997.
- [8] J. d. L. Rego, E. d. Oliveira, A. F. Chaves, A. P. B. Araújo, F. M. L. Bezerra, A. d. Santos, et al., "Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 9, 2005.
- [9] V. M. C. FERNANDES, "Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos," ed, 2017.
- [10] PRO-ÁGUAS., "Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações - Lei Nº 1.192 31 de dezembro de 2007," *Diário Oficial do Município de Manaus* vol. Edição:1886, pp. Páginas: 6, 7 e 8., 2007.
- [11] P. M. d. Manaus, "Lei Nº 605, de 24 de Julho de 2001 - Código Ambiental do Município de Manaus", Manaus, 24 de julho de 2001 2001.
- [12] R. Tassi, D. G. A. Piccilli, S. C. Brancher, and C. A. Roman, "Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas," *Ambiente Construído*, vol. 16, pp. 39-52.
- [13] L. R. Corrêa, "Sustentabilidade na construção civil," *Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)-Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais*, 2009.
- [14] K. G. Backes, "Danos ambientais associados ao método de plantio de arroz pré-germinado," 2017.
- [15] T. Shubo, "Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana," *Escola Nacional de Saúde Pública. Fund. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil*, 2003.
- [16] A. V. Hafner, "Conservação e reúso de água em edificações- experiências nacionais e internacionais," *Rio de Janeiro, RJ*, 2007.
- [17] O. A. C. Ramalho, "O reúso da água: uma solução sustentável para a Amazônia," 2011.
- [18] J. C. Derísio, *Introdução ao control de poluição ambiental*: Oficina de Textos, 2016.
- [19] P. de OLIVEIRA, "Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos," *Embrapa Suínos e Aves-Documentos (INFOTECA-E)*, 1993.
- [20] A. R. Piedade, "Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico," 2004.
- [21] J. C. Rocha, A. H. Rosa, and A. A. Cardoso, *Introdução à química ambiental*: Artmed Editora, 2009.
- [22] L. H. d. Oliveira, "Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios," Universidade de São Paulo, 1999.
- [23] A. Rebouças, *Uso inteligente da água: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda.*, 2015.
- [24] C. Backes, R. L. Villas Boas, C. P. d. Lima, L. J. G. d. Godoy, L. T. Büll, and A. J. M. Santos, "Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto," *Bragantia*, pp. 661-668, 2010.
- [25] M. E. Zanon, "Desenvolvimento de grama-esmeralda, grama-bermudas' Tifway 419'e' Celebration'submetidas a aplicação de reguladores de crescimento," 2015.
- [26] A. Piedade, R. Cruz, S. Campos, and R. Boas, "Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente doméstico vegetative development of four grass species irrigated with effluent of domestic," 2009.
- [27] A. Cheavegatti-Gianotto, H. M. C. de Abreu, P. Arruda, J. C. Bespalhok Filho, W. L. Burnquist, S. Creste, et al., "Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil," *Tropical plant biology*, vol. 4, pp. 62-89, 2011.
- [28] R. CONAMA, "430/2011," *Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes*, 2011.
- [29] E. Gerolineto, "Desenvolvimento da grama esmeralda (*Zoysia japonica Steud*) sob dois manejos de irrigação," 2008.
- [30] M. M. Rigo, R. R. Ramos, A. A. Cerqueira, P. Souza, and M. Marques, "Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil," *Gaia Scientia*, vol. 8, pp. 174-186, 2014.
- [31] I. Hespanhol, "Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos," *Reúso de águas. Barueri: Manole*, pp. 97-124, 2003.
- [32] M. d. F. Rosa, F. d. S. Santos, A. A. T. Montenegro, F. d. Abreu, D. Correia, F. d. Araújo, et al., "Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola," *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2001.

- [33] E. Sanguineto, "**Design Ecológico: projetando e construindo tecnologias vivas para o tratamento de efluentes domésticos com reúso das águas,**" Dissertação. Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos-MEMARH. Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI. Itajubá: 2010, 228p, 2010.
- [34] M. Schlusaz, "**Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluente (ETE-Ronda, Ponta Grossa-PR) através da análise de parâmetros físico-químicos,**" Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
- [35] L. A. Salomão, "**Irrigação de eucalipto com efluente sanitário de lagoa facultativa= avaliação da produtividade agrícola,**" 2012.
- [36] M. Von Sperling, *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* vol. 1: Editora UFMG, 1996.
- [37] G. GIORDANO, "**Tratamento e controle de efluentes industriais,**" *Revista ABES*, vol. 4, 2004.
- [38] M. R. Peters, "**Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial,**" 2006.
- [39] C. M. Kojoroski-Silva, S. M. SCHEFFER-BASSO, V. A. Klein, C. M. Carneiro, and M. Guarienti, "**Crescimento estacional das grammas esmeralda, tapete e tifton 419 em condições subtropicais úmidas do sul do brasil sob distintos preparos de solo,**" *Current Agricultural Science and Technology*, vol. 18, 2012.
- [40] I. L. de Almeida Dantas, G. G. Faccioli, L. C. Mendonça, T. P. Nunes, P. R. A. Viegas, and L. O. G. de Santana, "**Viability of using treated wastewater for the irrigation of radish (*Raphanus sativus* L.),**" *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 9, pp. 109-117, 2014.