

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA NO DF: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Gustavo Antonio Carneiro¹; Rodrigo Oliveira Werneck²& Mauro Roberto Felizatto³

Abstract:

The Federal District (DF) faces severe water challenges, marked by low per capita availability and prolonged droughts, exacerbated by rapid population growth and limited dilution capacity of water bodies. In this context, treated effluent reuse emerges as a strategic alternative to mitigate pollution and expand water supply for irrigated agriculture and landscaping. This study assessed the viability of this practice in DF, using Geoprocessing to identify potential areas, considering effluent supply from Wastewater Treatment Plants (WWTPs) and agricultural demand. The methods included effluent quality analysis, identification of strategic Hydrologic Units, and sizing of Water Reuse Supply Systems (WRSSs). Results indicate that some WWTPs require only one improvement, such as UV disinfection to meet reuse standards of the variable *E. coli*. A total reuse of 78 l/s is proposed, representing 10% of the treated wastewater in DF, capable of irrigating 63.49 hectares and generating 961.4 tons/year of agricultural production, neutralizing the wastewater discharge from an equivalent population of 53,167 inhabitants. Implementation faces economic, legal, and social challenges but offers significant environmental and water benefits.

Resumo:

O Distrito Federal enfrenta severos desafios hídricos, caracterizados por baixa disponibilidade per capita e estiagens prolongadas, agravados pelo rápido crescimento populacional e pela limitada capacidade de diluição dos corpos hídricos. Nesse cenário, o reúso de efluentes tratados surge como uma alternativa estratégica para mitigar a poluição e ampliar a oferta de água para a agricultura irrigada e paisagística. Este estudo avaliou a viabilidade dessa prática no DF, empregando Geoprocessamento para identificar áreas potenciais, considerando a oferta de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e a demanda agrícola. Os métodos incluíram a análise da qualidade dos efluentes, a identificação de Unidades Hidrográficas (UHs) estratégicas e o dimensionamento de Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso (SAARs). Os resultados indicam que algumas ETEs necessitam somente de um único aprimoramento, como a desinfecção por UV, para atender aos padrões de reúso da variável *E. coli*. Propõe-se o reúso de 78 l/s, que representa 10% de todo efluente tratado no DF pela concessionária local, capaz de irrigar 63,49 hectares e gerar 961,4 toneladas/ano de produção agrícola, neutralizando o lançamento de efluentes de uma população equivalente de 53.167 habitantes. A implementação enfrenta desafios econômicos, legais e sociais, mas oferece benefícios ambientais e hídricos significativos.

Palavras-Chave – Reúso de Água Agrícola; Análise de Dados Geoespaciais; Estação de Tratamento de Esgoto

1) ADASA, SAIN Estação Rodoviária de Brasília, S/N, Ala Norte, DF, 70631-900; Tel.: (61)-3961-4992, gustavo.carneiro@adasa.df.gov.br

2) Consultor: Q. 3 Cj. 6 Lote 6 Bl. B nº 403, Paranoá Parque, Paranoá/DF, 71587-784, Tel.: (61) 98198-0428, werneck.row@gmail.com

3) UnB, Área Universitária, n. 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, Planaltina, DF, 73345-010; Tel.: (61)-98161-9881, mauro.felizatto@unb.br

1 - INTRODUÇÃO

O Distrito Federal (DF), inserido em um contexto geográfico de divisor de águas e formador de rios de cabeceira, enfrenta desafios hídricos significativos, agravados por estiagens anuais prolongadas que frequentemente se estendem por mais de quatro meses. Essa condição, combinada com uma baixa disponibilidade hídrica per capita anual, classificada como crítica ($<1.500\text{ m}^3/\text{habitante/ano}$), coloca o DF em uma posição de vulnerabilidade hídrica. De fato, o DF é a terceira unidade da federação com menor disponibilidade hídrica superficial per capita ($1.365\text{ m}^3/\text{habitante/ano}$), superando apenas Paraíba e Pernambuco (CODEPLAN, 2020). A reduzida capacidade de diluição dos corpos hídricos locais agrava os impactos do aporte de carga orgânica, de nutrientes e de micro-organismos, oriundos dos efluentes, exigindo medidas urgentes para evitar o comprometimento da qualidade da água. Nesse cenário, o reúso de efluentes tratados surge como uma alternativa estratégica capaz de, simultaneamente, mitigar a poluição hídrica e ampliar a oferta de água para a agricultura, especialmente em regiões onde a escassez hídrica limita a produção agrícola. No entanto, a implementação dessa prática enfrenta desafios significativos de ordem econômica, legal, social, cultural sanitária e ambiental, que precisam ser cuidadosamente avaliados.

Paralelamente a essa escassez hídrica, o DF vivencia um dos maiores crescimentos demográficos do Brasil, com uma população atual de 2,8 milhões de habitantes e um crescimento médio de 22.349 pessoas por ano (IBGE, 2023). Esse aumento populacional exerce uma pressão crescente sobre os recursos hídricos disponíveis, intensificando a necessidade de soluções inovadoras e sustentáveis para a gestão da água.

Entre 2016 e 2018, o DF enfrentou uma severa crise hídrica, em grande parte atribuída ao rápido crescimento populacional, que adicionou 470 mil habitantes em um período de sete anos, representando uma taxa média anual de crescimento de 18,2% (Lima *et al.*, 2018). Essa intensa urbanização e adensamento populacional pressionam os reservatórios locais, especialmente durante o período seco, mesmo com investimentos significativos em infraestrutura, como o recente Sistema Produtor Corumbá, que incrementou a oferta de água para atender 1,3 milhão de pessoas do DF ao integrar recursos do estado vizinho Goiás (CAESB, 2023).

Diante desse cenário desafiador, a busca por alternativas para ampliar a resiliência hídrica do DF torna-se imperativa. Nesse contexto, o reúso de água surge como uma estratégia promissora e sustentável. A prática do reúso agrícola e paisagístico, além de mitigar impactos ambientais do lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos receptores, reduz a pressão sobre as fontes de água, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental e para a sustentabilidade hídrica.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade do reúso de efluentes tratados para fins agrícolas no DF, utilizando o Geoprocessamento na identificação de possíveis locais no território onde essa prática pode ser realizada. A análise leva em consideração a oferta de efluentes tratados das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e a demanda de água para a produção agrícola e irrigação paisagística.

A avaliação do potencial de reúso de água no DF é crucial para o planejamento e a implementação de políticas públicas eficazes, além de fornecer subsídios para a tomada de decisões e o direcionamento de investimentos que visem a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável da região.

Ademais, a análise do reúso de água no DF pode servir como um modelo para outras regiões do Brasil e do mundo que enfrentam desafios semelhantes em relação à escassez hídrica e à necessidade de uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Ao compartilhar os

resultados e as lições aprendidas com este estudo, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento e a disseminação de práticas inovadoras na área de gestão de recursos hídricos.

Diante disso, o trabalho teve o objetivo geral de avaliar os desafios e as oportunidades para realizar o reúso agrícola e paisagístico no Distrito Federal, levando em conta: (1) aspectos de qualidade do efluente gerado de cada ETE; (2) formas de armazenamento e distribuição da água de reúso para potenciais usuários por meio de Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso (SAAR); (3) melhorias necessárias nos processos tecnológicos das estações de tratamento; e (4) estimativas de produção agrícola e população equivalente beneficiada para cada Unidade Hidrográfica (UH).

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais empregados para elaboração do presente diagnóstico foram arquivos digitais fornecidos e compartilhados pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), além de *shapefiles* do Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA).

A ADASA disponibilizou duas planilhas eletrônicas com dados de qualidade da água dos efluentes tratados e os dados diários de vazão tratada das 15 (quinze) ETEs operadas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), no período de 2017 a 2022, portanto seis anos consecutivos. O banco de dados da qualidade de água do efluente das quinze ETEs operadas pela CAESB apresentam os resultados das variáveis da qualidade da água, (DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, DQO – Demanda Química de Oxigênio, PT – Fósforo Total, SST – Sólidos Suspensos Totais, DBOf – Demanda Bioquímica de Oxigênio Filtrada – $< 0,43\mu\text{m}$, *E. Coli* – *Escherichia coli*, N-NH₃ – Nitrogênio Amoniacal e NT – Nitrogênio Total). A informação dos dados das vazões das ETEs operadas pela CAESB apresenta tanto os resultados das vazões médias tratadas, quanto as vazões de projeto.

A ADASA também disponibilizou um diretório de Sistema de Informação Geográfica (SIG) em formato *Shapefile* (.shp), que contém todas as informações georreferenciadas dos Registros e Outorgas de Irrigação concedidos nas áreas em estudo. Além disso, forneceu informações sobre os pontos autorizados para captação de água superficial por meio de caminhões-pipa outorgados no Distrito Federal. Foram utilizados ainda arquivos com as localizações geográficas das ETEs operadas pela CAESB, obtido do Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA).

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (Emater-DF) contribuiu com informações sobre o tipo de cultura produzida (hortaliças ou frutíferas), a área em hectares utilizada na produção e a produtividade anual de cada propriedade rural cadastrada para as Unidades Hidrográficas (UHs) consideradas no estudo. A partir do programa Brasil em Relevo (EMBRAPA, 2023), também foi possível extrair modelos altimétricos de alta resolução (5 m) e imagens de satélite articuladas na escala 1:250.000, cobrindo toda a área do Distrito Federal. Esses dados foram empregados na análise da topografia do terreno e para a identificação de áreas com maior potencial para a implantação de sistemas de abastecimento de água de reúso.

Métodos

Avaliação qualitativa dos efluentes das ETEs

A qualidade da água dos efluentes das ETEs operadas pela CAESB foi avaliada com fundamento no conceito da confiabilidade dos processos envolvidos no tratamento de esgotos e em

seu Coeficiente de Confiabilidade (CDC), proporcionado pelas variações ocorridas no comportamento destes mesmos processos. O método adotado foi o desenvolvido por Niku *et al.* (1981). Esse método baseia-se em análises probabilísticas, que relacionam a concentração média de uma determinada variável (valor de projeto) com os valores limites (valor meta ou padrão).

Com relação à qualidade da água para realizar o reúso de água agrícola restrito, se faz necessário comparar os dados obtidos com os padrões estabelecidos em guias nacionais e internacionais (Brasil, 2023; Voulvoulis, 2018; Santos *et al.*, 2020). Dentre as variáveis de qualidade de água disponíveis de cada ETE, somente Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Suspensos Totais e *Escherichia Coli* possuem padrões estabelecidos em legislação.

Os limites toleráveis para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em projetos de Reúso de Água Agrícola Restrito convergem para um valor máximo de 30 mg/l. Essa tendência é observada em diversas fontes, como a legislação brasileira (Brasil, 2023), regulamentações de estados norte-americanos (Voulvoulis, 2018) e projetos nacionais como o Interáguas (Santos *et al.*, 2020). De forma semelhante, os guias com padrões mais tolerantes para a variável Sólidos Suspensos Totais (SST) no Reúso de Água Agrícola Restrito tendem a um valor máximo de 30 mg/l, como citado em estudos e regulamentações no Brasil, Estados Unidos e no projeto Interáguas (Brasil, 2023; Voulvoulis, 2018; Santos *et al.*, 2020). Por outro lado, os padrões dos guias consultados não convergem para um valor único em relação à variável *Escherichia coli* (*E. Coli*) para o Reúso de Água Agrícola Restrito. A análise dos guias e regulamentos revela que o valor de concentração de Coliformes Totais de 10^3 NMP/100ml é o mais frequente, seguido por 10^4 NMP/100ml e 10^6 NMP/100ml, ou seja, variando de 3 a 6 unidades logarítmicas. Neste trabalho foi adotado o valor de 10^3 NMP/100ml, ou 3 unidades logarítmicas.

Identificação de potenciais áreas de aplicação

Todos os dados coletados foram processados no software ArcGIS, um sistema de informações geográficas (SIG). O Distrito Federal possui 41 Unidades Hidrográficas (UHs) distribuídas em três bacias hidrográficas (Afluentes do rio Paranaíba, rio Maranhão e rio Preto). Em oficina realizada em 19/12/2023, com especialistas da ADASA e consultores do projeto, foram identificadas cinco UHs estratégicas para reúso de água: Paranoá, Melchior, Sobradinho, Alto Descoberto e Ponte Alta. A escolha baseou-se nos seguintes critérios: maior vazão outorgada para agricultura (demanda) e concentração elevada de produtores de frutíferas (UH Alto Descoberto); grande vazão de efluentes tratados e oportunidade de redução da carga lançada no rio Melchior, enquadrado na Classe 4 (UH Melchior); e relevante demanda para irrigação paisagística e, consequentemente, redução do lançamento de efluentes nos respetivos corpos d'água (UH Ponte Alta, Paranoá e Sobradinho).

Com base nessa seleção, foram produzidos Planos de Informações Georreferenciados (PIGeos) individualizados para cada UH, permitindo o cruzamento de dados sobre área agrícola, produtividade vegetal, outorga para irrigação, vazão de efluentes gerados, conforme exposto na Figura 1. Essa análise identificou potenciais usuários de água de reúso, mapeando distâncias e diferenças altimétricas entre produtores rurais e estações de tratamento de esgoto (ETEs). Os principais passos para a confecção dos PIGeos foram: aquisição e processamento de dados adquiridos das cinco UHs selecionadas; adição de camadas geoespaciais, como imagens de satélite e Modelo Digital de Elevação (MDE), para detalhamento topográfico; classificação de ETEs, por tamanho, com base nas vazões médias diárias de efluentes tratados; Classificação das UH, por cor, em termos de vazão outorgada para irrigação; integração de dados da Emater-DF sobre produção agrícola, cruzando áreas produtivas e produtividade vegetal anual; classificação das culturas agrícolas por produtividade

(ton/ano); e, por último, mapeamento de pontos estratégicos, como locais de captação de caminhões-pipa.

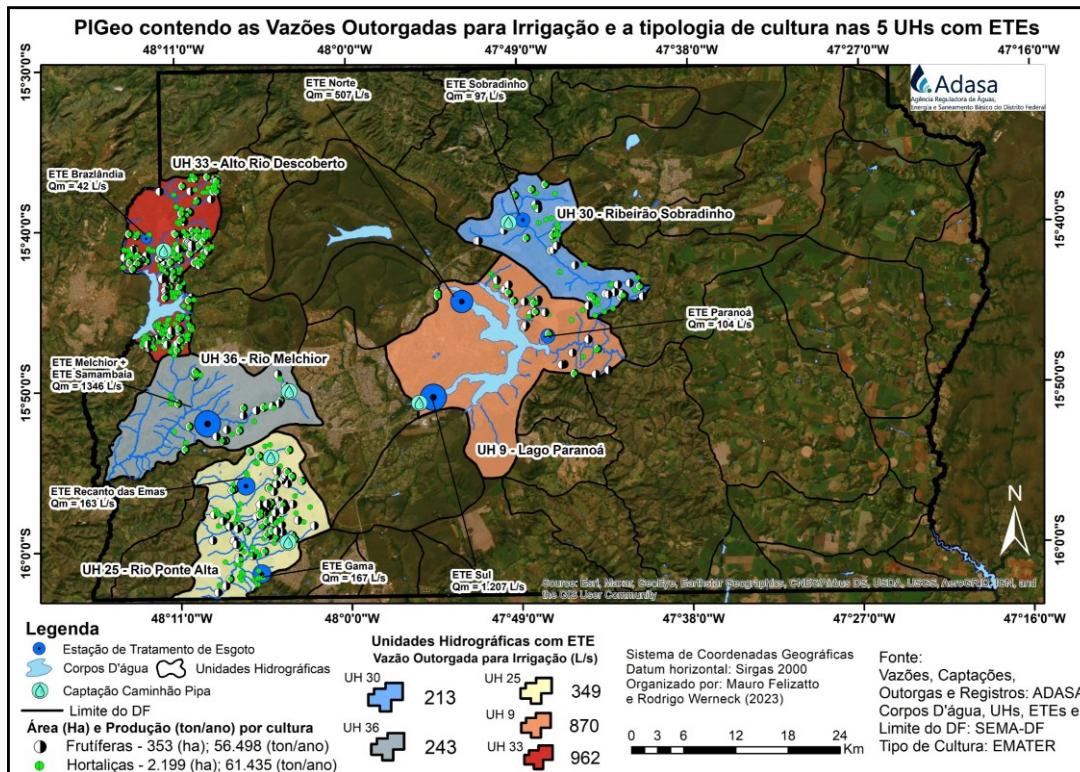


Figura 1 – Plano de Informações Georreferenciadas contendo as Unidades Hidrográficas do Alto Descoberto, Melchior, Ponte Alta, Paranoá e Sobradinho, as vazões outorgadas para irrigação de cada unidade hidrográfica, as vazões médias de cada Estação de Tratamento e a espacialização dos produtores de hortaliças e frutíferas.

Sistema de Abastecimento de Água de Reúso (SAAR)

Com o cruzamento desse grande volume de dados, foi possível traçar perfis de elevação para os Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso (SAARs) em cada UH, determinando soluções técnicas necessárias para armazenamento, transporte e distribuição de água de reúso. As análises consideraram o comprimento total dos SAARs (Δl) e identificaram potenciais beneficiários. Por fim, no contexto da UH Alto Descoberto, para facilitar a análise espacial, foi adicionada a camada contendo informações sobre a situação das outorgas de direito de uso da água, que contribuiu para validar a viabilidade técnica e regulatória do reúso de água, favorecendo a escolha de comunidades rurais que já possuem outorga de captação de água para irrigação, para potencialmente receberem a água de reúso das ETEs.

Em seguida, buscou-se determinar as soluções necessárias para a efetiva aplicação da água de reúso pelos potenciais usuários do setor agrícola identificados (distribuição, armazenamento e utilização) nas UHs: Lago Paranoá, Alto Rio Descoberto, Rio Ponte Alta, Ribeirão Sobradinho e Rio Melchior. Para isso, foi necessário criar um PIGeo, no software ArcGIS, para cada ETE selecionada e gerar um perfil de elevação, no Google Earth Pro, de cada traçado de SAAR específico. Os Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso, relativos às ETEs selecionadas, são compostos por: (i) estrutura de convergência hidráulica; (ii) tubulação; (iii) caixa de gordura; (iv) bombas; (v) centro de controle de motores e elevatória; (vi) reservatório metálico, necessário para armazenar e distribuir adequadamente a água de reuso; e/ou (vii) conexão para mangueira de caminhão pipa.

Os potenciais usuários foram determinados a partir da análise combinada de dados georreferenciados de irrigação e produção agrícola por Unidade Hidrográfica (UH), considerando a distância, altitude e o trajeto entre a geração (ETEs), o ponto de reúso agrícola (núcleos rurais) ou ponto de captação e distribuição por meio de caminhões pipa.

Tipo de Tratamento empregado e projetos de melhorias das ETEs

As tecnologias empregadas nas quinze ETEs operadas pela CAESB no DF são apresentadas na Figura 2. Na figura é apresentado, de forma detalhada, cada processo de tratamento nas diferentes unidades operacionais (Suguimoto *et al.*, 2025).

Unidade Operacional	ETE Sul	ETE Norte	ETE Riacho Fundo	ETE Melchior	ETE Samambaia
Tipo de Tratamento detalhado	Lodos Ativados, variação PHOREDOX (Bardenpho modificado) de 3 estágios + Polimento Final Químico	Lodos Ativados, variação PHOREDOX (Bardenpho modificado) de 3 estágios + Polimento Final Químico	RBS (Reator Batelada Sequencial) + adição de sulfato de Alumínio	UASBs + sistema de fluxo alternativo com controle automatizado por fases - Unitank®	UASBs + Lagoas facultativas + Lagoas de alta taxa + Lagoas de Maturação + Polimento Final Químico
Unidade Operacional	ETE Gama	ETE Santa Maria	ETE Brazlândia	ETE Sobradinho	ETE Alagado
Tipo de Tratamento detalhado	Lodos Ativados, variação PHOREDOX (Bardenpho modificado) de 3 estágios com co-precipitação	UASBs seguidos de lagoas de alta taxa + Polimento Final Químico	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	Lodos ativados convencional	UASBs seguidos de Lagoa de Alta Taxa + Polimento Final Químico
Unidade Operacional	ETE Paranoá	ETE Planaltina	ETE Vale do Amanhecer	ETE São Sebastião	ETE Recanto das Emas
Tipo de Tratamento	UASBs + lagoas de estabilização lagoas aeradas	UASBs + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	UASBs + Lagoa Aerada + Lagoa de Maturação	UASBs seguidos por escoamento superficial e 2 Lagoas de Maturação	UASBs + Reator Aerado + Lagoa Aerada Facultativa

Figura 2 – Tipos de tratamento adotados nas Estações de Tratamento de Esgoto do Distrito Federal.
Fonte: Suguimoto *et al.* (2025).

Para escolher a rota tecnológica de tratamento e das melhorias das ETEs, foi aplicada a “chave” proposta por Gonçalves (2023), que utiliza diversos processos e operações unitárias de forma sequencial por meio de diagramas de blocos. Os blocos do diagrama seguem a seguinte sequência: (i) pré-tratamento ou tratamento preliminar; (ii) tratamento primário; (iii) tratamento secundário; (iv) tratamento secundário com remoção de nitrogênio; (v) desfosfatação ou remoção biológica e/ou química de fósforo; (vi) remoção de sólidos em suspensão totais (SST); (vii) remoção de material coloidal; (viii) remoção de sólidos dissolvidos totais (SDT); (ix) remoção de elementos traços; e (x) desinfecção. O método adotado consiste em hachurar em amarelo as etapas dos tratamentos existentes e hachurar em azul as possíveis propostas para adequação das ETEs selecionadas.

Vale destacar que, em 2023, a CAESB conduziu uma Consulta Pública, em formato híbrido (presencial e virtual), para apresentar e debater as obras de água e esgoto no Distrito Federal que receberão financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Na ocasião, foram divulgadas as melhorias que serão realizadas nas ETEs Melchior/Samambaia (CAESB, 2023). A companhia anunciou sua preferência na adoção de Flotação por Ar Dissolvido (FAD) como polimento final do efluente do tratamento biológico nessas ETEs, seguida da desinfecção por Sistema Ultravioleta (UV). Essa decisão reforça a experiência da CAESB com essas tecnologias, já implementadas e em operação nas ETEs Sul/Norte, Alagado, Santa Maria e Samambaia (FAD) e na ETE Águas Lindas (UV).

Com a rota tecnológica definida: Flotação por Ar Dissolvido e sistema de desinfecção por radiação UV, foram definidos possíveis projetos elencados, ou seja, para as ETEs escolhidas neste estudo de reúso de água em irrigação (agrícola e paisagística). Apresentam-se, na sessão de

resultados, os processos existentes e as melhorias necessárias para as cinco unidades de tratamento operadas pela CAESEB: (i) ETEb Norte e Sul; (ii) ETE Brazlândia, (iii) ETE Sobradinho, (iv) ETE Gama e (v) ETE Melchior/Samambaia.

Produtividade agrícola e População Equivalente

Para cada UH analisada, estimou-se a área total viável para implementação em curto prazo de irrigação agrícola de frutíferas e paisagística com água de reúso, em termos de vazão de água utilizada, o que equivale a quantidade de água que deixa de ser captada dos corpos d'água e outros benefícios ecológicos. Nesse contexto, a partir da estimativa da vazão utilizada, discorre-se também sobre os volumes de efluentes que deixam de ser lançados nos corpos receptores. Diante disso, com a estimativa da vazão total que pode ser utilizada na agricultura e no paisagismo, calculou-se a população equivalente referente ao efluente disponível por cada ETE, em número de habitantes. Calculou-se também a área irrigada, bem como a razão entre a vazão disponível de água de reúso (l/s) e a vazão necessária para produção por hectare. Para realizar a estimativa de área, produtividade e população equivalente, foram adotados os valores de 130 l/d como valor médio de referência de produção de esgoto per capita (SNIS, 2025), a média de 250 árvores frutíferas para cultivar manga (*Mangifera indica*) por hectare (Silva, 2008), com regime de irrigação de 150 l/planta/dia (Mendonça e Guerra, 2012). Para plantas ornamentais, considerou-se que a demanda pode variar de 40.000 a 100.000 l/ha/dia, adotando-se um período de operação média de 10 horas diárias para irrigação. Segundo Lima (2013), a estimativa de produtividade de manga (*Mangifera indica*) é de 20 a 40 toneladas por hectare por ano. Além disso, deve-se considerar que os sistemas de produção de frutíferas podem variar de acordo com a variedade da planta, a idade do pomar, o manejo da cultivar, condições climáticas, tipo de solo, fertilidade, tipo de irrigação e tecnologia utilizada (EMBRAPA, 2006).

3 - RESULTADOS

Características qualitativas dos efluentes das ETEs

A Tabela 1 apresenta as Concentrações Metas ou Padrões para as variáveis Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Bioquímica de Oxigênio Filtrada (DBOf), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal (NH3), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT) e Sólidos Suspensos Totais (SST) e *Escherichia coli* (ECol) dos efluentes das ETEs analisadas no período de 2017 a 2022, segundo o método proposto por Niku *et al.* (1981).

Tabela 1 - Valores das Concentrações Metas ou Padrões para as variáveis DBO, DBOf, DQO, NH3, NT, PT, SST e E.coli) dos efluentes das ETEs analisadas no período de 2017 a 2022, segundo o método proposto por Niku *et al.* (1981).

ETEs (vazão Q _{75%} em l/s)	DBO	DBOf	DQO	NH3	NT	PT	SST	E.coli
Brazlândia (Q _{75%} = 44 l/s)	91	56	419	58,8	77,2	11,33	233	6,07
Gama (Q _{75%} = 184 l/s)	11	-	57	19,5	44,2	2,27	23	5,64
Melchior (Q _{75%} = 1.014 l/s)	80	-	254	66,5	48,7	7,54	173	7,04
Samambaia (Q _{75%} = 611 l/s)	39	34	196	63,8	60,8	4,54	144	5,79
Brasília Sul (Q _{75%} = 1.305 l/s)	18	-	88	20,0	10,7	0,91	26	5,75
Sobradinho (Q _{75%} = 112 l/s)	113	-	267	65,1	70,9	8,91	106	7,42
Padrões para Reúso de Água Agrícola Restrito	30						30	3,00

Legenda: Unidades em mg/l, exceto E.coli em unidades logarítmicas.

Medidas necessárias para aplicação dos efluentes das ETEs

As Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) operadas pela CAESB, por não possuírem processos de desinfecção, apresentam concentrações de *Escherichia coli* em seus efluentes que variam de $1,41 \times 10^5$ a $2,63 \times 10^7$ NMP/100 mL (5,15 a 7,42 unidades logarítmicas). Isso implica em uma necessidade de remoção de 2-4 unidades logarítmicas, adotando-se o valor padrão limite de 10^3 NMP/100mL, por meio de aperfeiçoamento operacional e/ou implementação de novas estruturas físicas para desinfecção. Para atender aos exigentes padrões de reúso, considerou-se como crucial a implementação de uma etapa de desinfecção por Sistema Ultravioleta (UV) e de infraestrutura adequada.

Em relação a cada Estação de Tratamento específica, as ETEs Brasília Sul e Gama já atendem aos critérios estabelecidos para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Sólidos Suspensos Totais (SST), requisitos para o reúso agrícola. Resta necessário adicionar Flotação por Ar Dissolvido (FAD) e Sistema UV para a ETE Gama. Já para a ETE Brasília Sul, basta o acréscimo de um sistema UV.

Quanto às outras estações, por não atingirem os valores determinados pelos padrões de DBO, SST e *E. coli*, sugere-se acrescentar FAD e Sistema UV para as ETEs Melchior/Samambaia, e acrescentar precipitação química, FAD e sistema UV para as ETEs Brazlândia e Sobradinho.

Em relação aos Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso (SAARs), as soluções propostas foram as seguintes:

ETE Brazlândia (42 l/s): implementar projetos pilotos na bacia do alto rio descoberto; distribuir a água para os Núcleos Rurais Alexandre Gusmão (3,7 l/s) e Maranata (39,3 l/s); reduzir o lançamento de efluentes no Rio Verde (Bacia do Rio Maranhão), no Estado de Goiás.

ETE Melchior/Samambaia (1.346 l/s): transportar água de reúso até um sistema de reflorestamento (8,04 l/s) com eucaliptos (*Eucalyptus globulus Labill.*), com possibilidade também para produção frutífera (8 toneladas anuais) em uma propriedade rural, devidamente outorgada, situada a 2,3 km da saída do efluente da ETE.

ETEs Sobradinho (97 l/s), Brasília Sul (1.207 l/s) e Gama (167 l/s): abastecer caminhões pipa, com intuito de realizar irrigação paisagística somando-se uma vazão total inicial de 30 l/s.

Estimativa de Produção Agrícola e População Equivalente

As estimativas de produção agrícola e paisagística em termos de área (ha) e produção (ton/ano), além da população equivalente (hab) correlacionada com a neutralização da vazão de lançamento de efluentes nos corpos receptores são apresentadas na tabela 2. Foram consideradas duas alternativas de aplicação da água de reuso: irrigação agrícola, tanto para frutíferas (Alto Descoberto) quanto florestal (Melchior) e irrigação paisagística (Paranoá, Sobradinho e Ponte Alta). As alternativas também abrangeram duas modalidades de outorga de direito de uso da água: captação por meio de caminhão pipa e captação para irrigação. Ressalta-se que a unidade hidrográfica do Alto Rio Descoberto, com uma vazão de 42 l/s, é capaz de irrigar aproximadamente 40 hectares, equivalente a uma produção no mínimo 807 toneladas por ano de frutíferas (goiaba, manga, laranja e limão). Esta vazão média da Estação de Tratamento de Esgoto de Brazlândia corresponde a uma população equivalente de 27.913 habitantes.

Tabela 2 – Valores e informações referentes à UH, ETE, finalidade do reúso de água, tipo de outorga, vazão (l/s), Área (ha), Produção (ton/ano) e População Equivalente para redução de lançamento (hab).

Unidade Hidrográfica	ETE	Reúso de Água em Irrigação	Tipo de Outorga	Vazão (l/s)	Área (ha)	Produção mínima (ton/ano)	População Equivalente (habitantes)
Paranoá	Brasília Sul	Paisagística	Pipa	10	5,14	-	6.646
Descoberto	Brazlândia	Agrícola (Frutífera)	Irrigação	42	40,38	807,6	27.913
Sobradinho	Sobradinho	Paisagística	Pipa	10	5,14	-	6.646
Ponte Alta	Gama	Paisagística	Pipa	10	5,14	-	6.646
Melchior	Melchior e Samambaia	Agrícola (Florestal)	Irrigação	8	7,69	153,8	5.316
Total				78	63,49	961,4	53.167

Nota: População equivalente conforme SNIS (2025); Área e Produção mínima (ton/ano) variam de acordo com o tipo de cultura empregada.

Em relação ao somatório das soluções empregadas nas cinco unidades hidrográficas, a vazão total de água de reúso com potencial para ser empregada na irrigação agrícola e paisagística é de 78 l/s, o que equivale a uma área irrigada de 63,49 hectares, que por sua vez pode contribuir para uma produção mínima 961,4 (ton/ano). Toda essa água reutilizada seria equivalente à neutralização do lançamento de efluentes tratados, nos corpos hídricos superficiais do DF, de uma população de 53.167 habitantes.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de sistemas de reúso de água no setor agrícola demanda uma análise minuciosa das soluções e dos investimentos necessários para garantir a distribuição eficiente desse recurso aos usuários finais. As avaliações realizadas sobre as alternativas abordaram as infraestruturas necessárias, os desafios técnicos e logísticos, bem como os aspectos de gestão de recursos hídricos. A melhoria das estações de tratamento, com o acréscimo do processo de desinfecção UV, para todas as ETEs, é de suma importância para reduzir os valores de *E. coli* do efluente das estações para os limites e padrões estabelecidos mundialmente. Essa melhoria deve estar associada à construção dos Sistemas de Abastecimento de Água de Reúso em cada UH, à instituição de marcos regulatórios de reúso agrícola, além de ações de educação ambiental para orientar os futuros usuários sobre os potenciais riscos e benefícios. A adoção do reúso de efluentes tratados no Distrito Federal representa uma oportunidade promissora para enfrentar dois dos principais desafios da gestão hídrica local: a redução da poluição dos corpos d'água e o aumento da oferta hídrica para a agricultura. No entanto, para que essa solução se torne viável e segura, é essencial superar entraves regulatórios, garantir viabilidade econômica, promover a aceitação social e assegurar padrões de qualidade que atendam às exigências ambientais e sanitárias. O sucesso dessa estratégia dependerá da articulação entre políticas públicas, investimentos em infraestrutura e campanhas de sensibilização, que permitam consolidar o reúso como uma prática sustentável e integrada à gestão dos recursos hídricos do DF.

AGRADECIMENTOS

À UNESCO pela realização, à ADASA pela condução e divulgação do trabalho e à Emater-DF pela contribuição com informações sobre a produção agrícola no DF.

REFERÊNCIAS

- Brasil – Ministério Desenvolvimento Regional. (2023). *Minuta de Resolução s/ nº. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências* (no prelo). CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 14 p.
- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. (2023). *Consulta Pública de Obras de Água e Esgoto no DF a serem financiadas pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID*. Evento híbrido (virtual e presencial), ocorrida às 14:00h na CAESB, Avenida Sibipiruna Lt. 13/21, Águas Claras, Auditório Bloco A, no dia 12 de setembro de 2023.
- CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal. (2020). *Um Panorama das Águas no Distrito Federal*. Secretaria de Estado de Economia do Distrito Federal, 27 p., 2020.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). *A cultura da manga. – 2. ed. revisada e ampliada* – Brasília, DF :Embrapa Informação Tecnológica, 73p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2023). *Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Processamento de Imagem (CNPM)*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/index.htm> . Acesso em: 25/06/2023.
- GONÇALVES, R. F. (2023). *Apresentação: O Espírito Santo precisa de um programa de Reúso de água, in XIII SESMA – Seminário Estadual de Saneamento e Meio Ambiente*, Tema Gestão Sustentável do Saneamento, Vitória – ES, 55 pp., 27 a 30 de novembro 2023.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>. Acesso em: 20/08/2023.
- LIMA, J.E.F.W.; FREITAS, G.K.; PINTO, M.A.T.; SALLES, P.S.B.A. (Editores). (2018). *Gestão da Crise Hídrica 2016 – 2018 Experiências do Distrito Federal*. ADASA, CAESB, SEAGRI e EMATER, DF, 328 p.
- LIMA, J. R. F. (2013). *Exportações de manga produzida no Submédio do Vale do São Francisco no período de 2003-2012*.
- MENDONÇA, A.; GUERRA, A.G. (2012). *Cultura dos Citros Plantio à Comercialização*. 1º ed. Natal –RN, 118 p.
- NIKU, S.; SCHROEDER, E.D.; TCHOBANOGLOUS, G.; SAMANIEGO, F.J. (1981). *Performance of Activated Sludge Process: Reliability, Stability and Variability – Project Summary*, USEPA Research and Development EPA 600/S2-81-227, 12 p.
- SANTOS, A.S.P.; GONÇALVES, R.F.; MELO, M.C.; LIMA, M.A.M.; ARAÚJO, B.M. *Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reúso no Brasil*. Revista SUSTINERE, Vol. 8, n. 2, 437-462 p, 2020.
- SILVA, G. F. (2008). *Eficiência de diferentes produtos fungicidas no controle da antracnose em manga*. Dissertação de Mestrado da UFERSAA, 47p.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. (2025). *Valor de Referência para produção de esgoto per capita*. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snис>. Acesso em: 25/05/2025.
- SUGUIMOTO, L. R.; FELIZATTO, M. R.; GUIMARÃES, F. D. AMORA, F. (2025). *Avaliação da confiabilidade operacional e desempenho de 15 estações de tratamento de esgoto no distrito federal*. 33º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Brasília.
- VOULVOULIS, N. (2018). *Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach*. Environmental Science & Health, 2: 32 – 45 p.