

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO POTENCIAL DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COMO OFERTA DE ÁGUA DE REÚSO

Karla Alcione da Silva Cruvinel¹; Ana Vitória de Oliveira²; Fabrício Ribeiro³

Professora Doutora, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, e-mail karlaalcione@ufg.br.
Mestranda, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, e-mail anavengenharia@gmail.com.
Engenheiro Civil, SANEAGO, e-mail eng.fabricio.saneago@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água em face das ameaças à disponibilidade hídrica ressalta a necessidade de estratégias inovadoras para sua gestão sustentável. Este relatório científico explora os benefícios, desafios e potencialidades do reúso de água tratada, destacando seus aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos. Por meio de uma análise abrangente, busca-se fornecer um panorama claro das possibilidades oferecidas por essa prática inovadora, visando contribuir para o avanço das estratégias de gerenciamento de recursos hídricos em um contexto de crescente escassez.

Diante do cenário de escassez hídrica diagnosticado em diferentes países, o reúso de água a partir de esgoto domésticos se apresenta como uma prática importante no combate e minimização dos impactos negativos ocasionados por secas severas, pois libera águas de qualidade superior para fins mais nobres e reduz o aporte de poluentes nos mananciais (SANTOS et al, 2018).

Em 2017, estudo realizado pelo Ministério das Cidades, juntamente com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA apresentou uma capacidade instalada de reúso de água a partir de esgoto sanitário tratado planejado de aproximadamente 2 m³/s (em comparação com as vazões de retirada de 494 m³/s associadas ao uso urbano e de 353 m³/s associadas ao uso industrial) porém, seria possível alcançar no curto-médio prazo até 13 m³/s (BRASIL, 2017).

Desta forma, a padronização das condições de reúso, regulamentos e estudos específicos devem ser fortalecidos pelas instituições responsáveis no sentido de aprimorar e ampliar o potencial do reúso de água com vistas à minimização de problemas ambientais e no aumento da produtividade.

Considerando a fragilidade hídrica em municípios do estado de Goiás, estudos como este, que forneçam informações para a implantação da prática de reúso de água, apresenta caráter urgente, visto que a limitação de água pode provocar conflitos entre regiões e causar impactos no desenvolvimento econômico e social.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

Levantar o potencial de reúso de água a partir de esgoto doméstico tratado da Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE) no município de Bela Vista de Goiás.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Para esta pesquisa foi considerada como oferta de água de reúso, a vazão média de efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgoto doméstico do município no ano de 2022, dado fornecido pela SANEAGO.

A demanda de água de reúso foi realizada considerando duas diferentes modalidades de reúso de água, agrícola e urbano, todos de acordo com o documento INTERAGUAS (2017). Sendo este um documento normativo/norteador federal, uma vez que o Brasil ainda não possui regulamento mandatório sobre reúso de água em nível federal, bem como o estado de Goiás também não possui.

Para o desenvolvimento deste trabalho inicialmente foram elaborados mapas de delimitação da bacia hidrográfica de onde se localiza a ETE Bela Vista. Buscando definir as áreas de aplicação do reúso agrícola, ou seja, as áreas irrigadas, bem como a tipologia de cultura a ser irrigada, foi realizada uma pré análise utilizando-se de dados de uso e ocupação de solo disponibilizados pela plataforma Mapbiomas da Coleção 5.0 na identificação dos tipos de culturas existentes no entorno da ETE.

Na determinação da demanda hídrica para irrigação, foi estimado o volume mensal necessário de água através do cálculo do volume realizado conforme disposto na Planilha ANA - Irrigação Regla (ANA, 2019).

Nesse método, é necessária a determinação da área irrigada (A_i), da quantidade de água disponível naturalmente por meio da precipitação (T_m), da quantidade

de água perdida por meio da evapotranspiração (Etc), das perdas envolvidas nos sistemas de irrigação (Ei) e das práticas agrícolas da região. Para obtenção das médias mensais de precipitação (Tm) e da evapotranspiração de referência (Eto), utilizou-se a base de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (FAOCLIM, 2021).

Adotou-se, para este trabalho, o valor de Ei em 80%, uma vez que, para pastagens, a aspersão em malha é o método mais utilizado atualmente para a irrigação de áreas pequenas (até 40 hectares) (RICHTER, 2019).

Para o reúso urbano foram consideradas as práticas de lavagem de veículos e irrigação de parques públicos da área urbana, segundo o documento INTERAGUAS (2017).

A demanda total de água para cada aplicação foi baseada nos métodos de cálculos descritos a seguir.

A caracterização, identificação e delimitação das áreas urbanas paisagísticas para irrigação foi realizada com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, o software Quantum – GIS, um sistema de informação geográfica e licenciado sob a General PublicLicense (GNU), e por imagens de satélite do Google Earth. Adicionalmente, utilizou-se a referência de Campos (2012) para a determinação da demanda de água no processo de irrigação paisagística, o qual adota o consumo de 1L/m².

Para o cálculo de demanda para a reúso de água em lavagem de veículos, recorreu-se a bibliográfica de modo a levantar o volume de água necessário na atividade. Desta forma, a demanda de água de reúso para lavagem de veículos foi estimada considerando um consumo de 200 L de água de reúso por lavagem para veículos de pequeno porte, automóveis e motocicletas (BOLUARTE, ANDERSEN, *et al.*, 2016).

A partir dos resultados encontrados na etapa anterior se realizou uma comparação entre a oferta de água de reúso gerada na ETE estudada e as demandas de água para as diferentes modalidades de reúso (agrícola e urbano), identificando, assim, o potencial quantitativo de reúso para a ETE em estudo.

A análise qualitativa seguiu de acordo com os critérios definidos no documento INTERAGUAS (2017), no qual se divide nas modalidades de restrito e irrestrito, tanto para o reúso agrícola, quanto para reúso urbano. Para este último,

ambientes classificados como irrestritos são aqueles cujo as aplicações não potáveis ocorrem em ambientes municipais onde o acesso público não é restrito, ou seja, em campos de esporte, parques, jardins e cemitérios. Sendo assim, a modalidade aplicada à irrigação de parques públicos se enquadra em reúso urbano irrestrito. Enquanto que a lavagem de veículos em ambientes de lavajatos se insere na modalidade de reúso urbano restrito, ambos com níveis de exigência diferentes com relação a qualidade.

Desta forma, o potencial qualitativo, foi avaliado a partir dos dados de qualidade do esgoto doméstico tratado na ETE fornecidos pela SANEAGO. A partir desses dados de qualidade foram realizadas avaliações quanto ao atendimento às recomendações estabelecidas no INTERÁGUAS (2017).

4. RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O município de Bela Vista está localizado na região metropolitana de Goiânia, a aproximadamente 50km da capital, possui população total de 39.492 habitantes (IBGE, 2020) A Estação de Tratamento de Esgoto domésticos do município está localizada a uma distância de 3 km da área urbanizada e trata atuante uma vazão de 31,79 L/s, com um sistema de tratamento composto lagoas em série (anaeróbia, facultativa e maturação).

Para a realização deste estudo foi necessário inicialmente o mapeamento do uso e ocupação do solo do município de Bela Vista demarcando a ETE, conforme a Figura 1 e Figura 2. A ETE está inserida na bacia hidrográfica do córrego Sussuapara. No qual observa-se que, dos 5651,056 ha de área que o município ocupa a pastagem está presente em aproximadamente 31,70%, seguido da soja, com 20,40% e a área urbana com 13,80% da área total do município.

Figura 1: Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Bela Vista - GO.

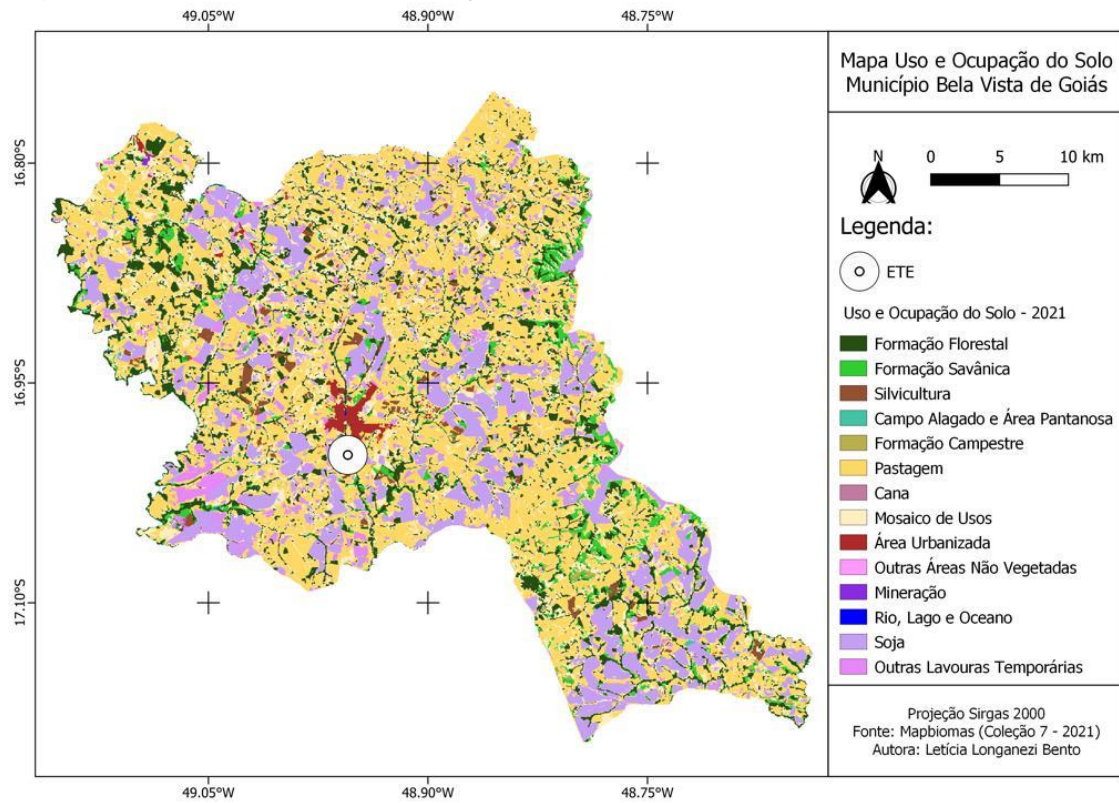
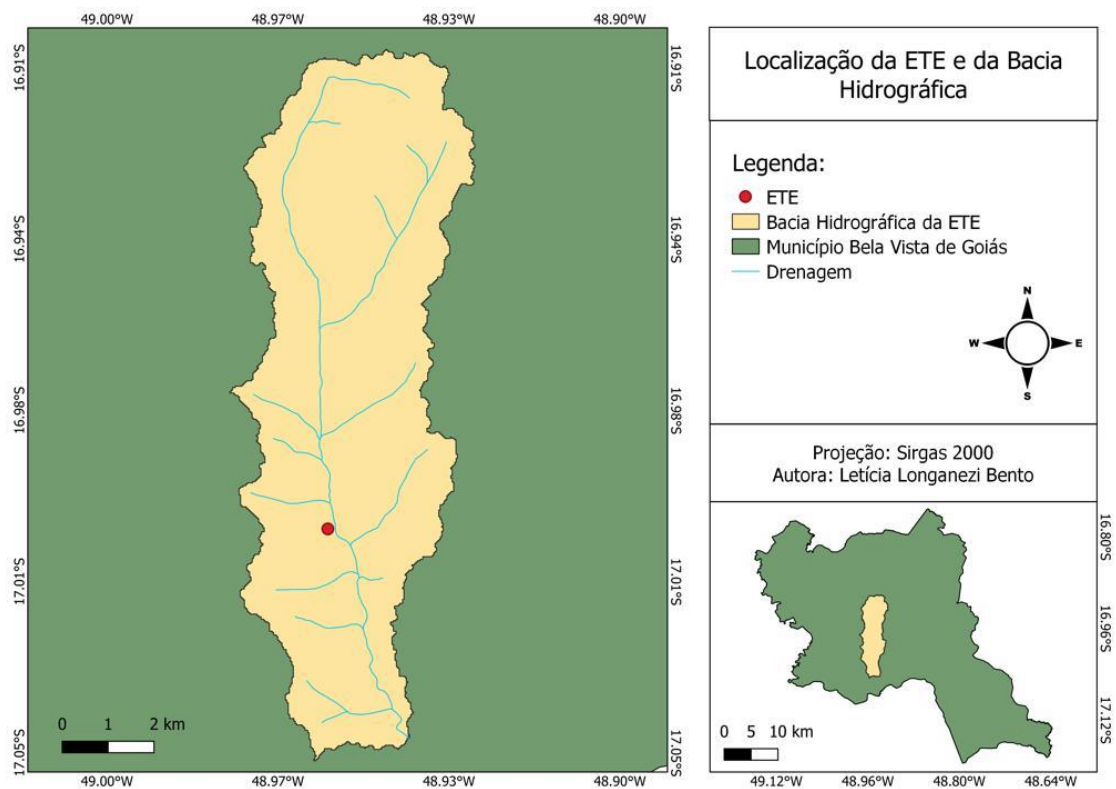


Figura 2 - Mapa de Localização da ETE e da Bacia Hidrográfica



Quando delimitada apenas a área no raio de 1 km do entorno da ETE (Figura 3), nota-se que dos 314,70 hectares, quase metade, 45,10% estão ocupados com pastagem. Na Tabela 1 estão apresentadas as áreas e as porcentagens ocupadas para cada uma das tipologias de uso e ocupação do solo identificados no raio de 1km no entorno da ETE.

Figura 3 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo da Bacia do Córrego Sussuapara em Bela Vista de Goiás.

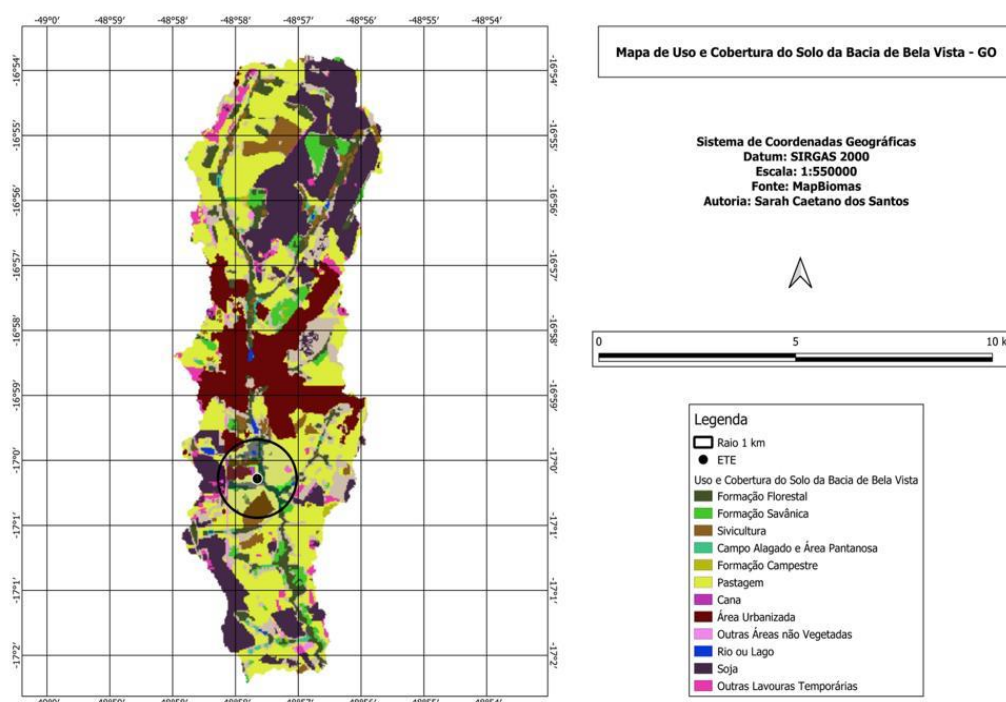


Tabela 1 - Áreas e porcentagens ocupadas para cada uma das tipologias de uso e ocupação do solo identificados no raio de 1km no entorno da ETE.

Área de Uso e ocupação do solo da Bacia de Bela Vista (Raio 1Km)	ha	%
3- Formação Florestal	33.46	10,60%
4- Formação Savânica	5.81	1,80%
9- Silvicultura	40.73	13%
11- Campo Alagado e Área Pantanosa	3,08	0,90%
12- Formação Campestre	1.79	0,60%
15- Pastagem	142.07	45,10%
21- Mosaico de Usos	42.36	13,40%
24- Área Urbana	22.42	7,10%
25- Outras Áreas não Vegetadas	5,04	1,60%
33- Rio ou Lago	2.22	0,70%

39- Soja	10.18	3,20%
41- Outras Lavouras Temporárias	5.47	1,70%
TOTAL	314.70	100%

No estudo direcionado ao reúso agrícola optou-se por avaliar primeiramente o uso em irrigação de pastagem, já que ela ocupa a maior parte da área dentro do raio estudado, além de apresentar características favoráveis para este uso. Os valores considerados para o Coeficiente de Cultura (Kc), foram, inicial:0,3; médio de 0,75 e; final de 0,75, adotados conforme documento da SEMARH (2012). A área pretendida para irrigação é de 142,070 ha no interior do raio de 1km da ETE.

A segunda cultura estudada para o reuso agrícola foi a soja, que possui uma área ocupada no raio de 1km de 10,18 ha. Para esta cultura foram considerados os valores de kc inicial de 0, médio de 1,15 e final de 0,5.

A respeito do reúso urbano na prática de irrigação de parques públicos, levantou-se praças e rotatórios localizadas na área urbana da cidade de Bela Vista, as quais possuem elementos paisagísticos passíveis de irrigação. Foi identificada uma área total a ser irrigada de 4.436,48 m². Considerando a referência de Campos (2012), a demanda de água é de 1L/m². Sendo assim, a demanda total de água para a prática seria de 4,4m³.

Para a atividade de lavagem de veículo os cálculos, vazão média da ETE possibilitaria lavar diariamente aproximadamente 14mil veículos de pequeno porte.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados dos cálculos de demanda para o reuso agrícola em área de pastagem mostraram que, durante os meses de novembro a março, não é necessária irrigação devido à incidência de chuvas no período. Enquanto que nos meses de abril e outubro, há necessidade de irrigação, mas a vazão da ETE (31,79 L/s) é suficiente para atender toda a demanda. Em abril, a vazão necessária foi de 17,39 L/s, resultando em um excedente de 14,40 L/s; Em outubro, a vazão necessária foi de 4,31 L/s, gerando um excedente de 27,48 L/s. Ao analisar os dados dos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, verifica-se que a vazão da ETE não é capaz de suprir toda a área pretendida

para irrigação. Essa conclusão é baseada na comparação entre a vazão média da ETE e a demanda de água de cada mês. O mês de agosto apresentou a maior demanda de irrigação, com uma menor área atendida, de apenas 81,46 ha.

Em relação à área não atendida, em maio seria deixado de irrigar uma área de 29,42 ha; em junho, seria de 41,53 ha; em julho de 49,45 ha, sendo este o segundo mês mais crítico; em agosto, o pior mês do ano em termos de dependência da irrigação da ETE, faltariam 81,46 há. Em setembro, com uma melhoria nas condições climáticas, a estação deixaria de atender uma área de 32,05 ha.

A área ocupada por soja no raio de 1km é menor que a área ocupada por pastagem, porém o kc médio é maior, o que representa maior necessidade da água por irrigação. Portanto, os cálculos da demanda demonstraram que mesmo nos meses de chuva houve a necessidade de irrigação. Porém, em todos os meses a oferta de água de reúso não atenderia por completo. Assim como, no estudo para a pastagem, a maior vazão necessária para irrigação da soja foi no mês de agosto, com valor total de 7,55 L/s por consequência de estiagem de chuva e evaporação maior. Já os menores valores de demanda ocorreram nos meses de dezembro (0,51 L/s), janeiro (0,61 L/s) e em fevereiro (0,85 L/s).

Com relação ao reúso urbano observa-se um potencial relevante. Para a irrigação de parques e jardins seriam necessários apenas 4,4m³/dia do volume total diário de 2.746,00m³ de esgoto tratado na ETE.

Segundo o IBGE (2022), o município de Bela Vista possui um total de 14.241 veículos, entre motocicletas (5.606), automóvel (8.536) e utilitários (99). Ao se considerar o consumo de 200L/veículos para lavagem de veículos, tem-se uma necessidade diária de aproximadamente 41m³ para lavar um média de 2.034 veículos, sendo este o número de veículos a serem lavados diariamente, se considerar periodicidade semanal para lavagem de veículos, hábito comum no Brasil.

Com relação a qualidade da água de reúso, não existe documento mandatário federal ou estadual que regulamente a prática e apresente exigências com relação aos padrões. Desta forma, tem-se utilizado o documento INTERAGUAS

(2017) como um documento norteador, o qual apresenta as recomendações de qualidade conforme apresentadas na Tabela 2.

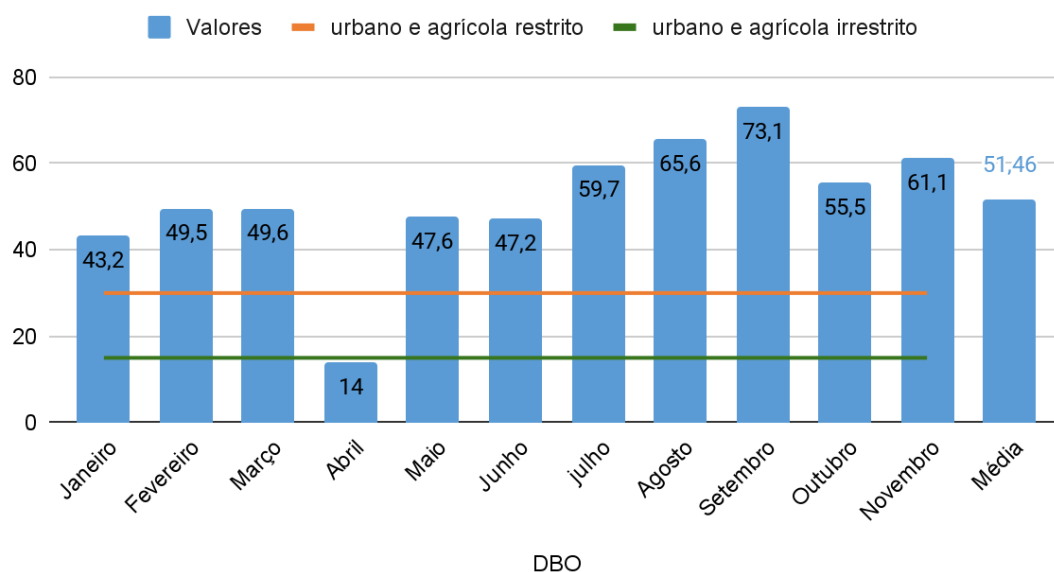
Tabela 2 - Parâmetros norteadores mínimos de qualidade para água de reúso nas modalidades de reúso urbano e agrícola, sendo divididos em restrito e irrestrito.

Parâmetros	Urbano restrito	Urbano irrestrito	Agrícola restrito	Agrícola irrestrito
DBO	<30	<15	<30	<15
Turbidez	< 5 UNT	< 5 UNT	-	≤ 5
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
E.coli	< 103	< 103	< 103	< 10

Os dados qualidade do efluente tratado, assim como a vazão foram obtidos por meio dos boletins mensais de operação da ETE, fornecidos pela SANEAGO. Foram avaliados o atendimento aos padrão recomendados pelo INTERAGUAS (2017) para os parâmetros DBO, pH, E.coli e turbidez.

Figura 4 - Valores de DBO para cada mês de janeiro a novembro de 2022.

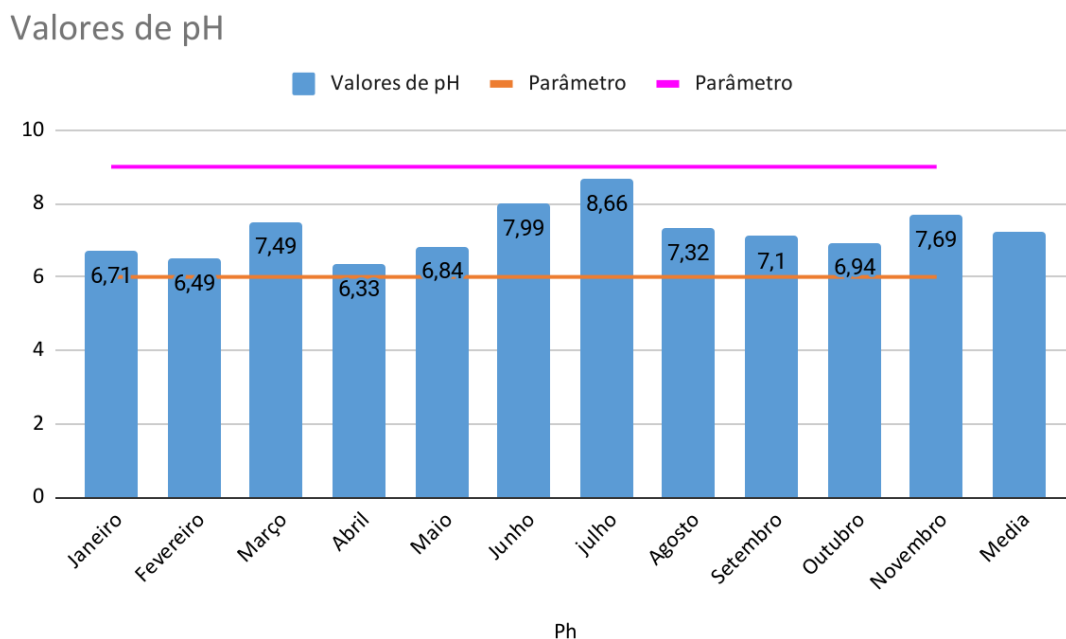
Valores de DBO



O traço laranja representa uma linha de referência do parâmetro para reúso urbano e agrícola restrito. Observa-se que apenas no mês de abril a DBO se encontra abaixo do recomendado de 30 mg/L.

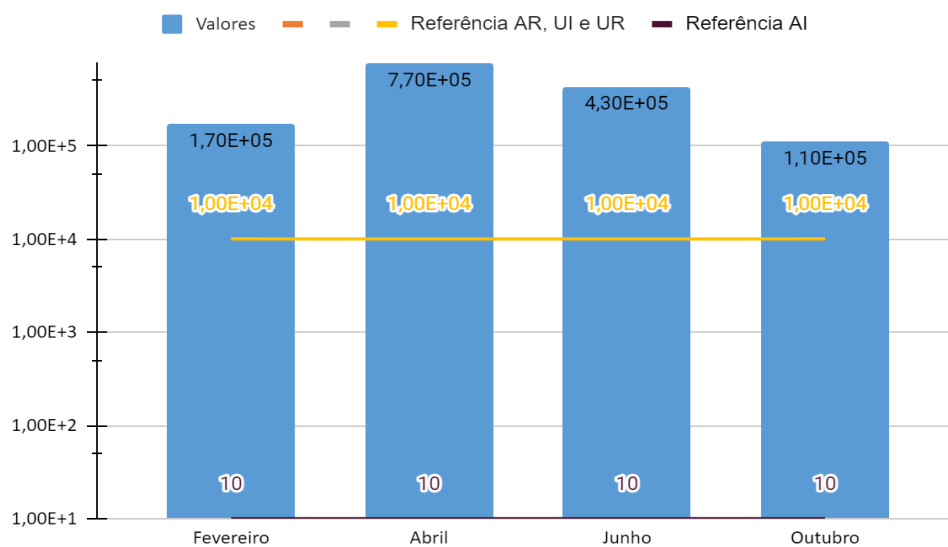
A linha verde representa o parâmetro para reúso urbano e agrícola irrestrito, os quais os valores deveriam ser menores que 15 mg/L e novamente apenas no mês de abril esse parâmetro é atendido.

Figura 5 - Valores de pH para cada mês de janeiro a novembro de 2022.



Neste gráfico estão os valores de pH da água de reúso em cada mês. Foram traçados duas linhas que servem como parâmetros, ou seja, os valores de pH em todos os meses estão atendendo ao que é recomendado para reúso agrícola e urbano restrito e irrestrito, pois estão entre 6 e 9.

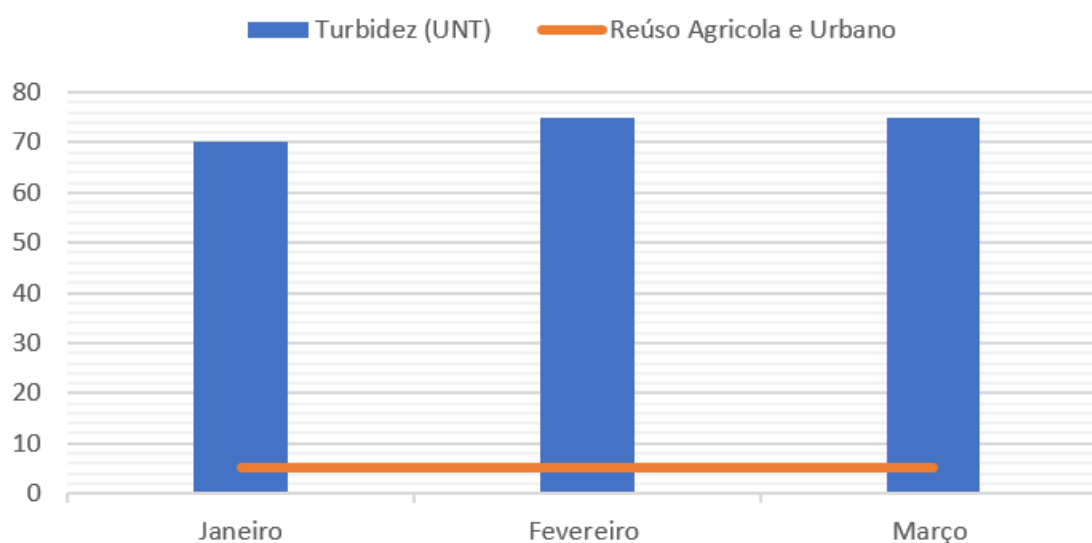
Figura 6: Valores de E.Coli cada mês de janeiro a novembro de 2022.



Para todos os meses os valores de E.coli não atenderam aos parâmetros para nenhuma modalidade, sendo o valor médio encontrado de $3,70 \times 10^5$, e a recomendação de $<10^3$ NMP/100 m para restrito e <10 NMP/100 mL para irrestrito.

Figura 7: Valores de Turbidez cada mês de janeiro a novembro de 2022.

Valores Turbidez



Em todos os meses, os valores de turbidez não atenderam aos parâmetros para as modalidades de Reúso Agrícola e Urbano, com um valor médio de 73,33 UNT, enquanto a recomendação para reúso restrito e irrestrito é de 5 UNT.

Analisando o cenário de reúso de água para as diferentes modalidades propostas, chega-se a um cenário conforme proposto na Tabela 3.

Tabela 3: Cenário de reúso de água proposto

Mês	Pastagem (ha)	Área urbana irrigável (ha)	Carros lavados (unid/dia)
Janeiro	0	0	100
Fevereiro	0	0	100
Março	0	0	100
Abril	142,07	4,4	100
Maio	80,00	4,4	100
Junho	70,00	4,4	100
Julho	65,00	4,4	100
Agosto	60,00	4,4	100

Setembro	80,00	4,4	100
Outubro	142,07	4,4	100
Novembro	0	0	100
Dezembro	0	0	100

Ressalta-se que nos meses onde não há demanda por irrigação, nem para pastagem e nem para as áreas urbanas, a água de reuso poderá ser utilizada para outras atividades, como desobstrução de galerias e construção civil, ou fornecimento para as indústrias, o que também poderia ser um objetivo de estudo.

6. CONCLUSÃO

Em Goiás, devido à carência de legislações mais específicas, os padrões de qualidade para reuso de água na irrigação adotados foi conforme recomendação do documento INTERÁGUAS. Segundo este documento, a irrigação das áreas de públicas é classificada como irrigação de área urbana de uso irrestrito. Observa-se que a ETE não atende aos padrões de qualidade estabelecidos. Desse modo, para esse efluente seja utilizado de maneira segura, novas tecnologias de tratamento, ou ainda a manutenção e ajustes ao atual sistema devem ser empregados na ETE, cujo tratamento atualmente consiste em um sistema com lagoas de estabilização, composto por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e uma lagoa de maturação.

Devido à baixa vazão da ETE, essa sozinha não é capaz de atender a demanda de irrigação para pastagem e soja no raio de 1km em todos os meses. Entretanto, a irrigação parcial da área de pastagem, das áreas verdes públicas da cidade de Bela vista e a lavagem de veículos se tornam viáveis do ponto de vista de oferta e demanda.

Percebe-se ainda, através das análises realizadas, o grande potencial do emprego de efluentes tratados na irrigação urbana. Recomenda-se, por fim, a continuação de estudos semelhantes nos quais sejam avaliados o potencial de reuso de ETE's no emprego em irrigação de pastagens e outras culturas.

REFERÊNCIAS

ANA. (2017b). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). *Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada*. Brasília: ANA, 86 p. Disponível em:

<<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6>>. Acesso em: 15 de mar de 2021.

BOLUARTE, I. A. R. et al. Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 113, p. 44-48, 2016. ISSN 0964-8305.

CAMPOS, A. M. S. **Aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE Alegria para reuso em áreas urbanas**. Projeto final de graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2018.

UYBRECHTS, D. et al. **Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor car- en truckwash**. Vlaams Kenniscentrum. Antwerpen, p. 240. 2002.

INTERÁGUAS. **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. Produto III - Critérios de Qualidade da Água**. Programa de Desenvolvimento Setor Água. Brasil, p. 575. 2017.

SEMARH - Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Manual Técnico de Outorga. 1º Versão. Goiás, 2012.