

Estudo de caso sobre a avaliação do potencial qualitativo do reúso de água residuária na ETE - rio Pará de Divinópolis-MG

Case study on the evaluation of the qualitative potential of wastewater reuse in the sewage treatment system - rio Pará, Divinópolis-MG

Estudio de caso sobre la evaluación del potencial cualitativo de reutilización de aguas residuales en la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales del río Pará en Divinópolis-MG

DOI: 10.34188/bjaerv8n1-056

Submetido: 02/12/2024

Aprovado: 15/01/2025

Fernando Augusto Soares

Engenheiro Ambiental, Especialista em Saneamento pela PUC - MG

Divinópolis, MG. Brasil

E-mail: fernandosoares.amb@gmail.com

Alexsander Corrêa

UNIUBE Universidade Uberaba Mestrado - Mestrado Profissional em Engenharia Química

Uberaba, MG. Brasil

E-mail: alexsandercorrea@hotmail.com

Ana Paula dos Santos

Runtime Automation Soluções Industriais LTDA ME

Barra Mansa, RJ. Brasil

E-mail: anapaula_dossantos@ymail.com

Hygor Aristides Victor Rossoni

Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais e Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa - Campus de Florestal (UFV - CAF)

Florestal, MG. Brasil

E-mail: rosoni@ufv.br

Ingrid Eduarda Nepomuceno Barbosa

MDGEO - Hidrogeologia e Meio Ambiente

Belo Horizonte, MG. Brasil

E-mail: ingridenb@gmail.com

RESUMO

Este estudo de caso avalia o potencial qualitativo do reúso de água residuária na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Rio Pará, em Divinópolis-MG tendo em vista panorama voltado ao Centro Oeste Mineiro. Dada a crescente demanda hídrica e a escassez de água potável, o reúso de águas residuárias é uma prática sustentável para economizar recursos hídricos. O objetivo foi elaborar um diagnóstico referente ao reúso do esgoto tratado na ETE, verificando sua capacidade atual e futura de utilização. A metodologia inclui a análise de dados quantitativos e qualitativos, com base em relatórios governamentais, reuniões com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), e legislação aplicável. Foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos,

comparando-os com as normas estabelecidas pelas Deliberações Normativas nº 65/2020 e conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022. Os resultados mostram que embora a ETE cumpra a eficiência na remoção de DBO e DQO, os níveis de coliformes termotolerantes ainda excedem os limites recomendados para uma hipótese de reúso urbano. Conclui-se que, para o reúso seguro da água, são necessários tratamentos adicionais como a desinfecção por cloração, ozonização ou radiação ultravioleta, para garantir que a água de reúso atenda aos padrões de qualidade exigidos.

Palavras-chave: reúso de água, tratamento de esgoto, qualidade, centro oeste mineiro, legislação.

ABSTRACT

This case study evaluates the qualitative potential of wastewater reuse in the Sewage Treatment Plant (STP) of the Pará River, in Divinópolis-MG, considering the panorama focused on the Central-Western Minas Gerais. Given the growing water demand and the scarcity of drinking water, wastewater reuse is a sustainable practice to save water resources. The objective was to prepare a diagnosis regarding the reuse of treated sewage in the STP, verifying its current and future capacity for use. The methodology includes the analysis of quantitative and qualitative data, based on government reports, meetings with the Minas Gerais Sanitation Company (COPASA), and applicable legislation. Physicochemical and microbiological parameters were analyzed and compared with the standards established by the joint Normative Deliberations COPAM-CERH/MG No. 65/2020 and No. 8/2022. The results show that although the STP complies with the efficiency in removing BOD and COD, the levels of thermotolerant coliforms still exceed the recommended limits for a hypothesis of urban reuse. It is concluded that, for the safe reuse of water, additional treatments such as disinfection by chlorination, ozonation or ultraviolet radiation are necessary to ensure that the reused water meets the required quality standards.

Keywords: water reuse, sewage treatment, quality, central-western Minas Gerais, legislation.

RESUMEN

Este estudio de caso evalúa el potencial cualitativo de la reutilización de aguas residuales en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) del río Pará, en Divinópolis-MG, considerando el panorama centrado en el centro-oeste de Minas Gerais. Dada la creciente demanda de agua y la escasez de agua potable, la reutilización de aguas residuales es una práctica sostenible para ahorrar recursos hídricos. El objetivo fue elaborar un diagnóstico sobre la reutilización de las aguas residuales tratadas en la STP, verificando su capacidad de uso actual y futura. La metodología incluye el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, basados en informes gubernamentales, reuniones con la Compañía de Saneamiento de Minas Gerais (COPASA) y legislación aplicable. Los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron analizados y comparados con los estándares establecidos por las Deliberaciones Normativas conjuntas COPAM-CERH/MG nº 65/2020 y nº 8/2022. Los resultados muestran que, aunque la STP cumpla con la eficiencia en la remoción de DBO y DQO, los niveles de coliformes termotolerantes aún exceden los límites recomendados para una hipótesis de reutilización urbana. Se concluye que, para la reutilización segura del agua, son necesarios tratamientos adicionales como la desinfección por cloración, ozonización o radiación ultravioleta para garantizar que el agua reutilizada cumple las normas de calidad exigidas.

Palabras clave: reutilización de aguas, tratamiento de aguas residuales, calidad, centro-oeste de Minas Gerais, legislación.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para satisfazer as demandas humanas e seu consumo tem crescido com o aumento populacional e o desenvolvimento econômico. As mudanças climáticas induzidas pelo aquecimento global, como o aumento das temperaturas em determinadas regiões, contribuem para a escassez de água em várias partes do mundo.

Segundo a revista Centro Brasil no Clima, em 2024, o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) relata que, no mundo, somente uma a cada seis pessoas tem acesso à água de qualidade, o que corresponde à 2,1 bilhões de pessoas que não possuem acesso à água potável.

A utilização de fontes alternativas para ampliação da oferta de água é uma ferramenta adequada para garantir a segurança hídrica, sendo o reaproveitamento de águas residuárias uma prática eficiente para a economia de águas tratadas para usos menos nobres (Cerqueira et al, 2015).

A água de reúso pode ser definida como o produto tratado e alternativo, que passa por tratamento em estações de tratamento de esgoto (ETEs) e, em seguida, por um tratamento de terciário ou por estações de tratamento de água de reúso (ETAR). Também, os efluentes após o tratamento, pode ser descrito como o aproveitamento de águas residuárias para atender à necessidade de outros usos, podendo ser direta ou indireta, bem como ser por ações planejadas ou não (Moura et.al., 2020).

Segundo Moreira (2014), são necessários melhores instrumentos e aperfeiçoamentos quanto ao tratamento dos efluentes, além do seu reúso, devido às preocupações pela busca do equilíbrio da gestão da água, de maneira planejada para atendimento dos fins potáveis ou não, como forma estratégica nacional e regional. Portanto, justifica-se que haja pesquisa a respeito de soluções viáveis, com segurança técnica, para atendimento de possíveis alternativas sustentáveis em qualquer setor de saneamento, de acordo com Costas e colaboradores (2022).

O objetivo do presente trabalho é verificar, por meio de avaliação qualitativa, o potencial de reúso de água residuária na ETE-PARÁ da cidade de Divinópolis, com um olhar para o Centro Oeste Mineiro, servindo de parâmetro para futura perspectiva de capacidade de uso de utilização água servida pós tratada.

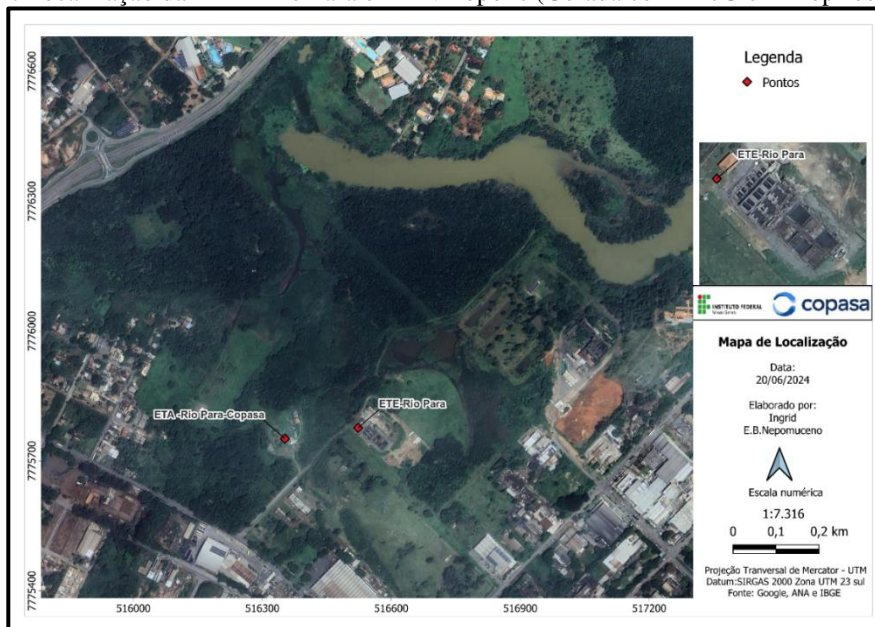
2 METODOLOGIA

A área de estudo abrange o município de Divinópolis, situado no estado de Minas Gerais, na região Oeste. Este município, um dos 853 que compõem o estado, conta com uma população de 231.091 habitantes e uma extensão territorial de 708,115 km² (IBGE, 2022).

Para a realização deste estudo, além das consultas aos referenciais bibliográficos, efetuou-se a interpretação dos resultados quantitativos obtidos por meio de fontes de dados oficiais, reunião

virtual e informações encontrada no próprio site da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), além de buscas públicas relativas ao licenciamento ambiental da ETE do Pará.

Figura 1: Localização da ETE - Rio Pará em Divinópolis (Gerada com ArcGis – Próprios autores).



A principal Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) comparada no estudo, ETE Rio Pará, é composta por unidades de tratamento em concreto armado, dotadas de um processo de tratamento combinado anaeróbio/aeróbio, utilizando Reatores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente (UASB) seguidos por filtros biológicos percoladores. O efluente passa pelo sistema, faz a elevação do esgoto bruto através de estações elevatórias, tratamento preliminar, tratamento biológico nos reatores UASB e filtros percoladores e unidades de desidratação de lodo (COPASA, 2011).

Ainda segundo o projeto da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), a ETE pode atender uma população de referência de até 24.000 habitantes, com uma vazão mínima de 5,73 L/s, a média de 30,22 L/s, e a máxima de 69,55 L/s.

Ademais, foi realizada a análise da legislação aplicável a Minas Gerais (COPAM-CERH/MG nº 8/2022), em comparação com os dados obtidos. Buscou-se avaliar a eficiência das ETEs e verificar se mesmo com atendimento da eficiência de lançamento, essa água estaria apta para o reúso, em conformidade com a legislação pertinente.

As análises realizadas englobam quatro parâmetros físico-químicos e microbiológicos, os quais permitiram apresentar um perfil de qualidade dos resultados. Os parâmetros analisados, foram os seguintes: *Escherichia coli*, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio e pH, onde os resultados obtidos foram comparados com os valores normativos mais

restritivos para águas de reúso, estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 65 de 2020 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para examinar a regulamentação do reúso de efluentes tratados em Divinópolis, foi conduzida uma análise minuciosa das leis e normas que regem essa prática. Como base, foram utilizadas as principais legislações estaduais pertinentes ao assunto, à Deliberação Conjunta COPAM-CERH 08/2022 e à Deliberação Normativa CERH nº 65/2020.

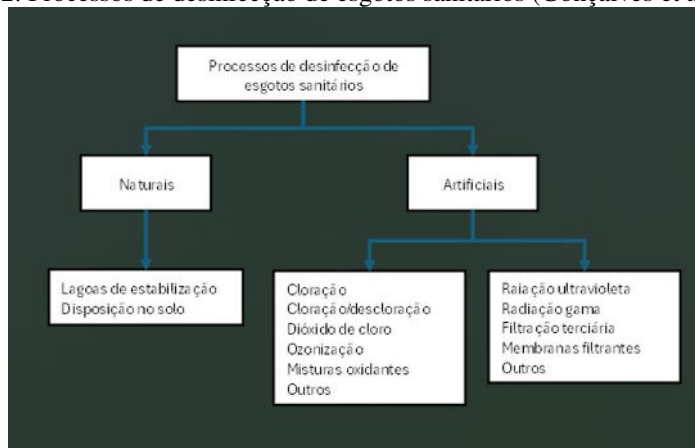
A Deliberação Normativa nº 65 de 2020 estipula que os efluentes sanitários tratados possam ser reutilizados em diversas atividades, tal como usos urbanos em lavagem de praças, pátios, ruas, avenidas e estacionamentos; além da lavagem de veículos comuns e do uso predial comercial ou industrial, e descargas sanitárias. (CERH, 2020).

Já a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM – CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022, estabelece diretrizes e critérios para a gestão ambiental integrada dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais, com o objetivo de assegurar a utilização sustentável e a preservação dos corpos d'água.

Gonçalves et al. (2023) destacam que muitas águas residuárias, após os tratamentos convencionais, ainda apresentam níveis microbiológicos inadequados para reúso, especialmente devido à ausência de processos específicos de desinfecção. Assim, a adoção de tecnologias de tratamento terciário que incorporem a desinfecção por cloração, ozonização ou UV é essencial para que as águas residuárias tratadas atendam aos padrões de qualidade exigidos para o uso dos efluentes tratados, como preconiza a Deliberação Normativa 65/2020.

Para o reúso seguro de águas residuárias, é fundamental implementar processos adicionais de tratamento, conhecidos como tratamento terciário, que têm o objetivo de melhorar a qualidade da água pós-tratada, especialmente em relação aos parâmetros microbiológicos. Na figura 2 é mostrando os métodos que inativam algumas espécies de organismos presentes no esgoto, principalmente as que ameaçam a saúde humana (Gonçalves et al, 2003).

Figura 2: Processos de desinfecção de esgotos sanitários (Gonçalves et al, 2003).



Segundo Henriques (2017), além dos tratamentos biológicos, a desinfecção é uma etapa crítica para a redução de microrganismos patogênicos, garantindo que a água atinja um nível seguro para proteção da saúde pública antes de sua descarga ou reutilização. Já Moreira (2024), discorre que, dentro dos métodos de desinfecção mais comuns estão a cloração, a ozonização e a radiação ultravioleta (UV). A cloração é amplamente utilizada devido à sua eficiência e baixo custo, mas pode gerar subprodutos indesejáveis. Por outro lado, a ozonização e a radiação UV são alternativas eficazes que não deixam resíduos químicos, sendo mais apropriadas para contextos que exigem maior segurança microbiológica (Metcalf & Eddy, 2016).

Para o reúso de águas residuárias, de acordo com Moreira (2024), é preponderante entender das definições e aplicações de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Segundo Henriques (2017), além do tratamento biológico, a desinfecção no tratamento de esgoto é o processo unitário que tem por objetivo reduzir a quantidade de microrganismos patogênicos presentes nas águas residuárias, eliminando-os ou reduzindo-os a um nível compatível com a proteção da saúde pública, antes da sua descarga ou da sua reutilização.

O cloro, seus derivados e o ozônio são os principais compostos químicos utilizados, assim como a radiação ultravioleta (UV) é a forma de radiação eletromagnética mais comum utilizada para a desinfecção (Metcalf & Eddy, 2016). As águas residuais citadas pela ETE da COPASA, estão sujeitas a vários processos de tratamento para degradar as matérias poluentes da água, mas nenhuma não incluem processos de desinfecção, conforme figura 2, sendo um entrave no potencial de utilização.

As figuras 3 e 4 comparam os resultados de monitoramento da ETE do Rio Pará com os parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa 65 de 2020 (CERH, 2020) para o reúso direto de água não potável, para os anos de 2019 e 2020.

Figura 3: Resultado comparativo ETE Rio Pará 2019 com as normas (fonte próprios autores).

	2019 BIMESTRE							Limite uso amplo (DN 65/2020)	Limite uso limitado (DN 65/2020)	DN COPAM 08/2022
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	Média			
DBO	75,0%	90,0%	56,3%	87,7%	54,3%	88,2%	75%	-	-	70% média anual
DQO	63,8%	75,3%	54,9%	85,7%	77,0%	71,6%	71%	-	-	65% média anual
Coliformes termotolerantes ou E. coli (NMP/100 ml)	1,4E+07	1,6E+06	2,9E+06	2,4E+06	6,8E+06	3,5E+06	5,2E+06	≤ 1E+3	≤ 1E+4	≤ 1
Ovos de helmintos	-	-	-	-	-	-	Não há dados	≤ 1	≤ 1	-
Ph	7,4	7,8	6,1	6,1	7,9	8	7,21	6 a 9	6 a 9	5 a 9

Os resultados bimestrais de 2019, conforme figura 3, mostram que o parâmetro de ovos de helmintos não faz parte do monitoramento da ETE, inclusive não solicitado pelo órgão de meio ambiente, já os demais são realizados bimestralmente. Nos termos do que preconiza a DN CERH 65/2020, nos três parâmetros utilizados como padrões de qualidade para reúso na modalidade “urbano”, apenas o parâmetro pH atende os parâmetros básicos para utilização do recurso urbano.

Nas análises relativas ao lançamento direto em curso d’água, apesar de não ser um parâmetro de qualidade, mas sim de eficiência da ETE na remoção de poluentes e carga orgânica, a média atual da DBO, DQO atende o que preconiza a DN COPAM-CERH 08/2022, além dos resultados do pH que também atendem aos padrões de lançamentos.

Figura 4: Resultado comparativo ETE Rio Pará 2020 com as normas (fonte próprios autores).

	2020 BIMESTRE							Limite uso amplo (DN 65/2020)	Limite uso limitado (DN 65/2020)	DN COPAM 08/2022
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	Média			
DBO	92,5%	92,8%	88,4%	86,0%	82,4%	92,4%	89%	-	-	70% média anual
DQO	81,6%	84,6%	83,6%	75,7%	65,2%	86,2%	79%	-	-	65% média anual
Coliformes termotolerantes ou E. coli (NMP/100 ml)	1,7E+07	9,2E+05	3,9E+06	1,5E+07	3,8E+06	6,9E+06	7,9E+06	≤ 1E+3	≤ 1E+4	≤ 1
Ovos de helmintos	-	-	-	-	-	-	Não há dados	≤ 1	≤ 1	-
Ph	7,6	7,8	7,7	7,8	7,7	7,8	7,21	6 a 9	6 a 9	5 a 9

Já nas análises de 2020, conforme figura 4, houve uma melhora na eficiência de remoção de DBO e DQO, indicando uma maior eficiência da ETE e aludindo a uma melhora com a renovação

dos parâmetros. No entanto, verificou-se a instabilidade e o não atendimento para reúso nos níveis de coliformes termotolerantes persiste, excedendo os limites. O pH se manteve estável dentro dos padrões.

Mesmo com o tratamento utilizado pela ETE, que tem um processo biológico por meio anaeróbio (UASB), observa-se que os parâmetros biológicos realmente não conseguem chegar ao limite nos termos da DN CERH 65/2020. Segundo Dantas (2022), somente as ETEs projetadas com tecnologias específicas para a remoção de patógenos, possuem maior capacidade de remover organismos patogênicos, como a implantação de tratamento terciários por meio da desinfecção.

Fazendo um comparativo com o estudo de Dantas (2022), com dados de monitoramento de estações de tratamento de esgoto na bacia do Rio das Velhas, utilizando reatores UASB, indicam que apenas ETEs com tecnologias de tratamento específico, pós-UASB, estão aptas para remoção de patógenos, diminuindo significativamente a *E. coli* e outros parâmetros biológicos (Dantas et al.), sugerindo que para o reúso seguro da água, são necessários tratamentos adicionais ou implantação de infraestruturas que garantam a remoção de patógenos, principalmente para as ETEs brasileiras, fortemente baseadas em reatores UASB e filtros anaeróbios.

Isso indica que as ETEs, em uma escala geral não estão totalmente preparadas para o posterior uso das águas residuais sem um devido tratamento de polimento, o que compromete a disseminação desse uso e a aplicabilidade da legislação. Essa situação é agravada pelo grande receio, não apenas da população, mas também da classe profissional e acadêmica, em relação às águas de reúso, no que se refere à urbanização, que atuam apenas no lançamento dentro das normas ambientais como cumprimento das obrigações legais, sem o objetivar o reaproveitamento.

Portanto, mesmo que a ETE do Rio Pará tenha melhorado a eficiência de remoção de carga orgânica entre 2019 e 2020 (DBO e DQO), os níveis de coliformes termotolerantes permanecem acima do recomendado, comprometendo exclusivamente o potencial de reúso seguro da água. Enquanto isso, a eficiência na remoção de DBO e DQO, que não garante a segurança microbiológica necessária para o reúso urbano, tem significativas melhoras e cumpre sua capacidade de atendimento. Isso destaca a importância de tratamentos complementares, como a cloração, ozonização ou radiação ultravioleta nas ETE's ou estação de ETAR's, para uma economia do recurso hídrico e garantia da qualidade da água servida.

Essa avaliação destaca a necessidade de um monitoramento mais rigoroso e de tecnologias avançadas para a remoção de patógenos nas ETEs, visando aumentar a segurança e a viabilidade do reúso de água em áreas urbanas. A implementação de técnicas de tratamento terciário, como a desinfecção por cloração, ozonização ou radiação ultravioleta, pode ser crucial para garantir que a

água de reúso atenda aos padrões de qualidade exigidos para usos amplos e limitados, considerando que boa parte das ETE's em Minas Gerais utiliza reatores UASB.

Os resultados, mesmo pontuais, demonstram uma tendência de que, além da necessidade de um monitoramento mais rigoroso, o uso de tecnologias avançadas para a remoção de patógenos nas ETEs é essencial para aumentar a segurança e a viabilidade do reúso de água em áreas urbanas.

A COPASA/MG, forneceu as informações dos parâmetros de qualidade do efluente tratado das ETEs de Divinópolis/MG – ETE Rio Pará, Divinópolis/MG – ETE Itapecerica, Cláudio/MG - ETE Monsenhor J.A., Bom Despacho/MG – ETE Matadouro, Santo Antônio do Monte/MG e Dolores do Indaiá/MG como forma complementar aos dados, para uma verificação sistêmica da região. Os padrões de qualidade fornecidos foram o pH, *E. Coli* e Vazão, referente ao ano de 2023 e meses de janeiro de 2024 até abril de 2024.

Conforme as figuras de tabela 5 e 6, que se referem, respectivamente, aos dados de vazão, pH e das ETEs, do período do ano de 2023, mostrou que não houve variação significativa que pudesse indicar interferência nos outros parâmetros informados, sendo que o comparativo de pH, atende à norma.

Figura 5: Dados de Vazão das ETE do Centro Oeste Mineiro geridas pela COPASA (próprios autores).

ANO DE 2023														
ETE / LOCAL	TECNOLOGIA	Vazão (L/s)												Media de Vazão Anual
		jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	
Divinópolis / ETE Rio Pará	UASB + FBP+ DS	15	13	15	12	10,5	11	12	12	11,5	12	13	15	12,66666667
Itapecerica / ETE Itapecerica	UASB + FBP+ LF	14,9	14,9	15	14,9	15,1	14,9	14,31	15,38	12,24	15,23	12,33	15,61	14,56666667
Cláudio / ETE Monsenhor J.A.	UASB + FBP	3	3	3	1,8	1	1	0,71	1	1	1	1	1,76	1,60583333
Bom Despacho / ETE Matadouro	UASB + FBP+ DS	66,08	70,59	70,7	70,8	70,6	55	55,6	55,3	55,4	42,5	41,9	43,3	58,1475
Santo Antonio do Monte - ETE	UASB + FBP+ DS	40	44,81	43,6	44,2	44,5	44,5	32,7	36,69	36,69	37,21	27,07	29,56	38,46083333
Dolores do Indaiá - ETE	UASB + FBP+ DS	19,53	19,53	19	19	19	15,2	15,2	17,1	15,9	15,55	17,25	17,57	17,48583333
Siglas de tecnologias de tratamento		UASB: Reator Anaerobico de Fluxo Ascendente // FBP:Filtro Biológico Percolador // DS: Decantador Secundário // LF: Lagoa Facultativa												

Figura 6: Dados de pH das ETE do Centro Oeste Mineiro geridas pela COPASA (próprios autores).

ANO DE 2023																	
ETE / LOCAL	TECNOLOGIA	pH												UA - DN 65/2020		UR - DN 65/2020	
		jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	E. Coli	pH	E. Coli	pH
Divinópolis / ETE Rio Pará	UASB + FBP+ DS	7,2	7,3	7,6	7,5	7,2	6,8	7,7	7,4	7,7	7,4	7,5	7,3	6 a 9		6 a 9	
Itapecerica / ETE Itapecerica	UASB + FBP+ LF	8,4	8,5	8,3	8,7	8,9	8,9	8,9	7,6	8,4	8,4	8,3	8,6				
Cláudio / ETE Monsenhor J.A.	UASB + FBP	7,3	7,4	7,2	7,5	7,4	7,6	7,4	7,7	7,4	7,3	7,2	7,2				
Bom Despacho / ETE Matadouro	UASB + FBP+ DS	7,1	7,3	7,4	7,2	7,4	7,2	7,3	7,1	7,2	7,3	7,1	7,2				
Santo Antonio do Monte - ETE	UASB + FBP+ DS	7,6	7,9	7,5	7,6	7,9	7,4	7,6	7,9	7,6	7,6	7,9	7,6				
Dores do Indaia - ETE	UASB + FBP+ DS	7,2	7,3	7,4	7,5	-	7,3	-	7,6	-	7,7	-	7,4				
Siglas de tecnologias de tratamento		UASB: Reator Anaerobico de Fluxo Ascendente // FBP:Filtro Biológico Percolador // DS: Decantador Secundário // LF: Lagoa Facultativa															

A figura 7, os dados de *E. coli*, referente ao período do ano de 2023, das ETEs, que são coletados bimestralmente, indicam que estão fora do padrão exigido pela normativa o uso amplo ou uso restrito. Com exceção de alguns meses, indicados em azul na figura 7 sem verificação de constância.

Figura 7: Dados de *E. coli* das ETE do Centro Oeste Mineiro geridas pela COPASA (próprios autores).

ANO DE 2023																	
ETE / LOCAL	TECNOLOGIA	E. Coli (NMP/100 mL)											UA - DN 65/2020		UR - DN 65/2020		
		jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	E. Coli	pH	E. Coli	pH
Divinópolis / ETE Rio Pará	UASB + FBP+ DS	2,3x10 ⁶		2,36x10 ⁵		5,2x10 ⁴		6,9x10 ⁴		4,6x10 ²		8,6x10 ³		1x10 ⁴		1x10 ³	
Itapeçerica / ETE Itapeçerica	UASB + FBP+ LF		3,0x10 ⁴		2,0x10 ⁴		8,1x10 ⁵		1,7x10 ⁴		2,1x10 ⁵		3,0x10 ⁴				
Claudio / ETE Monsenhor J.A.	UASB + FBP		1,5x10 ²		1,5x10 ⁶		2,5x10 ⁶		4,4x10 ⁶		2,5x10 ⁶		1,05x10 ²				
Bom Despacho / ETE Matadouro	UASB + FBP+ DS	1,1x10 ⁷		1,6x10 ⁶		6,5x10 ⁶		2,0x10 ⁶		2,3x10 ⁶		1,0x10 ⁶					
Santo Antonio do Monte - ETE	UASB + FBP+ DS	2,5x10 ⁶		6,1x10 ⁶		2,4x10 ⁶		1,2x10 ⁶		3,1x10 ⁶		1,4x10 ⁶					
Dores do Indaia - ETE	UASB + FBP+ DS		2,2x10 ⁶		1,2x10 ⁶		3,1x10 ⁶		1,4x10 ⁶		7,21x10 ⁵		1,05x10 ²				
Siglas de tecnologias de tratamento		UASB: Reator Anaerobico de Fluxo Ascendente // FBP:Filtro Biológico Percolador // DS: Decantador Secundário // LF: Lagoa Facultativa															

Já os dados fornecidos pela COPASA do período de janeiro a abril de 2024 referente ao atendimento aos parâmetros de pH e *E. coli*, juntamente com a vazão estão destacadas na figura 8. Elas seguiram o padrão similar aos resultados do ano de 2023, com o parâmetro de pH atendendo a normativa e a *E. coli* fora dos limites, com exceção de uma amostra de abril na ETE Itapeçerica.

Figura 8: Dados de pH, vazão e *E. coli* das ETE do Centro Oeste geridas pela COPASA (próprios autores).

ANO DE 2024																		
ETE / LOCAL	TECNOLOGIA	pH				E. Coli (NMP/100 mL)				Vazão (L/s)				UA - DN 65/2020		UR - DN 65/2020		
		jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	E. Coli	pH	E. Coli	pH	
Divinópolis / ETE Rio Pará	UASB + FBP+ DS	7,3	7,5	7,4	7,6	1,7x10 ⁶	-	1,8x10 ⁵	-	18,25	17,09	16,05	14,46	1x10 ⁴	6 a 9	1x10 ³	6 a 9	
Itapeçerica / ETE Itapeçerica	UASB + FBP+ LF	8,4	8,3	8,4	8,5	-	2,3x10 ⁴	-	2,9x10 ³	13,93	22,9	25,88	25,2					
Claudio / ETE Monsenhor J.A.	UASB + FBP	7,3	7,4	7,2	7,5	-	2,5x10 ⁶	-	1,5x10 ⁶	1,43	1,52	1,81	1,69					
Bom Despacho / ETE Matadouro	UASB + FBP+ DS	7,4	7,6	7,4	7,4	3,7x10 ⁸	-	2,1x10 ⁶	-	45,96	46,57	41,57	42,32					
Santo Antonio do Monte - ETE	UASB + FBP+ DS	7,6	7,9	7,5	7,6	-	7,2x10 ⁵	-	7,60x10 ⁶	34,77	32,47	33,53	37,57					
Dores do Indaia - ETE	UASB + FBP+ DS	7,63	7,68	7,72	7,79	-	2,2x10 ⁶	-	1,2x10 ⁶	18,31	18,91	19,22	19,17					
Siglas de tecnologias de tratamento		UASB: Reator Anaerobico de Fluxo Ascendente // FBP:Filtro Biológico Percolador // DS: Decantador Secundário // LF: Lagoa Facultativa													Atende a DN 65/2010		Não Atende a DN 65/2020	

A variabilidade dos resultados de *E. coli*, com grande número de não conformidades, nota-se uma maior necessidade de implementar métodos de desinfecção, com tratamento terciário, caso se tenha a intenção de promover o reúso das águas residuárias, conforme parâmetros de atendimento. Um fator que merece ser destacado refere-se às lagoas facultativas da ETE Itapeçerica que, possivelmente devido ao maior tempo de incidência de raios ultravioletas, apresentaram um

melhor resultado parâmetro para *E.coli*, em relação às outras ETEs que tinha UASB, mesmo sem atendimento ao padrão necessário..

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso realizado na ETE do Rio Pará em Divinópolis-MG demonstra que, apesar de a estação de tratamento atender aos parâmetros de lançamento de águas tratadas em cursos d'água, os parâmetros biológicos ainda não são adequados para o reúso seguro, especialmente os níveis de coliformes, que excedem os limites recomendados. Isso evidencia a necessidade da adoção de tratamentos terciários para desinfecção, como forma de potencializar os usos desse recurso.

Para que a água pós-tratada atenda aos padrões exigidos, é essencial que políticas públicas exijam a implementação de tratamentos terciários nas ETEs, como a desinfecção por cloração, ozonização ou radiação ultravioleta, fundamentais para a redução dos microrganismos remanescentes.

Fica claro o potencial para o reúso de águas residuárias, mas estudos adicionais são necessários para determinar a tecnologia de desinfecção mais adequada para a realidade de cada local, devido à variabilidade das estações de tratamento. Além disso, é necessária a criação de políticas públicas que incentivem as ações de reaproveitamento, especialmente para as empresas que atuam no setor.

Essa necessidade de aprimoramento se estende às demais ETEs da região Centro-Oeste de Minas Gerais, como as de Itapecerica, Cláudio, Bom Despacho, Santo Antônio do Monte e Dorcas do Indaiá, comparadas neste estudo, já que todas apresentam desafios semelhantes quanto à remoção de patógenos, especialmente coliformes, que também necessitam de tecnologias de desinfecção para viabilizar o reúso seguro, com a adoção de tratamentos terciários alinhados às normas vigentes.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, **Minas Gerais regulamenta reúso de água não potável**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/minas-gerais-regulamenta-reuso-de-agua-nao-potavel>. Acesso em: 18 abr. 2024.

CERQUEIRA, G. A. et al. **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 17 abr. 2024.

Gonçalves, Ricardo Franci e colaboradores. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Projeto PROSAB, ABES, RiMa. Rio de Janeiro, 2003.

COPAM, COMISSÃO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Resolução COPAM nº 08, de 05 de maio de 2022**. Estabelece normas para a qualidade de recursos hídricos no estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: COPAM, 2022. Disponível em: <https://www.meioambiente.mg.gov.br/siam>. Acesso em: 05/04/2024.

COPAM/CERH. COMISSÃO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). **Resolução Conjunta COPAM/CERH nº 65, de 10 de setembro de 2020**. Estabelece diretrizes para a gestão de recursos hídricos e meio ambiente no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: COPAM/CERH, 2020. Disponível em: <https://www.meioambiente.mg.gov.br/siam>. Acesso em: 05/04/2024.

COPASA. **Relatório Ambiental Simplificado – RAS da ETE do Rio Pará em Divinópolis. Unidade Regional de Regularização Ambiental do Alto São Francisco**, 2019. 61 p. Disponível em: <https://ecossistemas.meioambiente.mg.gov.br/sla/#/acesso-visitante>. Acesso em: 27/05/2024.

Costa, A. A. A. , França, C. L. , Gonçalves E. C. B., Magro, R. , Tomaz, R. C. , Reis, R. P. A. . **Utilização de técnicas de reúso de águas residuárias provenientes de uso doméstico na agricultura familiar**. REEC Revista Eletrônica Engenharia Civil – UFG Universidade Federal de Goiás. ISSN: 2179-0612 DOI: 10.5216/reec. V18i1.70189. disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/70189>>. Acessado em 25/03/2024.

Henriques, Pedro H F. **Pré-dimensionamento de uma ETAR para o município de Magé – Brasil**. Mestrado em gestão ambiental. Escola Superior Agrária Instituto Politécnica de Coimbra, pg. 24. 2017. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/40324>. Acessado em 11/05/2024.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População no último censo - 2022**. População no último censo. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/divinopolis/panorama>. Acesso em: 30/05/2024.

Moreira, V. F. (2014), **A reutilização das águas residuais como garantia dos direitos à água, ao meio ambiente equilibrado, à vida e à saúde**. Estudos Geográficos, Rio Claro, 12(1): 170-190, jan./jun. 2014 (ISSN 1678—698X), disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/download/8687/6398>>. Acesso em 27/03/2024.

Moura, P.G.; Aranha, F.N.; Handam, N.B.; Martin, L.E.; Salles, M.J.; Carvajal, E.; Jardim, R.; Sotero-Martins, A. **Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.25, n. 6, p. 791-808, 2020.

Semana da água 2023 – **Acesso à água encanada aumenta, mas ainda é insuficiente.** Centro Brasil no Clima, 2 de março 2023. Disponível em: <https://centrobrasilnoclima.org/semana-da-agua-2023/> . Acesso em: 27 de março de 2023.