

CULTIVO DE GRAMA ESMERALDA COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS: UMA ALTERNATIVA PARA DONA EUZÉBIA MG

Leticia Pimentel Perantoni⁽¹⁾

Engenheira Civil e Mestranda em Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

Leticia Rodrigues Pimentel⁽²⁾

Engenheira Civil e Mestranda em Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

Camila de Rezende Innocêncio⁽³⁾

Arquiteta Urbanista e Mestranda em Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

Jonathas Batista Gonçalves Silva⁽⁴⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

Renata de Oliveira Pereira⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa, e Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Custodio Furtado de Souza, Número 106/cx2 - Teixeira - Juiz de Fora - MG - CEP: 36033-480 - Brasil - e-mail: leticiapimentel30@gmail.com

RESUMO

A Organização das Nações Unidas (ONU) alerta, anualmente, sobre a escassez de água, que vem se tornando uma realidade cada vez mais abrangente no mundo. Diante disso, práticas que visam à reutilização da água tornam-se necessárias para diminuir o consumo e a contaminação dos recursos hídricos. Uma atividade que vem recebendo atenção das pesquisas sobre o reúso da água é a agricultura, uma vez que os nutrientes encontrados nesta água favorecem o crescimento das plantas e podem reduzir os custos com fertilizantes, dentre outros benefícios. Este artigo tem por objetivo fazer uma análise do possível uso de águas residuárias tratadas na fertirrigação de grama esmeralda no município de Dona Euzébia - MG, que é o segundo maior produtor de plantas ornamentais do país. Com isso, foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito dos temas: tratamento e reúso de águas residuárias, fertirrigação e cultivo de gramíneas. Foram realizadas a quantificação e caracterização do esgoto gerado na cidade para então compará-lo com os parâmetros requeridos na fertirrigação da grama, segundo sua demanda nutricional e hídrica. Para atender aos parâmetros, foram levantados os possíveis tipos de tratamentos das águas residuárias, a fim de comparar técnica e economicamente a implantação de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) no município. Os tipos de tratamentos mais apropriados ao município foram por Escoamento Superficial e por reator UASB, pois apresentaram custos aproximados de implantação e manutenção, além de padrões de qualidade adequados ao reúso na fertirrigação de gramas.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reúso. Fertirrigação. Gramado

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é um direito humano básico, pois é essencial a manutenção da vida. Segundo o Relatório Mundial de Desenvolvimento dos Recursos hídricos (UNESCO, 2019) o uso da água tem aumentado significativamente ao longo dos anos devido tanto ao crescimento populacional como ao desenvolvimento socioeconômico, e em 2050 pode chegar a até 30% de aumento em relação ao consumo atual. Quanto maior o consumo de água, maior é a produção de águas residuárias, que são lançadas, na maioria dos países, diretamente à natureza, sem tratamento adequado, o que prejudica diretamente a qualidade da água doce e os ecossistemas. (UNESCO, 2017).

Em 2017, o relatório intitulado “Águas residuárias: o recurso inexplorado” foi lançado incentivando a prática de reutilização da água, com discussões a respeito das tendências globais de uso das águas residuárias, os desafios da governança, a disponibilidade hídrica do planeta e sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) firmados em 2015 pelos chefes de Estado e de Governo e altos representantes, através da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015).

No Brasil, diversas pesquisas científicas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de viabilizar o reúso da água, através de tecnologias e informações sobre o tema. Porém, a falta de legislações adequadas, que delimitam diretrizes e parâmetros a serem seguidos, dificultam a propagação da prática pelo país.

Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), lançou a resolução Nº 54, onde estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Nesta resolução fica definida a utilização da água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, aplicação na produção agrícola e cultivo de florestas plantadas; implantação em projetos de recuperação do meio ambiente; utilização em processos, atividades e operações industriais; utilização para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos, entre outros.

Neste contexto, a utilização destes efluentes para fins agrícolas se mostra vantajosa, uma vez que possibilita a reciclagem de nutrientes, a diminuição de gastos com fertilizantes, e o controle de poluição lançada nos corpos hídricos receptores, além do setor ser responsável pelo consumo de 70% da água doce no mundo (UNESCO, 2017). Segundo Bertoncini (2008), no Brasil, a área irrigada está em torno de três milhões de hectares, e representa apenas 1,9% dos milhões de hectares cultivados.

Outro fato importante é a dificuldade que municípios brasileiros encontram quando se trata de saneamento básico, uma vez que apenas 46% do esgoto coletado é tratado (SNIS, 2019). A dificuldade é ainda maior para os municípios que possuem até 20 mil habitantes (3.808), devido à falta de recursos financeiros e ao acesso a profissionais qualificados no setor (IBGE, 2019).

Desta forma, o trabalho tem por objetivo principal analisar o possível uso de águas residuárias tratadas na fertirrigação de grama esmeralda no município de Dona Euzébia, em Minas Gerais, visando analisar e comparar a viabilidade técnica e econômica da instalação e utilização de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) convencional e sustentável no município.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada consiste em uma revisão de literatura a partir da leitura de artigos publicados a respeito dos temas: tratamento e reúso de água, fertirrigação e cultivo de plantas ornamentais, com ênfase em grama esmeralda. É feita uma breve apresentação do município de Dona Euzébia e sua produção agrícola. Em seguida, é feito o cálculo e a caracterização adotada do efluente gerado, além dos custos estimados de implantação e operação de sistemas de ETE para o município. Espera-se que o uso do esgoto tratado no cultivo de grama esmeralda seja uma alternativa promissora, adequada e viável para os produtores na cidade.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O MUNICÍPIO DE DONA EUZÉBIA – MG

Localizado na região da Zona da Mata mineira, o município de Dona Euzébia possui altitude média de 222 m e área de 70,231 km², segundo o IBGE (2018), ficando a aproximadamente 270 km da capital do estado (Figura 1). Ainda segundo o IBGE (2018), a população estimada no ano de 2019 é de 6.572 habitantes, o clima é tropical ameno, a cidade possui 56,1% de esgotamento sanitário adequado e sua principal atividade econômica está relacionada à produção de mudas cítricas, frutíferas, ornamentais e florestais, sendo o maior produtor de Minas Gerais e o segundo maior do Brasil.

Ainda segundo o IBGE (2017), a área do município destinada à agropecuária é de 5.665 hectares (aproximadamente 81% da área total), sendo ao todo 231 estabelecimentos, dos quais 79,22% fizeram adubação.



Figura 1: Localização de Dona Euzébia - MG

Fonte: IDE-Sistema, 2019 (Adaptado)

CARACTERIZAÇÃO DA GRAMA ESMERALDA

PLANTAS ORNAMENTAIS

As plantas ornamentais são plantas utilizadas para fins decorativos, principalmente por suas flores ou folhas. No Brasil, seu cultivo vem crescendo significativamente, uma vez que o país apresenta condições climáticas favoráveis. Observa-se que em função da diversidade climática brasileira, que vai desde o clima temperado ao tropical, é possível produzir flores, folhagens, entre outras plantas ao decorrer do ano inteiro, com custos reduzidos se comparado a outros países (SEBRAE, 2019). Junqueira e Peetz (2014) apontam que no ano de 2013 a produção e venda de plantas ornamentais movimentou o valor global de R\$ 5,22 bilhões, com crescimento de 8,3% em relação ao ano de 2012. O setor contava com 7.800 produtores, e possuía 13.468 hectares de área plantada.

As plantas ornamentais podem ser divididas nos seguintes grupos: árvores, arbustos, coníferas, trepadeiras, palmeiras e cicadáceas, herbáceas floríferas, suculentas e cactáceas, aquáticas e palustres, forrações e gramados (RIBEIRO, 2008). Os gramados são plantas da família das gramíneas (Poaceae), também conhecidas como gramas ou capins. Possuem como características principais o crescimento rastejante, revestindo o solo e, geralmente, reduzindo a poeira e o calor do ambiente. Suas aplicações são diversas, desde a ornamentação em parques e jardins, até o controle de erosão, usos residenciais, esportivos e agrícolas (GODOY et al., 2007).

DEMANDA HÍDRICA E NUTRICIONAL

Para o cultivo de espécies ornamentais, a introdução de métodos de irrigação é necessária para que se atenda às suas demandas hídricas específicas, de forma eficiente. O clima brasileiro, predominantemente tropical é propício para o desenvolvimento da grama esmeralda, bem como de outras gramíneas, ditas gramas de verão, devido à sua adaptação a temperaturas elevadas, entre 25 a 35°C.

Essas gramas são de alto crescimento e metabolismo em temperaturas superiores. Quando a temperatura se encontra inferior a 20°C, elas iniciam um processo de dormência, que gera diminuição do seu metabolismo num período em que as condições ideais de crescimento são desfavoráveis. Desta forma, tais espécies acumulam reservas de alimento, geralmente nas raízes, para serem utilizadas nestas situações (SANTIAGO, 2001). De acordo com Godoy e Villas Bôas (2006), as concentrações médias dos nutrientes nas lâminas foliares de grama esmeralda em um ano são apresentadas na Tabela 1, que estão coerentes com as recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais por Ribeiro et al. (1999).

Tabela 1: Quantidade de macronutrientes acumulada pela grama esmeralda em um ano

Macronutrientes acumulados pela grama (kg/ha)						
Partes da grama	N	P	K	Ca	Mg	S
Raízes	12,1	1,1	2,5	4,8	1	1,8
Estolões	55,4	2,7	9,8	7	2,6	5,8
Folhas + caules	97,7	9,1	37,8	28	8,9	16,5
Total	165	12,9	50,1	39,8	12,5	24,1

Fonte: Godoy e Villas Bôas, 2006

No inverno, quando as temperaturas são tipicamente mais baixas deve-se aumentar a fertilização potássica e reduzir a nitrogenada. O potássio interfere na composição da membrana celular das plantas e atuando na abertura e fechamento dos estômatos. Aumentando-se maior a absorção de potássio por parte das plantas, mais espessas e resistentes tornam-se as paredes celulares. Isso influencia na prevenção de doenças e pragas, além de aumentar a resistência da grama ao pisoteio, ao déficit hídrico e frio. A adubação potássica precisa ser equilibrada suprimindo as necessidades da planta, mas, se a fonte for cloreto de potássio, existe risco de salinização do solo. O nitrogênio, exerce papel direto no crescimento das mesmas. Porém, quando não estiver ocorrendo o crescimento ativo das gramas, o ele deve ter utilização moderada para que não haja o enfraquecimento das paredes celulares e consequente redução da resistência (CORSI, 1994).

Conhecer a demanda hídrica da espécie é fundamental, e para determinar a quantidade de água necessária para a cultura deve-se considerar e determinar o coeficiente de cultura (Kc) e a evapotranspiração de referência. Dessa forma, tornam-se necessários os estudos sobre estes parâmetros para um correto manejo das espécies. O (Kc) é determinado pela razão empírica entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo) (ALLEN et al., 1998).

Considerando-se a taxa de evapotranspiração de referência média no estado de Minas Gerais em torno de 4 mm/dia (ALBUQUERQUE, 2011), e uma lâmina de irrigação para gramíneas de 80% da ET₀ (SILVA, 2004), a lâmina de irrigação necessária para atender a demanda hídrica da grama esmeralda seria de 3,2 mm/dia.

FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação clássica é uma técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água, através de um sistema de irrigação, isto é, utilizar a água como meio condutor de nutrientes para as plantas. Sua aplicação acarreta diversos benefícios ao produtor, pois permite manter um teor uniforme de nutrientes e água no ciclo de cultivo, aumentando a produtividade e diminuindo a mão-de-obra (EMBRAPA, 2019).

Uma alternativa à fertirrigação clássica, é a possibilidade de fertirrigação com águas residuárias a fim de atender à demanda nutricional das culturas, técnica esta cuja eficiência vem sendo demonstrada em muitos estudos, como uma alternativa à destinação de resíduos e redução dos custos de produção. Sendo assim, o uso de efluentes domésticos tratados na agricultura colabora com a gestão de saneamento e reduz a disposição inadequada das águas residuárias nos corpos hídricos, corroborando com a minimização da poluição nos mananciais (AMARAL et al., 2003; FRANCO, 2007).

Vale salientar que a fertirrigação com água residuária deve ser pautada na escolha adequada da cultura, considerando-se características fitotécnicas e agentes facilitadores do manejo. Desta forma, é mais adequado seu uso para cultivos com alta demanda nutricional, capazes de oferecer uma maior capacidade de recuperação para o solo aplicado.

Como vantagens da utilização do efluente, têm-se a economia com fertilizantes, melhor distribuição dos nutrientes no solo (inclusive aqueles considerados de baixa mobilidade), menores custos de aplicação, possibilidade de aplicação concomitante a outros produtos (herbicidas e fungicidas), economia de mão de obra. Para Lucena et al. (2006) a fertirrigação realizada com efluente de esgoto tratado produz, ainda, a elevação dos teores de Fósforo, matéria orgânica, do conteúdo de Sódio, da porcentagem de Sódio trocável, do pH, da soma de bases trocáveis e da capacidade de troca catiônica do solo.

Além disso a incorporação de matéria orgânica no solo por meio de tais efluentes proporciona o dito “efeito tampão”, e as modificações na capacidade de troca catiônica do solo (CTC), uma vez que, da gama de elementos químicos componentes da matéria orgânica e, conforme a predominância dos processos que consomem, ou liberam H⁺, e elevam da concentração de CO₂ durante o processo de mineralização, reduzindo assim o pH nos solos alcalinos e, elevação em solos ácidos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Como desvantagem tem-se o aumento excessivo da condutividade elétrica da água de irrigação, a possibilidade de salinização e sodificação do solo, e comprometimento da capacidade de infiltração do solo (conforme quantidade aplicada) e risco de contaminação por agentes patógenos (PINTO; BRITO; SILVA, 2015)

ETE's CONVENCIONAIS E ETE's SUSTENTÁVEIS

As ETE's são sistemas destinados a realizar o tratamento do esgoto, propiciando a redução de matéria orgânica, de microrganismos patogênicos e de sólidos em suspensão, de acordo com os padrões determinados pela legislação vigente. Conforme a Agência Nacional das Águas – ANA (2017), os processos de tratamento de esgoto podem ser divididos em físicos, biológicos e químicos, e as etapas de tratamento divididas em preliminar, primária, secundária e terciária. Nos processos de tratamento existentes ocorre a geração de subprodutos como biogás, lodo e o próprio efluente, sendo que sua má disposição pode causar prejuízos ao meio ambiente, como a contaminação de recursos hídricos e o aumento do efeito estufa, devido à liberação do gás metano (COPASA, 2019).

Diante disso, as ETE's sustentáveis surgem com foco no aproveitamento desses subprodutos, transformando-os em recursos que podem ser inseridos na cadeia produtiva, seja como fonte alternativa de água, ou na recuperação de energia e de nutrientes. Algumas pesquisas apontam que o esgoto pode gerar produtos com elevado valor de mercado, tais como biopolímeros, fertilizantes e metais, o que torna as ETE's sustentáveis, viáveis do ponto de vista de uma economia circular (POSSETTI E REQUIÃO, 2018).

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO EFLUENTE

Para este trabalho, será considerada apenas a parcela de esgoto doméstico gerado, cujo valor será calculado pela Equação 1, em função da população estimada (Pop), a quota per capita de água (QPC) e o coeficiente de retorno esgoto/água (C).

$$Q_{dméd} = \frac{Pop \cdot QPC \cdot C}{1000} (m^3 / d) \quad \text{equação(1)}$$

Para caracterizar o efluente, serão adotados os valores padronizados por Von Sperling (2005) em esgotos domésticos brutos, sendo as características físico-químicas típicas e as concentrações dos microrganismos após o cálculo da média geométrica, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros físicos, químicos e biológicos adotados para o esgoto bruto doméstico

Parâmetros físico-químicos			
Característica	Concentração típica (mg/L)	Característica	Concentração típica (mg/L)
Sólidos totais	1100	Nitrogênio total – NTK	45
Sólidos em suspensão	350	Nitrogênio Orgânico	20
Sólidos dissolvidos	700	Nitrogênio Amoniacal	25
Sólidos sedimentáveis	15	Fósforo Total	7
DBO _{5,20}	300	Fósforo Orgânico	2
DQO	600	Fósforo Inorgânico	5
DBO última	450	pH	7
Carbono Org. Total	160	Alcalinidade	200
Óleos e Graxas	100	Cloreto	50
Parâmetros biológicos			
Microrganismo	Concentração (org/100mL)	Microrganismo	Concentração (org/100mL)
<i>E. coli</i>	3×10^7	Cistos de protozoários	$< 10^3$
Coliformes totais	10^8	Ovos de helmintos	$< 10^3$
Coliformes fecais	3×10^7	Vírus	10^3
Estreptococos fecais	3×10^5		

Fonte: Von Sperling (2005) (Adaptado)

LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DAS ETE'S

Segundo METCALF & EDDY (2003), o tratamento de esgoto pode ser dividido em quatro níveis, sendo o Preliminar, destinado a remoção dos sólidos grosseiros presentes, o Primário, destinado a remover parte dos sólidos suspensos e da matéria orgânica presentes, o Secundário, destinado a remover a matéria orgânica biodegradável (solúveis ou suspensas) e sólidos suspensos, o Terciário, que visa a remoção dos sólidos suspensos residuais do tratamento secundário, desinfecção e remoção de nutrientes, e por fim, o Avançado, quando o reúso da água se fizer necessário, e visa a remoção de materiais solúveis e suspensos remanescentes após o tratamento convencional.

Von Sperling (2005), avaliou alguns dos processos de tratamento de esgoto mais utilizados no Brasil, e sugeriu diretrizes, com base na aplicabilidade, para os diversos sistemas de tratamento, já que, nem sempre, a escolha com base financeira é a mais viável de ser implantada. Na Tabela 3 é possível verificar a demanda de área, a eficiências médias de remoção de DBO, Nitrogênio total, Fosforo total, e coliformes fecais, bem como os custos de implantação, operação e manutenção, dos principais sistemas existentes no país. Existem diversas tecnologias destinadas ao tratamento de esgotos, portanto, a escolha do processo adequado deve levar em conta às exigências ambientais, de saúde pública, aspectos econômicos, sociais, operacionais, e a disponibilidade de área (ANA,2017).

**Tabela 3: Eficiências típicas de remoção e custos dos principais sistemas de tratamento**

SISTEMAS	DEMANDA DE ÁREA (m ² /hab.)	Eficiência média de remoção				Custos	
		DBO (%)	N total (%)	P total (%)	CF (unid .log)	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (R\$/hab.)	CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/hab./ano)
Lagoa facultativa	2,0-4,0	75-85	< 60	< 35	1-2	40-80	2,0-4,0
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	1,5-3,0	75-85	< 60	< 35	1-2	30-75	2,0-4,0
Lagoa aerada facultativa	0,25-0,5	75-85	< 30	< 35	1-2	50-90	5,0-9,0
Lagoa aerada mistura completa + lagoa de sedimentação	0,2-0,4	75-85	< 30	< 35	1-2	50-90	5,0-9,0
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	3,0-5,0	80-85	50-65	> 50	3-5	50-100	2,5-5,0
Escoamento superficial	2,0-3,5	80-90	< 65	< 35	2-3	40-80	2,0-4,0
Terras úmidas construídas (wetlands)	3,0-5,0	80-90	< 60	< 35	3-4	50-80	2,5-4,0
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0,2-0,35	80-85	< 60	< 35	1-2	80-130	6,0-10,0
Reator UASB	0,03-0,10	60-75	< 60	< 35	≈ 1	30-50	2,5-3,5
UASB + lodos ativados	0,08-0,2	83-93	< 60	< 35	1-2	70-110	7,0-12,0
UASB + biofiltro aerado submerso	0,05-0,15	83-93	< 60	< 35	1-2	65-100	7,0-12,0
UASB + filtro anaeróbio	0,05-0,15	75-87	< 60	< 35	1-2	45-70	3,5-5,5
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	0,1-0,2	80-93	< 60	< 35	1-2	60-90	5,0-7,5
UASB + flotação por ar dissolvido	0,05-0,15	83-93	< 30	75-88	1-2	60-90	6,0-9,0
UASB + lagoas de polimento	1,5-2,5	77-87	50-65	> 50	3-5	40-70	4,5-7,0
UASB + lagoa aerada facultativa	0,15-0,3	75-85	< 30	< 35	1-2	40-90	5,0-9,0
UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa de decantação	0,1-0,3	75-85	< 30	< 35	1-2	40-90	5,0-9,0
UASB + escoamento superficial	1,5-3,0	77-90	< 65	< 35	2-3	50-90	5,0-7,0
Lodos ativados convencional	0,12-0,25	85-93	< 60	< 35	1-2	100-160	10,0-20,0

Fonte: Von Sperling, 2005 (Adaptado)

Para a escolha dos sistemas de tratamento mais adequados levou-se em consideração o custo benefício, seguindo as análises:

- Demanda de área por habitante: Mesmo se tratando de um município com 6.572 habitantes, a demanda de área por habitante é fator essencial para determinar os principais locais disponíveis no município para a implantação da ETE.
- Eficiência média de remoção: No Brasil, há uma carência normativa quanto ao reuso de efluente tratado, que se adequem os parâmetros de qualidade à realidade do país. Segundo Oliveira e Ferreira

(2019), a resolução Coema n. 2/2017 e as recomendações do Prosab (2003) representam melhor a realidade brasileira, pois apresentam padrões menos restritivos, e com possibilidade de tratamento mais viável economicamente, uma vez que não determinam à máxima DBO, e apenas limitam os coliformes termotolerantes em 5.000 NMP/100 mL. Já A Resolução conjunta SES/SMA/SSRH n. 1/2017 e Norma ABNT (no prelo) são mais rigorosas quanto ao nível de qualidade da água de reuso exigido, já que limitam a DBO em 10 mg/L e determinam que os coliformes termotolerantes não sejam detectados. Desta forma, os padrões se tornam inviáveis de serem alcançados e, portanto, dificultam a disseminação da prática de reuso no país (OLIVEIRA e FERREIRA, 2019).

- Custos: A escolha dos sistemas de tratamento mais adequados foi realizada com base principalmente nos custos de operação e manutenção, pois o valor global do tempo de funcionamento da ETE pode superar outros sistemas a longo prazo. Portanto, a escolha levou em consideração o custo de implantação (investimento em curto prazo) e o custo de operação e manutenção (investimento a longo prazo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DO MUNICÍPIO

Para quantificar o esgoto, através da Equação 1, foi utilizada a população de 6.572 habitantes, estimada pelo IBGE (2018) para o ano de 2019; a quota per capita de 160 L/hab.d, conforme recomendações de Barros et al. (1995) para populações de até 10.000 habitantes; e o coeficiente de retorno de 0,80, de acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), totalizando uma vazão média de esgoto doméstico de 9,74 L/s, que pode ser considerada baixa.

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE TRATAMENTOS

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para o município de Dona Euzébia, considerando sua população de 6.572 habitantes, para dois sistemas de tratamento diferentes. Os cálculos foram realizados considerando os valores médios de eficiência e custo, portanto, com um planejamento adequado e um projeto eficiente os valores podem sofrer alterações positivas.

Tabela 4: Comparação entre os sistemas de tratamento mais adequados ao município

SISTEMAS	DEMANDA DE ÁREA (m ²)	Níveis de qualidade do efluente				Custos	
		DBO (mg/L)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	CF (CF/100 ml)	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (R\$)	CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/ano)
Escoamento superficial	18.073,00	67,5	15,75	4,55	10 ⁵	394.320,00	19.716,00
Reator UASB	427,18	146,25	18	4,55	10 ⁴	262.880,00	19.716,00

Fonte: Autores

O sistema de tratamento por Escoamento Superficial demanda uma área aproximada de 2,75 m² por habitante, uma eficiência média de remoção de 85% para DBO, 65% para Nitrogênio total, 35% para Fósforo total, e 2,5 unidades logarítmicas para coliformes fecais. O custo de implantação do sistema considerado foi R\$60,00 por habitante enquanto o custo de operação e manutenção foi R\$3,00 por habitante.

O sistema de tratamento por Reator UASB demanda uma área aproximada de 0,065 m² por habitante, uma eficiência média de remoção de 67,5% para DBO, 60% para Nitrogênio total, 35% para Fósforo total, e 1 unidade logarítmica para coliformes fecais. O custo de implantação do sistema considerado foi R\$40,00 por habitante enquanto o custo de operação e manutenção foi R\$3,00 por habitante.

Com isso, observamos que apesar do tratamento por Escoamento superficial demandar uma área maior, apresenta melhores níveis de remoção de DBO, N total, e principalmente de 1.000 coliformes acima do tratamento com Reator UASB. Em termos de custos de operação e manutenção, ambos apresentam os mesmos valores, enquanto que a implantação do tratamento por Escoamento superficial é 50% mais cara do que o tratamento com Reator UASB. Porém, em termos de custo de implantação por m² de sistema, o tratamento com Reator UASB é quase 30 vezes mais caro do que o tratamento por Escoamento superficial.

UTILIZAÇÃO DO EFLUENTE EM DONA EUZÉBIA

A partir da vazão do efluente gerado no município, foi possível calcular o volume de água residuária gerada no período de um ano que, neste caso, foi de 307.160,64 m³.

Com a caracterização do esgoto bruto utilizada e as eficiências médias de remoção dos nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) nos diferentes tratamentos considerados (escoamento superficial e reator UASB), foi possível obter a caracterização do esgoto tratado para os dois casos, conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5: Demanda nutricional nos diferentes tratamentos escolhidos

Sistema de Tratamento	Nutriente	Recomendação de adubação (kg/ha)	Característica do efluente tratado (kg/m ³)	Lâmina de fertirrigação (mm/ano)
Escoamento superficial	N	165	0,01575	1.047,62
	P	13	0,00455	285,71
Reator UASB	N	165	0,018	916,67
	P	13	0,00455	285,71

Fonte: Autores

Utilizando a recomendação de adubação anual para grama esmeralda de 165 kg/ha de N e 13 kg/ha de P, segundo Godoy e Villas Bôas (2006), foi calculado o volume de água residuária necessária para suprir a demanda nutricional da cultura, também chamado de lâmina de fertirrigação, visto na Tabela 5. Com os valores obtidos para N e P, utilizou-se o fósforo como elemento de referência, uma vez que o volume necessário para atender sua demanda na respectiva planta é menor.

Desta forma, dividindo-se o volume de esgoto total gerado pela lâmina de fertirrigação, obteve-se a área de grama atendida por ano, conforme indicado na Tabela 6.

Tabela 6: Área de grama atendida no período de 1 ano

Sistema	Área demandada em um ano (ha)
Escoamento superficial	107,51
Reator UASB	107,51

Fonte: Autores

A área demandada para utilização da água residuária na fertirrigação de grama esmeralda é considerada viável, pois representa aproximadamente apenas 1,9% da área agrícola do município de Dona Euzébia, tornando o processo aplicável. Cabe destacar a necessidade de estudos mais aprofundados referentes à localização da ETE e as áreas que receberão a fertirrigação com água residuária para minimizar os custos de transporte.

Em contrapartida, utilizando-se a demanda hídrica de 3,2 mm/dia, obtém-se a lâmina de irrigação de 1.168 mm/ano, que supera em até quatro vezes a demanda nutricional com base no fósforo. Por isso é válido ressaltar a importância da utilização de água residuária na fertirrigação, visto que somente para irrigação a aplicação poderia causar uma série de inconvenientes para a planta e o solo, devido ao excesso de nutrientes disponibilizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que a utilização de água residuária tratada para a fertirrigação de gramados é uma opção viável para o município de Dona Euzébia, uma vez que a vazão de efluente gerado é capaz de fertirrigar 107,51 hectares de gramado, o que equivale a 4.300.400 tapetes de grama.

No município, a grama esmeralda é comercializada com o preço médio de R\$7,00 o m², ou seja, fertirrigando 1.075.100,00 m² de gramado, Dona Euzébia é capaz de movimentar aproximadamente R\$7.525.700,00 no setor.

Quanto ao sistema de tratamento, tanto o escoamento superficial quanto o reator UASB são soluções técnicas e economicamente viáveis para o município. Ambos apresentaram um custo de operação e manutenção anual de aproximadamente 20 mil reais, o que equivale a pouco mais de R\$1.600 por mês.

Portanto, este trabalho contribui de forma positiva para a gestão do município, uma vez que apresenta uma opção sustentável para o saneamento básico, além de proporcionar uma fonte de renda para a população e movimentar o comércio e o agronegócio local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
2. ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017.
3. AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO - Estudos Irrigação e Drenagem, 29).
4. BACKES, C. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. *Ciência Rural*, v. 39, n. 4, p. 1045-1050, 2009.
5. BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. Dados agrometeorológicas para o município de Teresina, PI (1980-1999). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 25 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 47).
6. BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária*, 2008, p.152-169.
7. CNRH CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. RESOLUÇÃO Nº 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. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2005.
8. CORSI, M. Espécies forrageiras para pastagem. Pastagens: fundamentos da exploração racional. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 1994, 81 p.
9. Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. ETE sustentável. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/valorizacao-do-esgoto/conteudos/ete-sustentavel>>. Acesso em: 19 set. 2019.
10. EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. Manejo da fertirrigação. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_53_24112005115222.html> . Acesso em: 17 set. 2019.
11. GODOY, L. et al. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. *Ciência e Agrotecnologia*. Editora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), v. 31, n. 5, p. 1326-1332, 2007.
12. GODOY, L. J. G.; VILAS BÔAS, R. L. Produção e consumo de gramas crescem no Brasil. In: *Agriannual – Anuário da Agricultura Brasileira*. 10. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformática, p. 35-38, 2005.
13. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dona Eusébia. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/dona-eusebia/panorama>>. Acesso em: 01 out. 2019.
14. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas de População dos municípios para 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso 18 nov. 2019
15. JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v.20, nº 2, 2014, p.115-120.
16. MALHEIROS, S. M. P. E PAULA JÚNIOR, D. R. Utilização do processo de compostagem com resíduos agroindustriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997.
17. MEDEIROS-LEITÃO, S. A. Bases para a estruturação das atividades de reúso de água o Brasil: estágio atual. 2007.
18. METCALF & EDDY, Inc. “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse”. McGraw-Hill International Editions, 3rd ed., New York, 1991.
19. METCALF & EDDY INCORPORATION. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 4. ed. Nova Iorque, 2003.
20. OLIVEIRA, D.V.M.; FERREIRA, J.S. Avaliação dos parâmetros e padrões dos normativos legais em vigor no Brasil sobre reúso de água. Congresso Nacional de Saneamento e Meio ambiente: 30 ed. 2019.
21. ONU-Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2015.



22. PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L.; SILVA, D. J. Aplicação de fertilizantes e produtos químicos via água de irrigação. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE). 2015.
23. POSSETTI, G. R. C.; REQUIÃO G. M.O futuro do saneamento na valorização do esgoto.Portal Saneamento Básico. 2018. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/saneamento-valorizacao-esgoto/>>. Acesso em: 25 set. 2019.
24. PEITER, M. X. et al. Consumo de água e produção de flor de fortuna CV. Gold Jewel sob diferentes lâminas de irrigação. Irriga, Botucatu, v. 12, n. 1. p. 83-91, jan./mar., 2007.
25. RIBEIRO, J. Plantas ornamentais: uma alternativa para o desenvolvimento da agricultura familiar no projeto de assentamento Canoas, no município de Presidente Figueiredo – AM. 56 f. Dissertação (mestrado) – INPA /UFAM, Manaus, 2008.
26. SANTIAGO, A.V. Evapotranspiração de referência medida por lisímetros de pesagem e estimada por Penman-Montheith (FAO 56), nas escalas mensal e decendial. Piracicaba – SP: ESALQ/USP, Imp. Univ., 2001. (Dissertação de Mestrado em Agronomia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba). 52 p.
27. SEBRAE-Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.Ideias e negócios:Como montar uma produção de plantas e flores ornamentais. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-producao-de-plantas-e-flores-ornamentais,7cb87a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 13 set. 2019.
28. SILVA, D.; SOARES, J. Fertirrigação. livro técnico (INFOTECA-E): 2009. 11 p.
29. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2017. Disponível em: <<http://snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>.Acesso 19 nov. 2019
30. UNESCO-Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2003: Água para as pessoas, Água para a vida, resumo executivo.
31. UNESCO-Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2017: Águas residuais: o recurso inexplorado, resumo executivo.
32. UNESCO. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2019: Não deixar ninguém para trás, resumo executivo.
33. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).
34. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.