

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA HÍDRICA

Carlos Breno Ferreira de Oliveira

**Avaliação do potencial de produção de água para reúso em estação
de tratamento de águas residuárias de pequeno porte**

Itajubá
2025

CARLOS BRENO FERREIRA DE OLIVEIRA

**Avaliação do potencial de produção de água para reúso em estação de
tratamento de águas residuárias de pequeno porte**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação Profissional em Engenharia Hídrica
como parte dos requisitos para obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Hídrica

Área de Concentração: Sistemas Hídricos

Orientadora: Prof. Dra. Márcia Viana Lisboa Martins

Itajubá

2025

“Em tudo daí graças, porque esta é a vontade de Deus em Cristo Jesus para convosco.”

1 Tessalonicenses 5:18

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me sustentou em cada silêncio, em cada momento solitário de escrita, em cada dúvida sobre o caminho.

A Tati, pelo amor, carinho e paciência; por ser luz nos momentos difíceis desta caminhada, minha sincera gratidão. De maneira ainda mais especial, ao Arthur, que chegará em breve: você já é profundamente amado.

Aos meus pais, José Carlos e Maria, pelo zelo em cuidar da nossa família, pelo esforço incansável em nos acolher e pelos valiosos ensinamentos de humildade que carregarei por toda a vida.

A minha irmã, Aline, por todo apoio incondicional, por ser essa amiga querida nas horas difíceis. Você me inspira. Ao Matheus, pela amizade e companheirismo.

Aos colegas da Gerência Regional de Frutal, Jerfesson, Éder, Rariton e Leonara por todo apoio. Em especial, aos operadores da ETE Pirajuba, Ernandes e Paulo e Izamar, pela paciência e pelos cuidados em auxiliar nesta pesquisa.

Aos colegas das gerências GNDI e GNIE, em especial Alex, Alexandre, Elaine, Elenice, Karol, Karina e Júlia, pelo incentivo constante e pelo apoio generoso, cuja parceria tornou esta jornada mais leve e possível.

Aos amigos Dó, Vitão, Raniel, Fernando, Dailson, Luiz, Bob pelos bons momentos e pelos inúmeros sorrisos que tornaram a caminhada mais leve.

À minha orientadora, Prof^a Dra. Márcia Viana, expresso minha sincera gratidão. Obrigado por acreditar no meu potencial, mesmo quando eu duvidei. Sua escuta generosa e sua empatia me inspiraram muito além da pesquisa.

A Copasa, minha escola prática, onde teoria e realidade se encontram, agradeço pela confiança e pela oportunidade de transformar ideias em ações concretas.

À UNIFEI e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica, deixo minha gratidão por me acolherem, desafiarem e formarem. Aqui, aprendi a valorizar tanto a profundidade do conhecimento quanto a humildade de continuar aprendendo.

Reconheço com gratidão todos que, com apoio, incentivo ou colaboração, tornaram possível a concretização deste trabalho.

RESUMO

O reúso de água apresenta-se como uma solução sustentável e estratégica frente à intensificação dos eventos de estresse hídrico. No Brasil, embora esta prática ainda seja pouco explorada, algumas companhias de saneamento vêm adotando os preceitos de economia circular e ajustando seus processos para utilização dos subprodutos gerado nas Estações de Tratamento de Águas Residuárias - ETAR. Em 2020, foi publicada a Deliberação Normativa nº 65 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais - CERH-MG, que dispõe sobre os critérios e parâmetros para o reúso não potável de água proveniente de estações de tratamento de águas residuárias, nas modalidades: Urbano, Ambiental, Agrícola e Industrial, configurando-se como um estímulo regulatório para a adoção da prática no estado. Entretanto há poucos estudos aplicados que avaliam sua efetiva viabilidade em estações de pequeno porte. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de produção de água para reúso em estação de tratamento de águas residuárias de pequeno porte. Como estudo de caso, adotou-se a ETAR Pirajuba, uma estação de nível secundário, constituída por reatores UASB e rampas de escoamento superficial, arranjo de tratamento característico de municípios com baixa densidade populacional, visando validar o potencial de reúso para atender a demanda não potável do horto florestal e do parque ecológico. A metodologia incluiu a caracterização da área de estudo e das unidades de tratamento, a caracterização quali-quantitativa das demandas do usuário e do efluente tratado, considerando os parâmetros de qualidade da modalidade ambiental estabelecidos na DN 65 (CERH-MG, 2020). A caracterização do efluente demonstrou a necessidade de ajustes operacionais a fim de assegurar o atendimento à modalidade pretendida. Diante disso, foi realizado um estudo investigativo que resultou na alteração do regime de operação das rampas de escoamento superficial, substituindo o arranjo em paralelo pela disposição em série. A operação das rampas em série atendeu aos requisitos do reúso ambiental, apresentando pH mediano de 7,9, concentração de ovos viáveis de helmintos $< 1 \text{ ovo} \cdot \text{L}^{-1}$ e redução mediana de *Escherichia coli* 1,69 log, equivalente a 97,8% de eficiência; a mediana final $6,8 \times 10^3$ manteve-se muito abaixo do limite máximo de 1×10^6 estabelecido na normativa vigente (DN CERH-MG nº 65/2020). Conclui-se que a operação das rampas de escoamento superficial em série mostrou-se uma estratégia eficiente para melhorar a qualidade do efluente tratado, validando a proposta de reúso não potável na modalidade ambiental e reforçando o potencial de pequenas unidades de tratamento de águas residuárias como estações produtoras de água para reúso.

Palavras-chave: Rampas de escoamento superficial. Reator UASB. Reuso Ambiental. Estações de tratamento de águas residuárias sustentáveis.

ABSTRACT

Water reuse emerges as a sustainable and strategic solution in the face of increasing water-stress events. In Brazil, although this practice remains underexplored, several sanitation utilities have adopted the principles of circular economy, progressively adjusting their processes to enable the valorization of by-products generated in wastewater treatment plants (WWTPs). In 2020, the State Water Resources Council of Minas Gerais (CERH-MG) issued Normative Resolution No. 65, establishing criteria and quality standards for non-potable water reuse in four modalities Urban, Environmental, Agricultural, and Industrial thus providing a regulatory stimulus for the implementation of this practice within the state. However, few applied studies have assessed its actual feasibility in small-scale plants. The present study aimed to evaluate the potential for non-potable water reuse in a small-scale WWTP. The case study was the Pirajuba WWTP, a secondary-level treatment facility comprising upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors followed by overland flow application, a treatment configuration characteristic of low-population-density municipalities. The objective was to validate reuse potential to meet the non-potable demand of a municipal tree nursery and an ecological park. The methodology included the characterization of the study area and treatment units, along with the quantitative and qualitative assessment of both user demand and treated effluent, considering the environmental reuse quality standards defined by DN 65 (CERH-MG, 2020). Effluent characterization revealed the need for operational adjustments to ensure compliance with the intended reuse category. Accordingly, an investigative study was conducted that led to the modification of the overland operation regime, shifting from parallel to in-series configuration. The in-series operation fulfilled environmental reuse requirements, presenting a median pH of 7.9, viable helminth eggs $< 1 \text{ egg} \cdot \text{L}^{-1}$, and a median *Escherichia coli* reduction of 1.69 log (97.8% removal efficiency); the final median concentration of 6.8×10^3 remained far below the maximum permissible limit of 1×10^6 , as stipulated by DN CERH-MG No. 65/2020. It is concluded that the in-series operation of overland flow application proved to be an effective strategy for enhancing treated effluent quality, validating the proposed non-potable reuse in the environmental modality and reinforcing the potential of small-scale WWTPs as viable producers of reuse water.

Keywords: Overland flow application. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor. Environmental water reuse. Sustainable wastewater treatment plants (WWTPs)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de reúso de água no mundo	17
Figura 2 - Desenho esquemático reator UASB	25
Figura 3 - Desenho esquemático de uma rampa de escoamento superficial	26
Figura 4 - Fluxograma da metodologia.....	30
Figura 5 - Localização do município de Pirajuba.....	31
Figura 6 - Descritivo das unidades operacionais.....	32
Figura 7 - Fluxograma da ETE Pirajuba	33
Figura 8 - Representação esquemática do gradeamento da ETE Pirajuba	34
Figura 10 - Corte representativo do desarenador.....	35
Figura 11 - Detalhamento da calha Parshal	35
Figura 11 - Corte esquemático da Elevatória	36
Figura 12 - Reatores UASB.....	37
Figura 13 - Leitos de Secagem	38
Figura 14 - Esquema representativo das CDVs	39
Figura 15 - Rampas de escoamento à superfície.....	40
Figura 16 - Esquema representativo escoamento à superfície	41
Figura 17 - Representação das rampas em operação	42
Figura 18 - Localização dos usuários receptores	44
Figura 19 - Amostragem manual.....	48
Figura 20 – Balanço hídrico.....	50
Figura 21 - Rampas projetadas para operação em paralelo	52
Figura 22 - Adaptação no fluxo do efluente da rampa.....	52
Figura 23 - Amostrador automático Étsus 2000	55
Figura 24 -Série temporal vazão afluente	56
Figura 25 - Esquema de vazões: UASB, rampas de escoamento, perdas por evapotranspiração, reúso, efluente final e lançamento.	58
Figura 26 - Boxplot da Concentração de DBO no Afluente de (bruto).....	59
Figura 27 - Boxplot da Concentração de DBO no Efluente de (tratado).....	60
Figura 28 - Gráfico de série temporal da DBO afluente e efluente.....	61
Figura 29 – Gráfico monitoramento pH	61
Figura 30 - Boxplot da Concentração de E. coli no efluente tratado	63
Figura 31 - Gráfico de monitoramento E-coli.....	64
Figura 32 - Série temporal parâmetro pH.....	67
Figura 33 - Série temporal parâmetro E- coli.....	68
Figura 34 - Boxplot da Concentração de E. coli nas rampas em série.....	69
Figura 35 - Gráfico ovos de helmintos.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de dimensionamento da grade	33
Tabela 2 – Parâmetros de dimensionamento do desarenador	34
Tabela 3 – Parâmetros de projeto da elevatória de esgoto bruto	36
Tabela 4 - Parâmetros de projeto do reator UASB	37
Tabela 5 – Dados de projeto dos leitos de secagem	38
Tabela 6 – Parâmetros de dimensionamento das rampas de escoamento superficial	40
Tabela 7 - Critérios de dimensionamento das rampas	41
Tabela 8 - Parâmetros de operação das rampas de escoamento superficial	42
Tabela 9 - Parâmetros, Metodologias e Frequência	47
Tabela 10 - Parâmetros de reúso água	50
Tabela 11 – Valores típicos utilizados para dimensionamento de rampas de escoamento superficial.....	53
Tabela 12 - Oferta disponível de água para reúso.....	57
Tabela 13 - Demanda de reúso de água	57
Tabela 14 - Monitoramento qualitativo do efluente tratado.....	62
Tabela 15 - Parâmetros de operação das rampas em série	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MBBR	<i>Moving Bed Biologic Reactor</i>
SBR	<i>Sequencing Batch Reactor</i>
MG	Minas Gerais
ONU	Organização das Nações Unidas
OVH	Ovos Viáveis de Helminthos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PM	Prefeitura Municipal
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
CDV	Caixas Distribuidoras de Vazão
OPEX	Operational Expenditure
CAPEX	Capital Expenditure
ETAR	Estação de Tratamento de Água Residuária
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Reúso de água.....	16
3.2	Aspectos Legais.....	20
3.3	Tratamento de Efluentes Sanitários	22
3.4	Rampas de Escoamento Superficial	26
4	METODOLOGIA.....	29
4.1	Caracterização da Área de Estudo	30
4.2	Caracterização da Estação de Tratamento de Águas Residuárias	31
4.2.1	Gradeamento	33
4.2.2	Desarenador	34
4.2.3	Calha Parshal	35
4.2.4	Elevatória de esgoto bruto	36
4.2.5	Reatores Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB).....	37
4.2.6	Leitos de Secagem	38
4.2.7	Caixas distribuidoras de vazão (CDV)	39
4.2.8	Rampas de Escoamento Superficial	39
4.3	Caracterização do usuário da água para reúso	43
4.4	Caracterização quali-quantitativa da demanda (usuário).....	45
4.5	Caracterização quali-quantitativa da oferta (efluente).....	46
4.6	Avaliação quali-quantitativa da proposta de reúso.....	49
4.7	Proposta de adequação	50
4.8	Avaliação qualitativa do efluente final	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1	Avaliação quantitativa da água para reúso	56
5.2	Avaliação qualitativa da água para reúso	58
5.3	Avaliação da proposta de adequação operação das unidades de tratamento	64
5.4	Análises dos parâmetros qualitativos do efluente final da rampas de escoamento	66
6	CONCLUSÃO.....	71

REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO 1 – LEITURA MACROMEDIÇÃO DE VAZÃO.....	79
ANEXO 2 – TABELA MONITORAMENTO AMBIENTAL (2022 A 2024)	80
ANEXO 3 – RESULTADO DAS ANÁLISES LABORATORIAIS EFLUENTE RAMPAS EM SÉRIE	81

1 INTRODUÇÃO

Os frequentes eventos relacionados à escassez hídrica evidenciam a necessidade da implantação de práticas sustentáveis para o uso da água. Nesse contexto, é possível salientar a importância das ações relacionadas ao reúso não potável de água. Pereira et al. (2020) destacam que a prática do reúso de água já se encontra consolidada em diferentes regiões do mundo.

Em Israel e na Jordânia, mais de três quartos do esgoto tratado são direcionados à irrigação agrícola; na Arábia Saudita, cerca de 30% do efluente urbano é reaproveitado; e na Califórnia, aproximadamente 10% da água consumida provém de reúso. Como exemplo emblemático de reúso potável indireto, Abbaszadegan et al. (2025) destacam o Groundwater Replenishment System de Orange County (Califórnia), em que efluentes tratados por ultrafiltração, osmose reversa e processos oxidativos avançados são utilizados para recarga de aquíferos destinados ao abastecimento público, demonstrando a aplicabilidade de arranjos baseados em múltiplas barreiras para produção de água potável. Além disso, todos esses países apresentam estratégias estruturadas para ampliar significativamente essa prática até 2030.

Entre as modalidades existentes, o reúso agrícola apresenta grande potencial em regiões com apelo agrossilvipastoril, devido à alta demanda de água para irrigação e ao aporte de nutrientes presentes no efluente tratado. De acordo com a FAO (2017), a agricultura é responsável pela maior parcela da captação de água doce no mundo, chegando a representar em média 70% desse total e, em alguns países em desenvolvimento, até 95%. Em Minas Gerais, os registros de uso regularizado da água apontam predominância do uso agropecuário em 72%, seguida do abastecimento público (15%) e do consumo industrial (9%); “outros usos” somam cerca de 1%, enquanto 3% não apresentam informação segundo Melo *et al.* (2021).

No Brasil, de acordo com o IBGE (2022), aproximadamente 23% dos municípios possuem população com menos de cinco mil habitantes. Sendo classificados como de pequeno porte, com economia predominantemente agrícola, essa dependência da agricultura resulta em alta demanda por água e fertilizantes.

Neste contexto, o reúso não potável de água surge como alternativa para

ampliar a disponibilidade hídrica, reduzir insumos e gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Nessas localidades com número reduzido de habitantes, as estações de tratamento de águas residuárias também se enquadram como de pequeno porte, e geralmente operam com processos de tratamento simplificados, em razão das limitações de recursos técnicos e financeiros que dificultam a adoção de sistemas mais avançados.

Contudo, a adoção de etapas complementares de polimento, mesmo que simplificadas, como rampas escoamento no solo ou uso de lagoas de polimento, pode viabilizar a prática do reúso não potável na agricultura ou reúso ambiental, atendendo às demandas locais.

No contexto nacional, persiste a ausência de uma norma federal que estabeleça padrões de qualidade para o reúso de água; até o momento, apenas algumas unidades federativas e municípios dispõem de regulamentações específicas (Santos et al., 2020). Nesse arranjo de governança multinível, Minas Gerais avança com a Deliberação Normativa CERH nº 65 (Minas Gerais, 2020), construída de forma colaborativa entre academia, setor de saneamento e indústria, a qual define critérios e parâmetros para fomentar diferentes modalidades de reúso não potável a partir de efluentes tratados em Estações de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR). Embora a norma represente um marco estadual e esteja alinhada a soluções sustentáveis de gestão hídrica, persiste um hiato entre a prescrição regulatória e a prática, sobretudo em municípios de pequeno porte, onde restrições técnicas, institucionais e financeiras ainda limitam a implementação efetiva das diretrizes. Situação semelhante é observada no recorte nacional onde a maior parte dos estudos e iniciativas de reúso concentra-se em centros urbanos de maior porte ou em regiões com maior capacidade técnica e financeira (FGVces, 2025). Neste cenário, a Região Metropolitana de São Paulo, destaca-se como referência de diversos projetos para uso industrial como Elma Chips (Itu), o Aquapolo e a EPAR Capivari II (Kubler; Fortin; Molleta, 2015).

No contexto exposto, impõe-se a realização de estudos de caso focados no reúso de águas residuárias tratadas em municípios de pequeno porte, capazes de traduzir diretrizes normativas em evidências operacionais e parâmetros de decisão.

Assim, este trabalho avalia o potencial de produção de água para reúso em uma estação de tratamento de águas residuárias de pequeno porte, tomando como estudo de caso a ETAR Pirajuba (MG) e adotando como diretriz a Deliberação

Normativa CERH nº 65 (Minas Gerais, 2020). Espera-se, com isso, oferecer um modelo replicável metodológico e de gestão para estações e municípios com características semelhantes, contribuindo de modo prático e fundamentado para a ampliação segura do reúso de água no país.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é avaliar o potencial de produção de água para reúso em um sistema de tratamento de águas residuárias de pequeno porte, tendo como diretriz a Deliberação Normativa CERH nº 65 (Minas Gerais, 2020), considerando o tratamento por meio de rampas de escoamento superficial.

2.2 Objetivos específicos

Com os objetivos específicos o estudo também pretende:

- a) Verificar o atendimento dos parâmetros característicos do efluente sanitário aos requisitos de qualidade e quantidade do usuário, tendo como diretriz a Deliberação Normativa CERH nº 65 (Minas Gerais, 2020);
- b) Propor adequação e/ou a adição de unidades de tratamento complementar, de modo a assegurar conformidade aos parâmetros de qualidade requeridos para o reúso não potável;
- c) Avaliar a operação das rampas de escoamento superficial operadas em série.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reúso de água

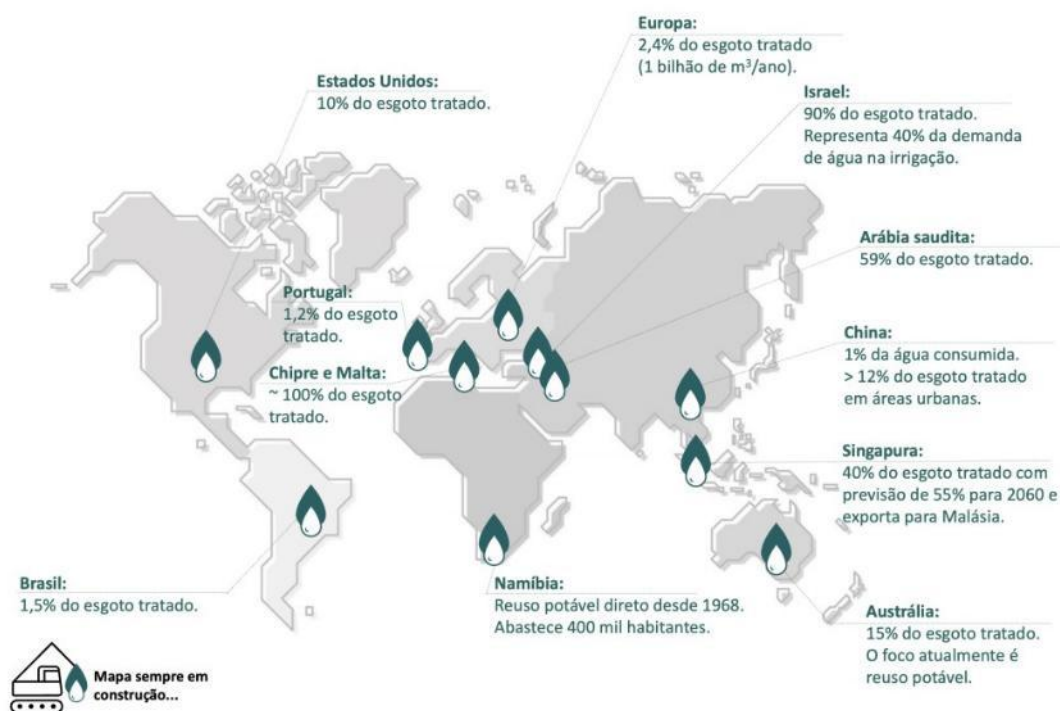
No panorama global em relação à disponibilidade hídrica, a América do Sul e o Brasil sempre foram vistos em uma situação de privilégio, devido à elevada quantidade de água no continente (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2021). Observa-se, em diversas bacias brasileiras, que a soma das captações e derivações autorizadas ultrapassa a disponibilidade hídrica considerada nos processos de outorga, tal descompasso indica estreitamento do balanço hídrico e redução da resiliência do sistema frente à variabilidade climática (ANA, 2024).

As consequências do aumento substancial da população mundial, correlacionadas às mudanças climáticas e aos danos causados ao meio ambiente pelo homem ampliaram a demanda por recursos hídricos, principalmente em locais de estresse hídrico (Tzanakakis *et al.*, 2023).

Em 2023, um estudo realizado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e FAO/ONU (Organização das Nações Unidas para Alimentação) revelou aumento da população mundial e, consequentemente, elevação de 13% do consumo global por alimentos. A agricultura irrigada é um dos maiores consumidores de água bruta no Brasil, respondendo por aproximadamente metade de toda captação em corpos hídricos nacionais (Melo *et al.*, 2021). Isso evidencia a necessidade de alternativas sustentáveis, tais como o reúso de águas residuárias (Santos *et al.*, 2023).

Na Figura 1 é apresentada a porcentagem de reutilização da água em todo mundo, sendo possível observar as diferenças dos usos em diferentes locais.

Figura 1 - Percentual de reúso de água no mundo



Fonte: Instituto Reúso de Água (2023)

Assim, conforme abordado por Schawaller et al. (2021), a prática da reutilização de água desponta como uma estratégia recorrente para auxiliar a redução dos conflitos relacionados ao uso hídrico, sobretudo pela alta demanda nas atividades do setor agrossilvipastoril.

O emprego de efluentes tratados provenientes das estações de tratamento de esgoto na irrigação agrícola oferece não apenas uma alternativa viável para mitigar a escassez hídrica, como também promove a economia de fertilizantes químicos, em razão da presença de nutrientes nesses efluentes (Santos et al., 2023).

O reúso de águas residuárias pode contribuir de forma significativa para a agricultura, uma vez que tais efluentes apresentam macronutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo (NP), capazes de reduzir a necessidade de fertilizantes sintéticos e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade das culturas, promovendo um ciclo de nutrientes mais sustentável e de menor impacto ambiental (Jaramiillo; Restrepo, 2017).; Restrepo, 2017).

A Resolução CNRH nº 54/2005 consolida diretrizes e critérios para o reúso direto não potável de água no país e, em seu art. 3º, disciplina cinco modalidades —

urbana, agrícola e florestal, ambiental, industrial e aquicultura como referência para regulamentação e fomento da prática em todo o território nacional (Moura et al., 2020).

O reúso não potável de água pode contribuir para a redução da utilização de água potável nos setores nos quais não haja necessidade de elevados padrões de qualidade (Moura et al., 2020). No entanto, conforme descrito por Melo et al (2021), é preciso avaliação do contexto regional para a utilização de água para reúso, uma vez que é necessária a realização de estudos de viabilidade econômica e ambiental.

A discussão empreendida por Mota (2022) indica a importância de uma política nacional bem estabelecida com normas e critérios de qualidades bem ajustados para as diversas modalidades do reúso de água, tendo em vista que, atualmente, existem acentuadas divergências nos documentos legais estabelecidos pelos estados da união.

No mesmo sentido, a análise desenvolvida por Santos e Lima et al. (2021) corrobora essa visão, pois propõe uma metodologia de acordo com critérios de qualidade da água para reúso com a finalidade de viabilizar a prática. Dessa forma, além dos desafios de viabilidade técnica, é possível vislumbrar horizontes de oportunidades, a considerar avanço do ambiente tecnológico para o tratamento de águas residuárias e produção de água para reúso.

A adoção de tecnologias avançadas de tratamento, como oxidação avançada e microfiltração por membranas, aumenta a confiabilidade do efluente, reforçando as multibarreiras de riscos microbianos e químicos, impulsionando a adoção de reúso direto, com destaque para as experiências dos EUA e Namíbia (Drewes; Horstmeyer, 2015).

Do ponto de vista sanitário, o reúso de água na modalidade urbana é a mais restritiva em relação aos parâmetros de qualidade, tendo em vista a preocupação dos órgãos reguladores com a saúde da população em geral no contato com a água para reúso.

O estudo desenvolvido por Oliveira, Ferentz e Fonseca (2022) analisou o atendimento dos efluentes das ETEs de Curitiba aos critérios de qualidade exigidos para o reúso não potável urbano, conforme as diretrizes estabelecidas pelo USEPA (2012). Os resultados indicaram que nenhuma das estações avaliadas atenderia integralmente aos padrões norte-americanos, em virtude da elevada rigidez dos parâmetros estabelecidos. De acordo com Santos et al. (2020), a modalidade de reúso urbano exige padrões mais rigorosos de qualidade microbiológica, uma vez que

envolve maior potencial de contato direto da população com a água reutilizada. Dessa forma, a reutilização da água para fins urbanos exige, como pré-requisito, a implantação de sistemas avançados de tratamento de esgoto, em função dos elevados padrões de qualidade requeridos por essa modalidade (Santos; Lima, 2022).

O reúso de água na modalidade agrícola favorece setores essenciais da sociedade como o meio ambiente, a saúde humana e a economia em geral (Jaramillo; Restrepo, 2017). Em conformidade com Moura et al. (2020), entre as diversas modalidades de reúso não potável da água, a destinada à agricultura tende a apresentar critérios de qualidade menos rigorosos em comparação àquelas voltadas ao consumo ou ao contato humano direto. Isso se deve, em grande parte, à maior tolerância aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, considerando-se o tipo de irrigação adotado e o nível de risco associado à exposição humana, seja ela direta ou indireta.

O aporte de nutrientes presente no efluente tratado das ETEs, quando utilizado na fertirrigação, é considerado uma fonte valiosa de recursos, pois pode contribuir significativamente para a redução dos custos com adubação, além de auxiliar no atendimento das demandas hídricas das plantas (Marques et al., 2022).

Apesar do potencial de recuperação de nutrientes a partir dos efluentes gerados nas Estações de Tratamento de Esgoto, questões relacionadas à oferta e à demanda de água para reúso ainda representam um obstáculo, em especial em razão do baixo índice de cobertura e da qualidade insuficiente dos efluentes produzidos (Lima et al., 2021).

O uso agrícola de efluentes sem monitoramento adequado de sais dissolvidos favorece a sodificação do solo, com perda de estrutura e redução da infiltração, além de riscos de fitotoxicidade por íons, sendo indicado classificar o risco da água de irrigação para orientar limites operacionais (Ferreira et al., 2019).

O conceito de estações sustentáveis de tratamento de esgoto abrange o aproveitamento dos subprodutos gerados no processo, como o efluente tratado das estações de águas residuárias. Tal prática contribui para a promoção do uso sustentável dos recursos hídricos e, conforme a tecnologia empregada, essas unidades podem ser classificadas como estações produtoras de água para reúso (Santos; Mota, 2022).

No modelo de economia circular, os subprodutos do tratamento tornam-se matérias-primas; nesse arranjo, as estações atuam na recuperação de recursos como

água reciclada, biossólido e biogás (Neczaj; Grosser, 2018). Assim, as ETEs sustentáveis têm, como o principal conceito, o efetivo uso dos subprodutos do tratamento de esgoto, agregando o viés da economia circular (Campos; Nolasco, 2021).

3.2 Aspectos Legais

Para fomentar o reúso de água para fins não potáveis, tanto no Brasil quanto no exterior, têm sido registrados avanços significativos no âmbito legal, com o objetivo de viabilizar e ampliar essa prática. Na Europa, por exemplo, diversas ações recentes do Parlamento Europeu estabeleceram diretrizes voltadas à definição de critérios para o reúso da água em diferentes modalidades (Bolinches; Blanco; Zubelzu; Esteve; Gómez, 2022). Nesse contexto, destaca-se que as estações de tratamento de águas residuárias, quando devidamente dimensionadas e operadas, podem apresentar características de unidades produtoras de água para reúso, contribuindo, de forma efetiva, para a gestão sustentável dos recursos hídricos (Paulo *et al.*, 2022).

À vista disso, diversos estados brasileiros estabeleceram normas e procedimentos para oportunizar o reúso de água e estabeleceram critérios de qualidade para água para reúso de acordo com as diversas modalidades existentes (Santos; Lima, 2022).

Apresenta-se, no Quadro 1, as resoluções e deliberações de diversos estados brasileiros.

Quadro 1 - Aspectos legais, padrões de qualidade e modalidades de reúso

(Continua)

Regulamentos	Padrões de reúso	Modalidades de reúso	Aplicabilidade
Bahia – Resolução CONERH nº 75/2010	Categoria A – Coliformes: 10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Categoria B – Coliformes: 10^4 Org·100 mL ⁻¹ (Ct).	Categoria A: irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultura incluindo produtos alimentícios consumidos crus. Categoria B: irrigação, inclusive hidroponia, de produtos alimentícios não consumidos crus e não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, revegetação e recuperação de áreas degradadas	Fins agrícolas e/ou florestal; sem restrição de nível de tratamento; características recomendadas pela OMS; apresenta responsabilidades para o produtor da água de reúso
Ceará – Resolução COEMA nº 02/2017	Urbano (exceto irrigação paisagística) – Coliformes: 5×10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Irrigação paisagística: 103 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Agrícola/florestal-a – Coliformes: ND Org·100 mL ⁻¹ (Ct).	Urbano: irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate de incêndio em área urbana. Agrícola/florestal-a: culturas a serem consumidas cruas, cuja parte consumida tenha contato direto com a água de	Voltado para lançamento de efluentes, reúso direto de água, reúso externo (agrícola/florestal, urbano, ambiental, industrial e aquicultura) e reúso interno; apresenta padrões mais restritivos para uso agrícola florestal

			continuação
	Agrícola/florestal-b – Coliformes: 10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Ambiental – Coliformes: 10^4 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Aquicultura – Coliformes: 10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct).	irrigação. Agrícola/florestal-b: demais culturas. Ambiental: implantação de projetos de recuperação do meio ambiente. Aquicultura: criação de animais e cultivo de vegetais aquáticos	
São Paulo – Resolução Conjunta SES/ SIMA nº 01/2020	Classe A – Coliformes: ND (Ct/E. coli); Turbidez: 2 NTU; DBO: 10 mg·L ⁻¹ ; Cloro residual livre: $\geq 1,0$ mg·L ⁻¹ . Classe B – Coliformes: 200 Org·100 mL ⁻¹ (Ct), 120 Org·100 mL ⁻¹ (E. coli); DBO: 30 mg·L ⁻¹ ; SST: 20 mg·L ⁻¹ ; Cloro residual total: $\geq 1,0$ mg·L ⁻¹ . Org·100	Classe A (Irrestrito): irrigação paisagística; lavagem de logradouros e espaços públicos e privados; construção civil; desobstrução de galerias; lavagem de veículos; combate a incêndio. Classe B (Restrito): exclusivamente a todos os anteriores, exceto combate a incêndio	Fins urbanos; restritivos em relação aos padrões; tratamento mínimo secundário; desinfecção e filtração; apresenta atribuições para produtor e usuário da água de reúso; identificação dos veículos e tanques.
Rio Grande do Sul – Resolução CONSEMA nº 419/2020	Urbano Classe A – Coliformes: 200 Org·100 mL ⁻¹ (Ct); Cloro residual total: $< 1,0$ mg·L ⁻¹ . Urbano Classe B – Coliformes: 10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct). Agrícola/florestal – Coliformes: 10^4 Org·100 mL ⁻¹ (Ct).	Urbano Classe A (irrestrito): irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito, lavagem de logradouros e veículos. Urbano Classe B (restrito): irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito, abatimento de poeira, construção civil, ETEs e desobstrução de tubulações. Agrícola/florestal: irrigação de qualquer cultura, exceto frutos, hortaliças, raízes.	Voltado para fins urbanos, industriais, agrícola e florestais; licenciamento ambiental para o gerador ou usuário da água de reúso
Minas Gerais – Deliberação Normativa CERH nº 65/2020	Agrossilvipastoril amplo – Coliformes: 10^4 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli). Agrossilvipastoril limitado – Coliformes: 10^6 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli). Urbano amplo – Coliformes: 10^3 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli). Ambiental limitado Coliformes: 10^6 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli). Urbano limitado (exceto desobstrução de galerias) – Coliformes: 10^4 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli). Desobstrução de galerias: 107 Org·100 mL ⁻¹ (Ct/E. coli).	Agrossilvipastoril amplo: fertirrigação superficial, localizada ou por aspersão. Agrossilvipastoril limitado: fertirrigação superficial ou localizada, evitando contato da água de reúso com o produto alimentício. Urbano amplo: lavagem de pátios, logradouros ou outros com exposição similar; lavagem de veículos comuns; descargas sanitárias. Urbano limitado: lavagem de veículos especiais e externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias	Voltado para fins agrossilvipastoris ² , urbanos, ambientais e industriais; padrões mais flexíveis; objetiva a aplicação e o incentivo da prática; padrões para reúso em fertirrigação; apresenta responsabilidades para o produtor, distribuidor e usuário da água de reúso.

Fonte: Adaptado de Santos e Lima (2022)

Percebe-se que não há uma padronização nacional dos parâmetros para reúso de água, o que gera lacunas e fragmentações regulatórias importantes. Os estados brasileiros têm adotado legislações próprias, com diretrizes variadas e, por vezes, divergentes, impactando diretamente a gestão dos recursos hídricos e a segurança ambiental dos projetos de reúso.

Nessa perspectiva, o estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020, adota uma abordagem abrangente ao definir, claramente, as modalidades de reúso agrícola, urbano, ambiental e industrial. Embora os parâmetros de qualidade estabelecidos sejam relativamente menos restritivos, a normativa busca garantir a segurança sanitária e a clareza técnica ao atribuir responsabilidades bem definidas aos usuários finais da água reutilizada.

Na regulamentação de Minas Gerais, os termos “amplo” e “limitado” não correspondem a acesso restrito/irrestrito nem a categorias de irrigação; eles expressam o grau de abrangência das aplicações: “amplo” envolve um conjunto mais diversos de usos, enquanto “limitado” circunscreve um leque reduzido de atividades (Santos et al., 2020).

3.3 Tratamento de Efluentes Sanitários

No tratamento de esgoto sanitário por meio de processos biológicos, destacam-se, fundamentalmente, duas vertentes: os tratamentos anaeróbios, que promovem a decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio, e os tratamentos aeróbios, nos quais os microrganismos dependem da presença de oxigênio para a redução da carga orgânica e de outros componentes presentes no esgoto. Dessa forma, como em toda tecnologia em escala plena, existem vantagens e desvantagens de cada um dos processos que são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação dos processos anaeróbios x aeróbios

Processos	Vantagens	Desvantagens
Anaeróbio	- Baixo custo de implantação - Baixa demanda com mão de obra - Facilidade operacional - Baixo consumo energético	- Dificuldade para cumprir os padrões de lançamento ambiental - Podem necessitar de algum processo de polimento final
Aeróbio	- Elevada eficiência em remoção de DBO - Menor risco de emissão de odor - Possibilidade de remoção de nutrientes	- Elevado custo de implantação e operação - Elevado consumo de energético - Elevado índice de mecanização

Fonte: Adaptado de von Sperling (2018)

Os processos aeróbios de tratamento de esgotos compõem um espectro tecnológico que vai desde alternativas simples e robustas, como lagoas aeradas e filtros percoladores, até sistemas altamente controlados e de elevado desempenho, a exemplo dos reatores de lodos ativados (em diferentes configurações) e do lodo granular aeróbio. Assim, a escolha na adoção desses sistemas deve considerar diversos critérios como carga orgânica, variabilidade de vazão afluyente, área disponível, energia, e busca o ponto de equilíbrio entre confiabilidade, custo e

facilidade operacional entregando qualidade onde a realidade pede simplicidade, e sofisticação quando necessário. Os filtros biológicos percoladores apresentam-se como um processo aeróbio com simplicidade operacional graças à biomassa aderida, podendo favorecer a nitrificação em baixas taxas de aplicação superficial (Almeida; Oliveira; Chernicharo, 2011). As lagoas aeradas desenvolvem seu processo com oxigênio dissolvido e mistura contínua, sustentando a degradação aeróbia da matéria orgânica, conforme carga e tempo de detenção hidráulica (Moura; Brauna; Pires, 2025).

Atualmente, observa-se um avanço significativo na adoção de processos aeróbios, impulsionado pela crescente necessidade de remoção de nutrientes dos esgotos. Nesse contexto, tecnologias derivadas do lodo ativado, como MBBR (*Moving Bed Biologic Reactor*) e o SBR (*Sequencing Batch Reactor*) têm sido amplamente aplicadas em escala global, devido à sua eficiência no tratamento biológico e na melhoria da qualidade do efluente final.

Com base na avaliação de 166 ETEs com diferentes tecnologias de tratamento, realizada por Oliveira e von Sperling (2005), o sistema de lodos ativados destacou-se como uma das principais alternativas para o tratamento biológico aeróbio de esgotos, em razão de sua elevada eficiência na remoção de DBO, que pode atingir 97%, e de sua capacidade de adaptação a distintas configurações e a variações de cargas hidráulicas e orgânicas.

A evolução dos processos aeróbios resultou em diversas variações da tecnologia de lodos ativados, entre as quais se destaca o processo MBBR. Essa tecnologia incorpora suportes plásticos em forma de anéis, que atuam como meio de fixação e crescimento da biomassa, aumentando a eficiência do tratamento biológico (Oliveira; Volschan; Piveli, 2013). O uso de biorreatores com membranas (MBR) tem se destacado por combinar a eficiência da degradação biológica com uma separação física altamente seletiva, porém, essa tecnologia exige controle operacional avançado, o que pode representar um entrave em contextos com baixa capacitação técnica (Melo *et al.*, 2017). Apesar da elevada qualidade do efluente, os custos finais de implantação indicam maior CAPEX do IFAS, além do OPEX, sendo o custo energético evidenciado como a maior despesa de aeração, principalmente em comparação com outras tecnologias aeradas (Oliveira; Volschan; Piveli, 2013).

O desenvolvimento tecnológico dos reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) no Brasil tem se consolidado como um dos principais alicerces do tratamento anaeróbio, impulsionado pelo contínuo aprimoramento de componentes internos como defletores e sistemas de separação trifásica. (Almeida *et al.*, 2018). Os reatores anaeróbios utilizados na América Latina apresentam condições operacionais favoráveis, principalmente por conta das características climáticas da região, o que tem contribuído para a ampla difusão dessa tecnologia, especialmente no Brasil (Rietow *et al.*, 2023). Nessa conjuntura, o país destaca-se por abrigar o maior parque de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) para tratamento de esgoto sanitário do mundo (Chernicharo *et al.*, 2018).

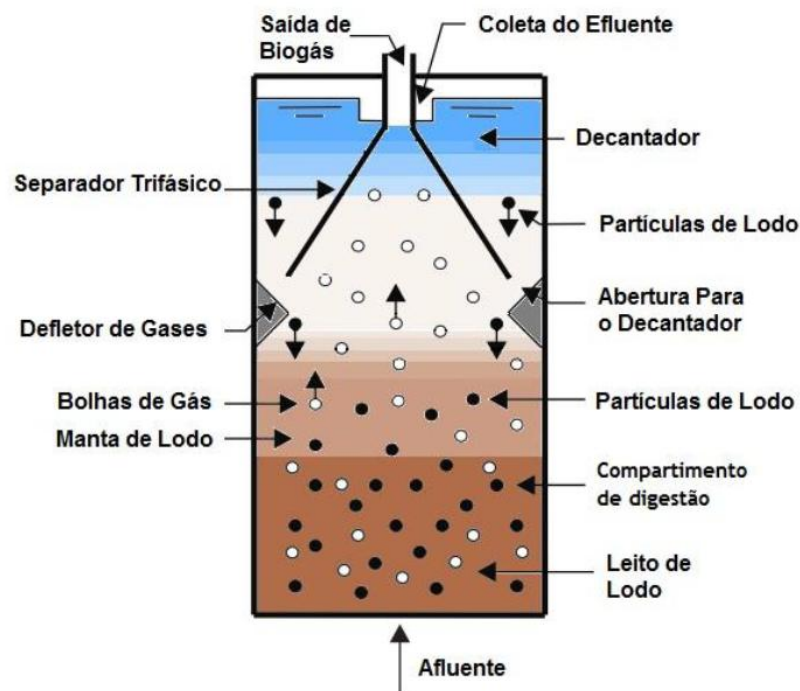
No contexto do tratamento de esgoto doméstico, os reatores UASB estão presentes em aproximadamente 40% das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de pequeno porte inventariadas no Brasil até 2017 (ANA, 2017 apud Mesquita *et al.*, 2021). Essa ampla aplicação deve-se, sobretudo, às vantagens relacionadas aos baixos custos de investimento (Capex) e de operação e manutenção (Opex), o que torna essa tecnologia especialmente atrativa para municípios de pequeno porte (Chernicharo *et al.*, 2018).

Em países da América Latina, os reatores anaeróbios têm apresentado desempenho satisfatório eficiente, em grande parte, graças às características climáticas favoráveis da região que, como mencionado, tem impulsionado sua adoção em larga escala no Brasil (Rietow *et al.*, 2023). Entre os benefícios atribuídos ao sistema UASB, quando comparado aos métodos aeróbios, destacam-se a menor produção de lodo, os custos reduzidos de implementação, a viabilidade de geração de biogás e lodo estabilizado como subproduto e a simplicidade dos procedimentos operacionais (Rietow *et al.*, 2023). Ressalta-se que a constante evolução e os estudos frequentes relacionados ao aprimoramento de projetos, construção e operação da tecnologia de reatores anaeróbios buscam a melhoria da qualidade do efluente final (Almeida *et al.*, 2018).

Contudo, quanto à qualidade do efluente tratado, sobretudo no que se refere ao atendimento aos padrões exigidos para o lançamento em corpos hídricos e para o uso em práticas de reúso, tornam evidente a necessidade da adoção de etapas de pós-tratamento que assegurem a eficácia e a viabilidade ambiental da tecnologia (Santos e Lima, 2022).

Os reatores anaeróbios têm como função primordial a remoção da matéria orgânica e dos sólidos suspensos presentes no esgoto. Sua configuração baseia-se em um sistema de fluxo ascendente, no qual o afluente atravessa uma manta de lodo biológica ativa, percorrendo zonas destinadas aos processos de digestão e decantação em um arranjo estrutural relativamente simples. A Figura 2 apresenta o esquema ilustrativo de um reator UASB.

Figura 2 - Desenho esquemático reator UASB



Fonte: Adaptado de Chernicharo (2007)

Os processos de tratamento de esgoto que combinam tecnologia anaeróbia e aeróbia estão em crescimento no cenário nacional, devido às vantagens existentes, como a possibilidade da digestão anaeróbia do lodo e o aumento da qualidade do efluente final. Além disso, torna-se imprescindível a realização de uma etapa de polimento do efluente oriundo do reator UASB, visando ao cumprimento dos padrões de qualidade exigidos pela legislação para o lançamento do efluente final no corpo receptor.

Assim, os reatores UASB são projetados para atuar como etapa de pré-tratamento dos esgotos, com foco principal na remoção da matéria orgânica. No entanto, apresentam baixa eficiência na remoção de nutrientes, o que justifica sua

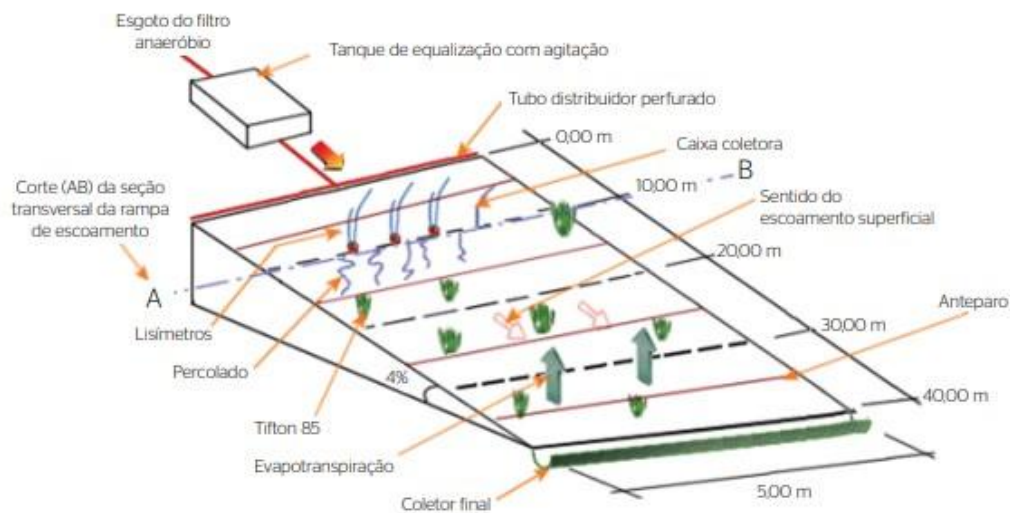
associação com outras tecnologias complementares, como os sistemas de lodos ativados e lagoas de maturação. Como pós-tratamento aeróbio de efluentes provenientes de reatores anaeróbios, a disposição no solo se destaca para ETAR de pequeno porte por aliar simplicidade construtiva, operação pouco intensiva e elevada remoção de DBO, sobretudo onde há disponibilidade de área e solo compatível (Tonetti et al., 2009).

3.4 Rampas de Escoamento Superficial

Na década de 1980, as universidades brasileiras iniciaram os primeiros experimentos com a tecnologia de tratamento de esgoto por meio da disposição no solo, utilizando rampas de escoamento superficial (Bertossi *et al.*, 2019). Sucintamente, o processo de rampas de escoamento superficial consiste na aplicação controlada e uniforme do esgoto na parte superior da rampa, permitindo seu escoamento e percolação ao longo da superfície do solo (Bertossi *et al.*, 2019).

Na Figura 3, é apresentado um desenho de uma rampa de escoamento superficial.

Figura 3 - Desenho esquemático de uma rampa de escoamento superficial



Fonte: FOCO (2018)

Nesse processo é relevante, além do conhecimento integrado da concepção entre engenharia e projeto básico, o conhecimento tácito, tendo em vista as variáveis

do solo e do clima para a garantia de qualidade do efluente final (Foco; Souza; Nour, 2018).

Os mecanismos responsáveis pela remoção eficiente da matéria orgânica e de outros poluentes nessa etapa do processo estão associados a três fatores principais físicos, químicos e biológicos que atuam de forma integrada no solo, este desempenha o papel de agente depurador (Bertossi et al., 2019).

No processo de dimensionamento de rampas de escoamento superficial, é fundamental considerar variáveis como a declividade do terreno, o comprimento da rampa, a vazão de aplicação e a textura do solo. Essas variáveis devem ser ajustadas para evitar tanto a erosão quanto a formação de poças, de modo a permitir que a água residuária infiltre-se de forma controlada no solo e a garantir o tratamento complementar por mecanismos físicos, químicos e biológicos (Matos; Matos, 2017).

Em sistemas de disposição no solo, é fundamental considerar a interação entre os parâmetros hidráulicos e agronômicos, de maneira que o solo desempenhe, de forma simultânea, a função de suporte ao desenvolvimento da vegetação e de filtro natural na retenção e remoção de poluentes. Uma operação mal dimensionada pode levar à saturação hídrica, contaminação do lençol freático ou ineficiência sanitária do sistema (Matos; Matos, 2017).

O estudo conduzido por Tonetti *et al.* (2009) aponta que a definição da taxa de aplicação superficial deve considerar o equilíbrio entre a demanda hídrica da vegetação e a capacidade de infiltração do solo, a fim de garantir eficiência sanitária e evitar a percolação profunda do esgoto tratado.

No estudo realizado por Tonetti *et al.* (2009), as rampas de escoamento superficial obtiveram eficiência de 51 a 80% na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), quando operadas a jusante de filtros anaeróbios. Isso tornou possível observar eficiência superior a 50% na remoção do Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) ao longo da extensão da rampa (Tonetti et al., 2009).

No sistema avaliado por Tonetti et al. (2009), a aplicação por escoamento superficial foi adotada como estratégia operacional, utilizando canais distribuidores e áreas com cobertura vegetal, o que proporcionou um uso racional do efluente e favoreceu os mecanismos de depuração natural do solo.

De acordo com pesquisas realizadas no período do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (Campos, 1999), as rampas de escoamento superficial

apresentaram eficiência maior que 85% na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio e Sólidos Suspensos Totais.

Adicionalmente, a etapa constituída pela disposição de esgotos no solo (escoamento superficial) apresenta elevada eficiência na remoção de microrganismos patogênicos, entre eles os ovos helmintos, que são removidos através dos processos de sedimentação e de filtração na camada orgânica do solo e das plantas (Campos, 1999). Na água para reúso, essa remoção se faz necessária, pois o homem é o hospedeiro natural desse patógeno, apresentando-se, assim, como um agente nocivo à saúde humana, do ponto de vista sanitário (Paganini, 1997).

Essa referência, após a realização de análises laboratoriais, mostrou que o emprego das rampas de escoamento pode auxiliar a viabilização da utilização da água para reúso, uma vez que poucas tecnologias emergentes de tratamento de esgoto possibilitam a remoção de nematoides intestinais.

A disposição superficial de esgotos no solo, embora seja uma tecnologia potencialmente eficaz e sustentável, requer um monitoramento ambiental constante em virtude dos possíveis riscos de contaminação microbiológica do solo e dos corpos hídricos próximos, indicando que sua aplicação deve ser precedida de um rigoroso planejamento e gestão ambiental integrada (Cavinatto; Paganini, 2007).

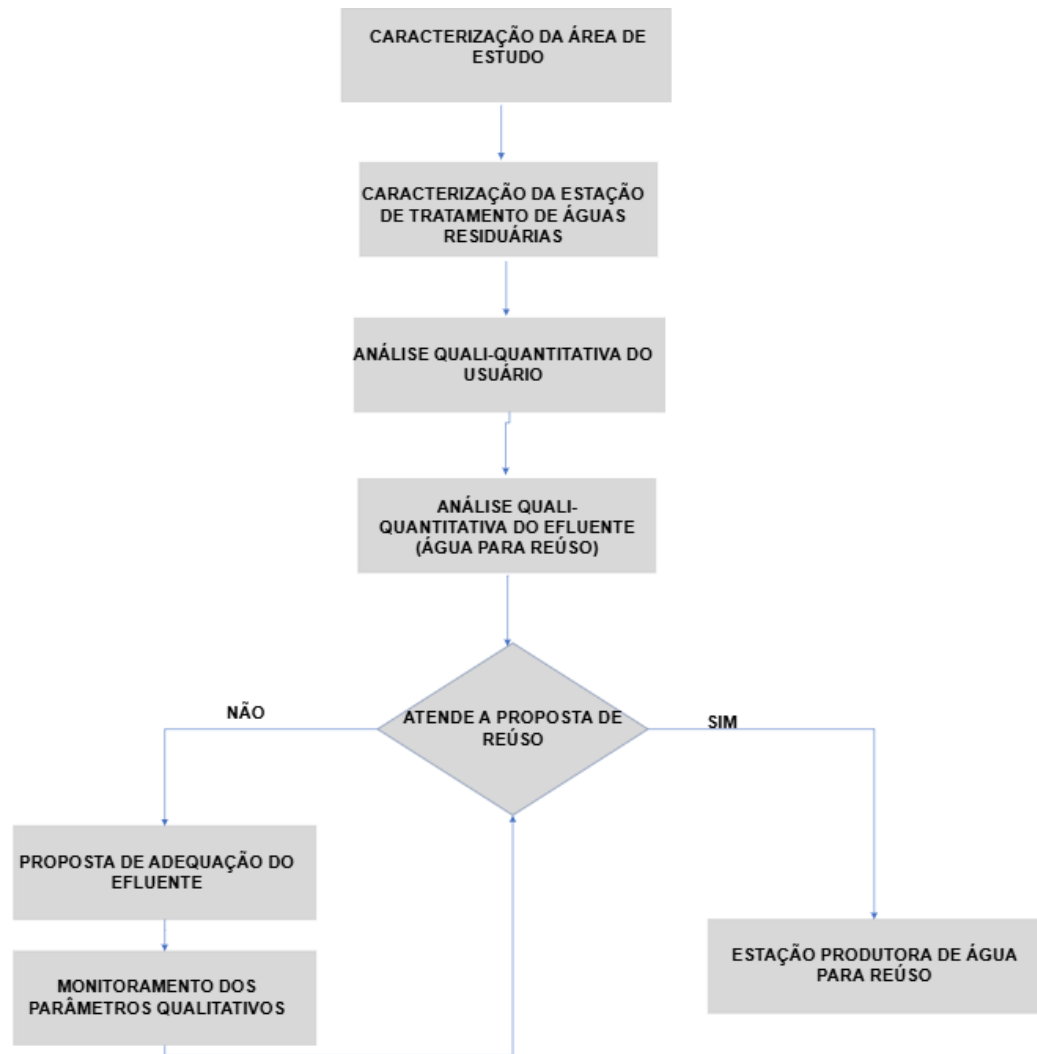
Embora as rampas entreguem operação simplificada e qualidade do efluente compatível com a geração de água para reúso, seus parâmetros construtivos demandam elevada área disponível, que inviabilizam sua instalação em áreas urbanas adensadas, motivo pelo qual o método se ajusta melhor a pequenos municípios (Tonetti et al., 2009).

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, visto que busca oferecer soluções práticas para a melhoria da qualidade do efluente tratado, visando à sua utilização para fins de reúso na modalidade ambiental. Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa predominantemente quantitativa, baseada na análise de dados numéricos obtidos por intermédio de análises laboratoriais e registros operacionais. No que se refere aos objetivos, a pesquisa apresenta natureza exploratória, ao investigar a viabilidade técnica de uma proposta de adequação das rampas de escoamento, e descritiva, ao documentar e caracterizar os parâmetros de qualidade do efluente antes e após a intervenção. Em relação aos procedimentos técnicos, adota-se o delineamento de estudo de caso, com foco na Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Pirajuba no estado de Minas Gerais (MG). A metodologia ainda compreende pesquisa de campo, realizada por meio de visitas técnicas e coletas de amostras; pesquisa documental, com análise de dados históricos da unidade; e, parcialmente, pesquisa experimental, considerando a avaliação do desempenho do sistema após as modificações implementadas.

As etapas da metodologia adotada (Figura 4) envolveram a caracterização da área de estudo e da estação de tratamento de águas residuárias; análise quali-quantitativa do usuário (demanda da água de reúso), análise quali-quantitativa do efluente gerado (oferta da água de reúso); compatibilização entre a oferta e demanda; análise da proposta de adequação a verificação do atendimento aos critérios de quantidade e qualidade exigidos para a proposta de reúso; e, por fim, a elaboração de uma proposta de adequação da ETAR.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia



4.1 Caracterização da Área de Estudo

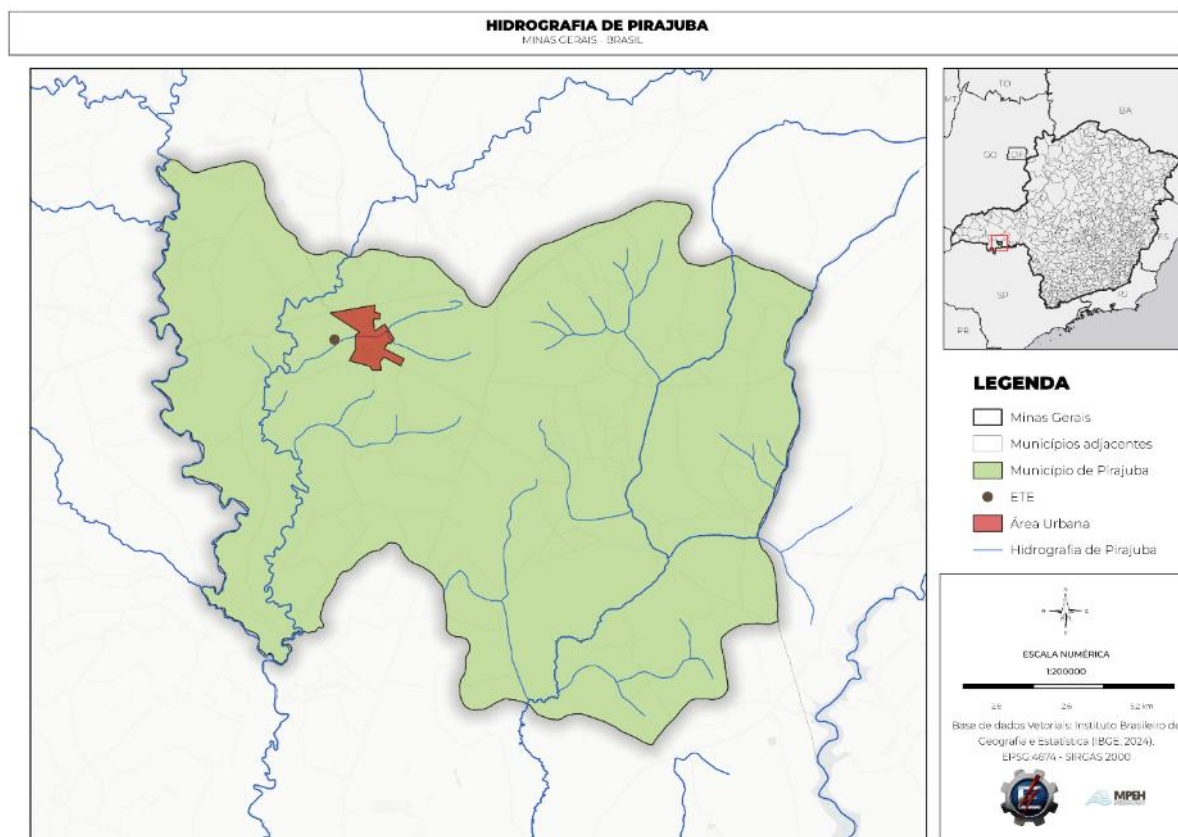
A pesquisa foi desenvolvida tendo como estudo de caso a Estação de Tratamento de águas residuárias do município de Pirajuba (ETAR Pirajuba), em Minas Gerais, operada pela Companhia de Saneamento Básico de Minas Gerais (Copasa). A pesquisa foi realizada com a estação em plena operação, representando as condições reais de funcionamento.

A ETAR Pirajuba está localizada no município de mesmo nome, em Minas Gerais. A população residente é de 5.537 habitantes e a área territorial corresponde a 337.980 m² (IBGE, 2022). O município de Pirajuba está inserido na região do triângulo mineiro e as principais atividades econômicas são a pecuária e a agricultura, com destaque para as plantações de cana-de-açúcar.

O índice de coleta de esgoto do município é de 84,76% e o índice de tratamento de esgoto é 100% (SNIS, 2022). A Estação de Tratamento de Esgoto do município de Pirajuba trata-se de uma ETE de pequeno porte (vazão ≤ 50 l/s), com tecnologia de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo seguidos de Rampas de Escoamento Superficial.

A Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Pirajuba (ETAR Pirajuba), localizada na área rural do município, entrou em operação em 2020 e tem como corpo receptor o córrego Buritis, em cuja proximidade se encontra implantada. Do ponto de vista hidrográfico, o município é drenado principalmente pelo ribeirão da Bagagem, ribeirão Dourado e córrego Lajeado (Figura 5), conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (SNIRH/ANA). A estação possui capacidade nominal de tratamento de 12,26 L/s, operando atualmente com vazão média da ordem de 8,0 L/s.

Figura 5 - Localização do município de Pirajuba



4.2 Caracterização da Estação de Tratamento de Águas Residuárias

A caracterização das unidades de tratamento da estação de águas residuárias foi realizada com base no memorial descritivo da ETAR Pirajuba (Copasa, 2018). A Figura 6 apresenta uma vista geral da ETAR Pirajuba, na qual estão indicadas todas as etapas do processo de tratamento de esgoto à nível secundário, que compreende o tratamento preliminar, incluindo gradeamento, desarenador, calha Parshall e estação elevatória de esgoto bruto, seguido pelos reatores UASB, rampas de escoamento superficial, leitos de secagem e queimador de gás.

Figura 6 - Descritivo das unidades operacionais



A Figura 7 apresenta o fluxograma completo do sistema, contemplando as fases líquida, sólida e gasosa.

Figura 7 - Fluxograma da ETE Pirajuba



Fonte: COPASA (2024)

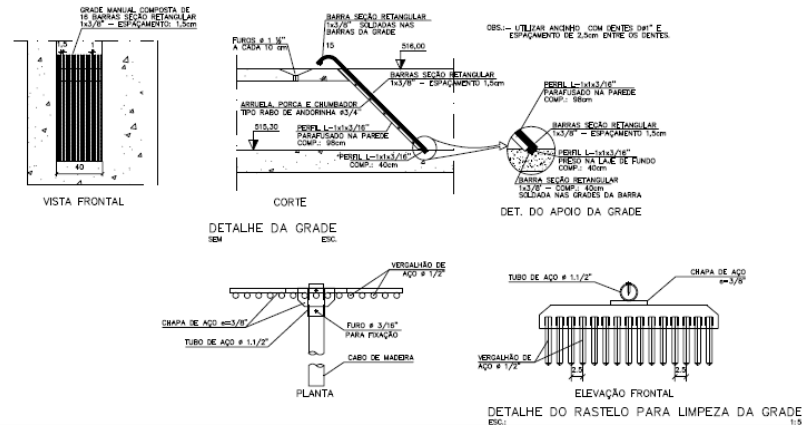
4.2.1 Gradeamento

Composto por uma grade grossa de limpeza manual, cuja higienização é realizada periodicamente pelos operadores da estação, o sistema tem como principal função a remoção de sólidos grosseiros presentes no esgoto. A Tabela 1 sintetiza as principais características técnicas da grade, enquanto a Figura 8 apresenta a planta baixa detalhada do sistema de gradeamento.

Tabela 1 – Dados de dimensionamento da grade

Parâmetro	Especificações
Largura	40 cm
Espaçamento entre as barras	1,5 cm
Dimensões da barra:	1x3/8
Inclinação	45°

Figura 8 - Representação esquemática do gradeamento da ETE Pirajuba



Fonte: Acervo Copasa (2018)

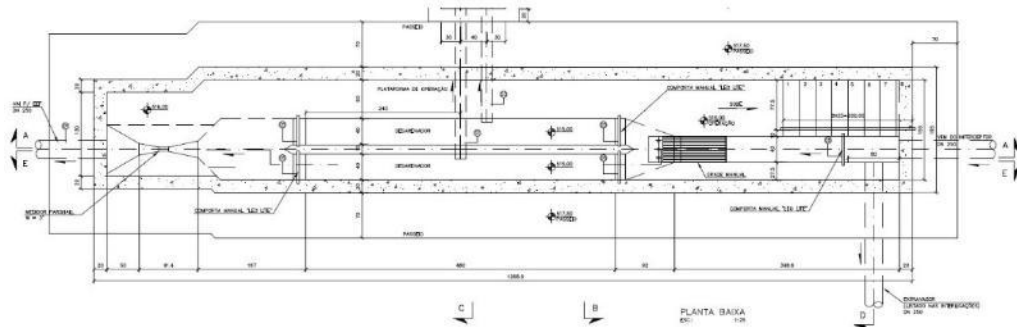
4.2.2 Desarenador

Após o esgoto passar pelo sistema de gradeamento, é encaminhado para o desarenador, popularmente conhecido como caixa de areia, conforme é apresentado na Figura 9. Esse processo tem a função de remover as areias que são carregadas no sistema de esgotamento sanitário, evitando os danos nos processos subsequentes, como abrasão das bombas da elevatória de esgoto bruto. O sistema foi projetado para operar com a vazão máxima prevista. Os desarenadores funcionam em regime de alternância, sendo ativado apenas um canal por vez, enquanto o outro permanece em repouso, permitindo a manutenção e evitando sobrecarga no processo. A tabela 2 apresenta os parâmetros de projetos para dimensionamento do desarenador.

Tabela 2 – Parâmetros de dimensionamento do desarenador

Parâmetro	Especificações
Número de unidades	1+1
Comprimento	480cm
Largura	40 cm
Altura	30 cm

Figura 9 - Corte representativo do desarenador

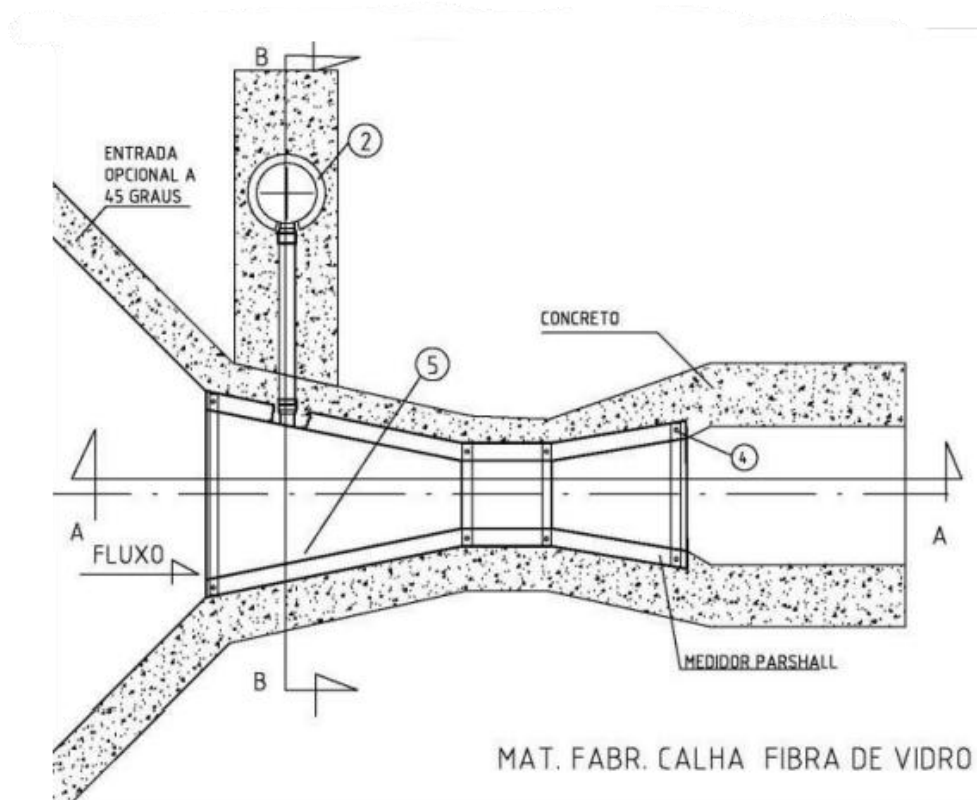


Fonte: Acervo Copasa (2018)

4.2.3 Calha Parshal

A Figura 11 apresenta o sistema de controle e medição da vazão de esgoto na entrada da ETE, composto por um medidor do tipo calha Parshall, fabricado em fibra de vidro, com garganta de 3" ($W = 3''$), capaz de registrar vazões entre 0,85 e 53,8 L/s.

Figura 10 - Detalhamento da calha Parshal



Fonte: Acervo Copasa (2018)

4.2.4 Elevatória de esgoto bruto

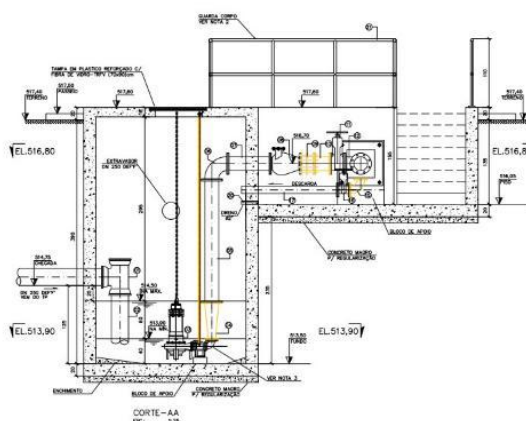
Devido à diferença de cota entre o ponto de chegada do esgoto e a área na qual estão instalados os reatores UASB, tornou-se necessária a implantação de uma estação elevatória de esgoto bruto. Essa unidade é responsável por recalcar todo o volume de esgoto que chega à estação por gravidade, incluindo também o percolado proveniente dos leitos de secagem e o lixiviado do aterro sanitário, direcionando-o às etapas subsequentes do tratamento. O bombeamento de esgoto bruto é realizado por dois conjuntos motobombas do tipo submersíveis instalados no poço de sucção, os conjuntos operam paralelamente conforme os parâmetros especificados na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de projeto da elevatória de esgoto bruto

Parâmetro	Especificações
Vazão	20,11 l/s
Altura manométrica máxima	21,93 m
Número de bombas	1+1
Tipo	Submersível
Potência (por conjunto)	10,7 cv
Diâmetro	200 mm
Material	PVC DEFoFo
Extensão	230 m

A figura 11 representa corte esquemático da elevatória de esgoto bruto e seu detalhamento com o poço de sucção e conjuntos motobombas.

Figura 11 - Corte esquemático da Elevatória



Fonte: Acervo Copasa (2018)

4.2.5 Reatores Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo (UASB)

Para a realização do tratamento secundário na ETAR Pirajuba, foram instalados nove reatores do tipo UASB, fabricados em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) pela empresa Saluta Saneamento, conforme ilustrado na Figura 12. Esses reatores têm como função principal a remoção da matéria orgânica solúvel, bem como a retenção de sólidos suspensos e sedimentáveis, preparando o efluente para a etapa de polimento final, realizada nas rampas de escoamento superficial. As características de projeto adotadas para dimensionamento dos reatores UASB foram sintetizadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de projeto do reator UASB

Variáveis	Valores
Número de reatores (N)	9 un
Vazão média (Q)	12,26 L/s
Carga orgânica per Capita (L_0)	54,0 gDBO.hab.dia
Relação entre DQO/DBO	1,70
Coeficiente de produção de sólidos (Y)	0,10 kg SST/kg DQO apl
Concentração esperada do lodo de descarte (C)	4,0 %
Densidade do lodo (P)	1.020 kg/m ³
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	10 h
Altura da lâmina do reator (H)	5 m
Eficiência em remoção de DBO (E)	60 a 75%

Fonte: Acervo Copasa (2018)

Figura 12 - Reatores UASB



4.2.6 Leitos de Secagem

Em decorrência dos processos bioquímicos de degradação da matéria orgânica que ocorrem no interior dos reatores UASB, há a geração de lodo resultante da matéria orgânica degradada que se acumula no fundo dos reatores, além da formação de espuma na superfície, geralmente associada à presença de óleos e graxas no esgoto. Assim, é necessária a realização da remoção dessa biomassa, através do gerenciamento do lodo do UASB, que prevê frequência mínima de descarte de 30 dias. Os leitos de secagem, apresentados na Figura 13, funcionam como uma unidade de desaguamento, realizando a secagem da biomassa por meio dos mecanismos de drenagem e evaporação. A Tabela 5 apresenta as principais características operacionais dos leitos de secagem.

Tabela 5 – Dados de projeto dos leitos de secagem

Parâmetro	Especificações
Número de leitos	5 un
Largura	4 m
Comprimento	6 m
Altura	30 cm
Frequência mínima de descarte	30 dias
Taxa de aplicação	15 kg/STm ² /dia
Área dos leitos de secagem	120 m ²

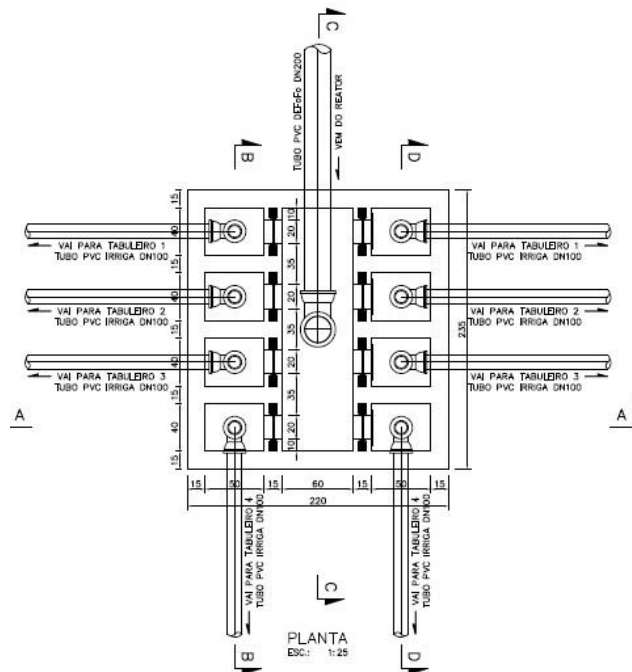
Figura 13 - Leitos de Secagem



4.2.7 Caixas distribuidoras de vazão (CDV)

Após o tratamento nos reatores UASB, o efluente é direcionado para as caixas distribuidoras de vazão (CDV 1 e CDV 2), responsáveis por sua distribuição uniforme, conforme indicado na planta baixa apresentada na Figura 14. Essas caixas distribuidoras de vazão tem a função de distribuir uniformemente o efluente nas rampas de escoamento, além de dividir o efluente nos tabuleiros.

Figura 14 - Esquema representativo das CDVs



Fonte: Acervo Copasa (2018)

4.2.8 Rampas de Escoamento Superficial

Após o tratamento nos reatores anaeróbios (UASB), o afluente é conduzido por gravidade até as caixas de distribuição de vazão (CDV 1 e CDV 2), nas quais o efluente é, então, direcionado para o processo de disposição no solo. Na ETAR Pirajuba, foram projetadas rampas de escoamento superficial, sendo classificado como um sistema de nível secundário.

O efluente tratado é distribuído na parte superior das rampas de escoamento superficial, percorrendo por gravidade o declive natural do terreno até alcançar a base

do sistema. Durante esse percurso, uma fração da lâmina líquida sofre perdas por evapotranspiração, processo no qual a água evapora diretamente da superfície ou é transpirada pela vegetação presente, atuando como um importante mecanismo de regulação do balanço hídrico. Em sistemas como este, tal fenômeno pode reduzir, significativamente, o volume infiltrado ou escoado, em particular em condições climáticas favoráveis (Paganini, 1997). Ao final das rampas, o excedente do efluente tratado, que não infiltra ou evapora, é captado por calhas coletoras e direcionado para o corpo receptor, o Córrego Buritis.

Com o intuito de aumentar o tempo de permanência do efluente sobre o solo, controlar o fluxo superficial e evitar processos erosivos foi implantada a gramínea Tifton 85, que também contribui com a transpiração vegetal. As rampas de escoamento superficial, ilustradas na Figura 15, foram dimensionadas de forma a aproveitar a declividade do terreno natural no qual a estação foi instalada. Para isso, foram organizadas em quatro platôs sucessivos, cada um contendo quatro rampas, conforme detalhado na Figura 16. Essa disposição visa a otimizar o escoamento do efluente e integrar-se às condições topográficas do local. As principais características das rampas de escoamento são apresentadas na Tabela 6.

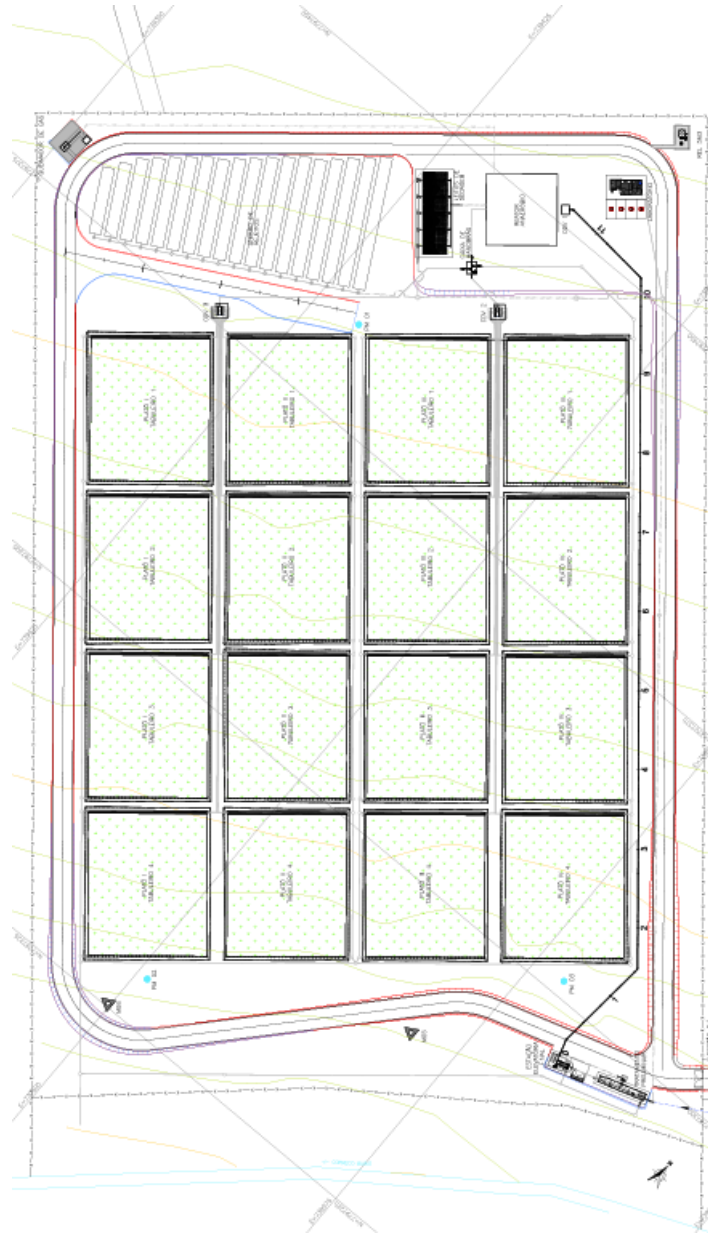
Tabela 6 – Parâmetros de dimensionamento das rampas de escoamento superficial

Parâmetro	Especificações
Comprimento	36 m
Largura	30 m
Platôs	4 un
Total de rampas de escoamento à superfície	16 un

Figura 15 - Rampas de escoamento à superfície



Figura 16 - Esquema representativo escoamento à superfície



Fonte: Acervo Copasa (2018)

Os critérios adotados na etapa de projeto para o dimensionamento e para a operação das rampas de escoamento superficial estão apresentados na Tabela 7.

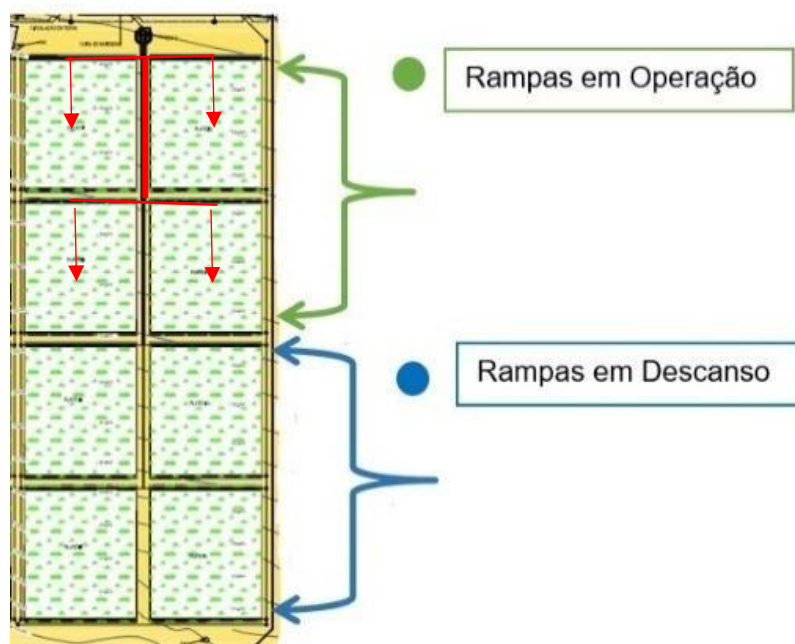
Tabela 7 - Critérios de dimensionamento das rampas

Variável	Valores
Vazão média projeto (Q)	1059,36 (m ³ .d ⁻¹)
Taxa de aplicação superficial (TAS)	0,12 (m ³ .h.m ⁻¹)
Período de Aplicação (P)	24 (h.d ¹)
Frequência de aplicação (F)	7 (d.sem ¹)
Inclinação (I)	7 %

Durante a etapa de dimensionamento da ETAR de Pirajuba, conforme os critérios apresentados na Tabela 2, identifica-se um equívoco de projeto relacionado à taxa de aplicação superficial adotada ($0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$). Para atender a esse parâmetro, o projetista considerou a utilização de 12 rampas de escoamento; contudo, essa configuração inviabiliza a operação em regime de pousio ou revezamento, uma vez que seriam necessárias outras 12 rampas (totalizando 24) estrutura que não foi prevista nem executada na implantação efetiva do sistema.

Nesse contexto, foram implantadas 17 rampas de escoamento superficial. Considerando aspectos operacionais, a necessidade de flexibilidade do sistema e a vazão afluyente inferior à capacidade de tratamento da ETAR, definiu-se a operação rotativa de 8 rampas (Figura 18), mantendo-se as demais em condição de reserva estratégica para atendimento a emergências e suporte a intervenções de manutenção e manejo da vegetação das rampas em uso. Dessa forma, a operação das 8 rampas ativas é conduzida com distribuição simultânea do efluente em 4 rampas, que funcionam em paralelo em ciclos alternados: enquanto um conjunto de 4 rampas permanece em funcionamento contínuo por sete dias (24 h/dia), o conjunto complementar é mantido em repouso pelo mesmo intervalo.

Figura 17 - Representação das rampas em operação



Dessa forma, a estação de tratamento águas residuárias do município de Pirajuba opera de acordo com os dados apresentados na Tabela 8, A vazão é correspondente a efetiva ao afluente de entrada na ETAR. As medições são realizadas por calha Parshall e sensor ultrassônico, garantindo a quantificação fase liquida na entrada. Os demais parâmetros e critérios de dimensionamento foram adotados no projeto da estação

Tabela 8 - Parâmetros de operação das rampas de escoamento superficial

Variáveis	Valores
Vazão (Q)	691,2 (m³.d ⁻¹)
Vazão média (Q)	28,8 (m³.h ⁻¹)
Número de Rampas em operação (RO)	4 (un)
Período de Aplicação do efluente (P)	7 dias/semana
Largura da rampa (L)	30 (m)

4.3 Caracterização do usuário da água para reúso

A caracterização do usuário receptor da água para reúso foi fundamentada nos termos estabelecidos pelo Acordo de Cooperação Técnico-Científica nº 2024-0280-02/2024, firmado entre a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e a Prefeitura Municipal de Pirajuba. Esse acordo tem como objetivo principal a cessão de parcela do efluente tratado na Estação de Tratamento de Água Residuária (ETAR) de Pirajuba, com vistas à sua aplicação na modalidade ambiental do reúso de água, voltada à recuperação florística de duas áreas públicas: o Horto Municipal e o Parque Ecológico, consoante a Figura 18.

Figura 18 - Localização dos usuários receptores



Fonte: Google Earth (2024)

Esse acordo configura-se como uma iniciativa pioneira em Minas Gerais, ao propor o aproveitamento dos subprodutos gerados na estação, sendo eles água para reúso e biossólido. A proposta central consiste em transformar o lodo da ETE em biossólido para uso como adubação de cobertura, e utilizar o efluente tratado como fonte alternativa dos recursos hídricos, visando o reúso de água. Ambos os subprodutos apresentam características favoráveis à aplicação em atividades ambientais, o que reforça a sustentabilidade do acordo.

Nesse contexto, a água para reúso será destinada à irrigação de espécies arbóreas e mudas nativas implantadas no Horto Municipal e no Parque Ecológico, substituindo o uso de fontes convencionais de captação hídrica, como a perfuração de poços artesianos e a captação em mananciais superficiais. A substituição proposta se sustenta no fato de que o efluente tratado preserva matéria orgânica e macronutrientes (N e P), atributos que lhe conferem valor agrônomo mesmo em usos não potáveis. Quando direcionado a áreas controladas, esse reaproveitamento contribui para poupar água de melhor qualidade, compondo uma gestão racional dos recursos hídricos.

Do ponto de vista da segurança sanitária, o foco recai principalmente aos agentes microbiológicos, como indicador de contaminação fecal, e sobre ovos de helmintos (por exemplo, *Ascaris*), reconhecidos pela resistência de sobrevivência em

meios líquidos e sólidos. Por isso, o reúso deve ser acompanhado por monitoramento regular desses parâmetros e pela adoção de barreiras simples e efetivas: uso consistente de EPI por operadores (luvas, botas e proteção facial em atividades com risco de respingos) e restrição de acesso às áreas de aplicação/armazenamento, com sinalização clara e controle de presença. Em conjunto, o monitoramento da qualidade da água para reúso, aliado ao uso consistente de EPI e ao controle de acesso às áreas irrigadas, constitui um arranjo de proteção proporcional ao risco, assegurando que os ganhos ambientais e operacionais não sejam superados por exposições indesejadas.

4.4 Caracterização quali-quantitativa da demanda (usuário)

A avaliação qualitativa da demanda concentrou-se na caracterização das exigências do usuário final, nesse caso especificamente, o horto e o parque ecológico, em relação à qualidade da água para reúso. A análise considerou os parâmetros físico-químicos e microbiológicos requeridos para a utilização da água em atividades de recuperação florística e manutenção paisagística, consonantes diretrizes legais e ambientais vigentes.

Nesse contexto, foi adotada a modalidade do reúso ambiental, em consonância com a Deliberação Normativa nº 65 do CERH (Minas Gerais, 2020), tendo como parâmetros de qualidade o pH, ovos viáveis de helmintos e a concentração de *Escherichia coli*. Essa categoria é a que melhor atende à finalidade proposta, pois contempla o uso do reúso de água em atividades voltadas à restauração florística, com ênfase na recomposição da cobertura vegetal em áreas controladas, em harmonia com o previsto no acordo de cooperação técnica firmado. Destarte, optou-se por seguir, exclusivamente, os parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 65 do CERH (Minas Gerais, 2020), instrumento legal que consolida diretrizes para o reúso direto de água não potável em Minas Gerais. A normativa explicita uma preocupação com os aspectos microbiológicos da água para reúso, principalmente no que diz respeito à presença de *Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos, com limites que visam a salvaguardar a saúde humana, a integridade ambiental e a segurança dos sistemas agrícolas. A depender da modalidade e da forma de aplicação, os limites variam menor que 1×10^4 para o uso amplo e menor

1x10⁶ NMP/100 mL para o uso restrito para o parâmetro *E. coli*, com tolerância máxima de 1 ovo/L para helmintos, mesmo nos usos mais restritos.

A abordagem preventiva é acompanhada por requisitos de frequência mínima de monitoramento, dimensionados conforme a vazão de reúso (L/s), e por obrigações de rastreabilidade, cadastro e comunicação entre produtores, distribuidores e usuários. A normativa mineira, assim, não apenas define critérios técnicos para o reúso, mas também estabelece um arranjo de governança sanitária ajustado às particularidades das aplicações e aos riscos envolvidos, visando favorecer a prática de forma responsável.

Para a estimativa quantitativa da demanda hídrica, foram utilizados dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Pirajuba, além das informações contidas no plano de trabalho do acordo de cooperação técnico-científica firmado entre a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e a Prefeitura Municipal. Esses dados subsidiaram o dimensionamento da demanda específica de água para as atividades desenvolvidas no horto e no parque ecológico. A partir da integração dos dados de oferta e demanda, procedeu-se à análise comparativa da viabilidade do reúso, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. Essa avaliação permitiu identificar a compatibilidade entre a qualidade da água para reúso e os requisitos para o uso florístico, além de verificar a suficiência da oferta em atender integralmente à demanda do receptor final da água para reúso.

4.5 Caracterização quali-quantitativa da oferta (efluente)

O monitoramento da fase líquida, ou seja do efluente tratado da estação de tratamento de águas residuárias é realizado pela Copasa em laboratório próprio, especificamente no laboratório operacional Oeste, situado em Araxá. As frequências analíticas de atendimento ambiental foram estabelecidas na licença de operação da unidade e pelo órgão regulador da companhia. Destaca-se que o presente monitoramento fora realizado conforme recomendação do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005)*.

Para a caracterização qualitativa do efluente tratado, foram utilizados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, do mesmo modo como preconiza o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (2020), no que tange à modalidade ambiental voltada para recuperação florística. Adicionalmente, foi incluída

a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), um parâmetro necessário para o monitoramento da carga orgânica e para avaliação do potencial de poluição dos corpos d'água e do solo.

Foram avaliados os parâmetros de monitoramento da ETAR Pirajuba referentes ao período histórico de janeiro de 2022 a dezembro de 2024, os quais foram disponibilizados pela Copasa e utilizados como base para a elaboração dos estudos. As metodologias empregadas para realização das análises de qualidade do efluente estão apresentadas na Tabela 9.

Foram analisados os dados dos parâmetros de DBO, pH, *Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos do efluente tratado, sendo que o último parâmetro começou a ser monitorado em dezembro de 2023.

Tabela 9 - Parâmetros, Metodologias e Frequência

Parâmetro	Metodologia	Frequência
DBO	SMWW 5210 B	Bimestral
Escherichia coli	SMWW 9223 B	Bimestral
pH	SMWW 4500 H+ B	Mensal
Ovos Viáveis de Helmintos	EPA/625/R-92/013: 2003-Appendix I	Mensal

A caracterização qualitativa da fase líquida das águas residuárias na ETAR Pirajuba foi realizada por meio de amostragens compostas, com coletas manuais em dois pontos específicos: afluente (bruto) e o efluente (tratado), o que está ilustrado na Figura 19. As coletas ocorreram no intervalo das 08h00 às 17h00, abrangendo os períodos representativos de maior variação e pico de vazão típicos do comportamento hidráulico de sistemas de esgotamento sanitário.

A adoção da amostragem composta, com coleta de alíquotas em diferentes horários ao longo do dia, justifica-se pela necessidade de representar, de forma mais precisa, as características físico-químicas e microbiológicas do afluente bruto e efluente tratado. Essa abordagem possibilita a obtenção de uma amostra representativa da variação temporal na concentração das águas residuárias, o que é fundamental para a avaliação da qualidade do efluente e para o monitoramento eficaz das diferentes etapas do tratamento.

Figura 19 - Amostragem manual



Contudo, é importante destacar que os dados de monitoramento analisados foram obtidos durante o funcionamento da estação em escala plena, estando, portanto, inseridos em um contexto operacional realista, sujeito às diversas interferências típicas de uma estação de tratamento de águas residuárias em condições reais. Entre essas interferências, podem-se citar chuvas torrenciais, conexões indevidas de águas pluviais, lançamentos irregulares de efluentes industriais, falhas operacionais, entre outros fatores que afetam a estabilidade do processo.

A oferta hídrica, por sua vez, foi estimada com base na análise histórica das vazões do afluente à ETE, as quais foram obtidas a partir de medições contínuas realizadas por meio de uma calha Parshall equipada com totalizador digital. As leituras de vazão foram registradas diariamente, permitindo a consolidação de uma série temporal robusta para análise.

Ainda em relação à oferta hídrica, a evapotranspiração estabelece um papel importante, embora represente apenas uma fração do volume aplicado nas rampas, atua como via complementar de perda hídrica, contribuindo para reduzir o escoamento no solo com baixa permeabilidade antes da coleta na base da rampa (Tonetti *et al.*, 2009; Cerqueira *et al.*, 2009)

A estimativa da oferta hídrica foi ajustada mediante a subtração das perdas por evapotranspiração e infiltração, as quais, segundo a literatura técnico-científica,

situam-se entre 20% e 30% do volume escoado na rampa como efluente final (Foco, 2018; Campos, 1999).

4.6 Avaliação quali-quantitativa da proposta de reúso

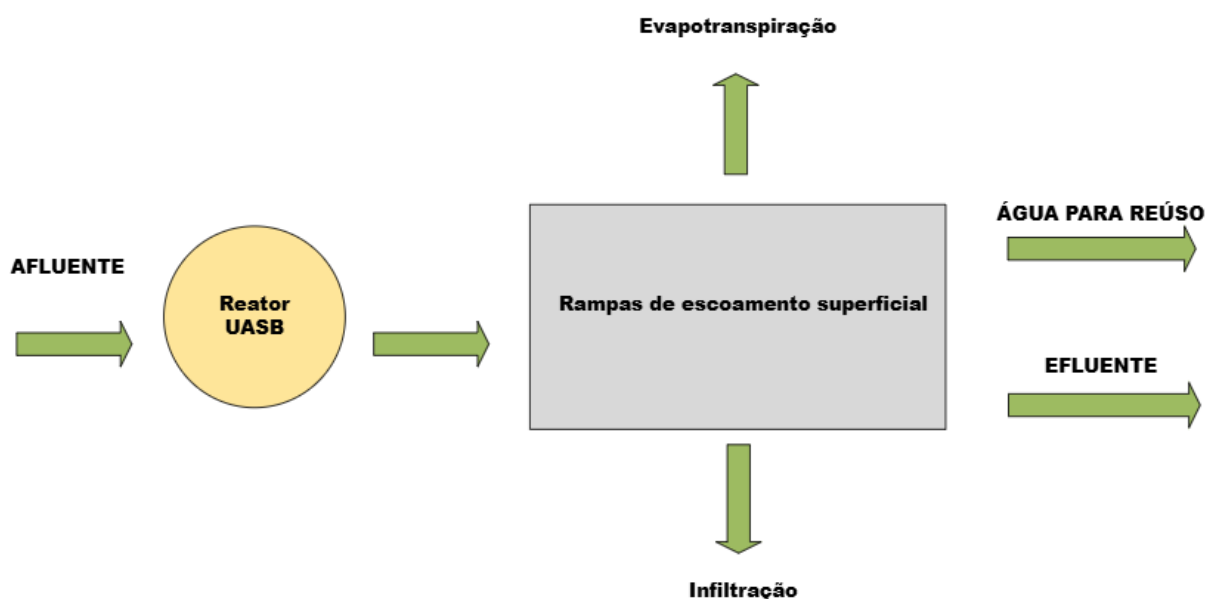
Esta etapa teve como objetivo verificar se a oferta de água para reúso atende, simultaneamente, aos critérios de quantidade e de qualidade requeridos pela demanda do usuário. Para a vertente quantitativa, procedeu-se a um balanço hídrico entre as vazões disponíveis e as necessidades estimadas de consumo do usuário da água para reúso. Na vertente qualitativa, adotaram-se como referência os parâmetros e limites estabelecidos na Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 (Minas Gerais, 2020), de modo a assegurar a conformidade do efluente reutilizado às exigências normativas aplicáveis ao uso pretendido.

O balanço hídrico é amplamente reconhecido na literatura técnico-científica como etapa essencial para estimar vazões de entrada e saída em processos hidrológicos e sanitários. Neste estudo, a abordagem foi aplicada para quantificar a disponibilidade (oferta) e a necessidade (demanda) de reúso de água.

Para verificar a viabilidade hídrica do reúso, realizou-se um balanço entre oferta e demanda com base em dados históricos de operação da estação de tratamento de águas residuárias de Pirajuba, tomando como referência a série temporal de vazões do afluente bruto (Anexo 1). Esses dados foram confrontados com os valores médios de evaporação reportados por FOCO (2018) e pelas pesquisas do PROSAB (Campos, 1999), incorporando-se a estimativa de perdas potenciais por evapotranspiração. Consideraram-se, adicionalmente, as necessidades hídricas do Horto Florestal e parque ecológico, caracterizadas a partir de informações sobre a demanda de irrigação ao longo do ano.

A integração dessas variáveis subsidiou a elaboração do balanço hídrico (Figura 20), permitindo avaliar se a disponibilidade contínua do efluente tratado é suficiente para suprir, com regularidade e segurança, a demanda do usuário de água para reúso.

Figura 20 – Balanço hídrico



A Tabela 10 apresenta os parâmetros de DBO estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 08/2022 do COPAM/CERH, referentes à concentração final permitida para o lançamento de efluentes em corpos receptores. Também estão incluídos os limites de pH, *Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos, conforme exigido pela Deliberação Normativa nº 65/2020 do CERH/MG, para a modalidade de reúso ambiental voltada à recuperação florística. Esses parâmetros foram adotados como referência para a comparação com os valores de qualidade do efluente gerado na estação de tratamento de águas residuárias, com o objetivo de verificar sua conformidade com a legislação vigente.

Tabela 10 - Parâmetros de reúso água

Parâmetro	Legislação	Padrão de qualidade
DBO	CERH-MG 08/2022	≤ 60 (mg/L)
Escherichia coli	CERH-MG 65/2020	≤10 ⁶ (NMP/mL)
pH	CERH-MG 65/2020	6-9
Ovos Viáveis de Helmintos	CERH-MG 65/2020	< 1 (Ovos/L)

4.7 Proposta de adequação

Cumprе salientar, desde logo, que o atendimento pleno a padrões de qualidade mais rigorosos da água para reúso tende a não ser alcançado por arranjos de

tratamento baseados exclusivamente em reatores anaeróbios seguidos de disposição por escoamento superficial.

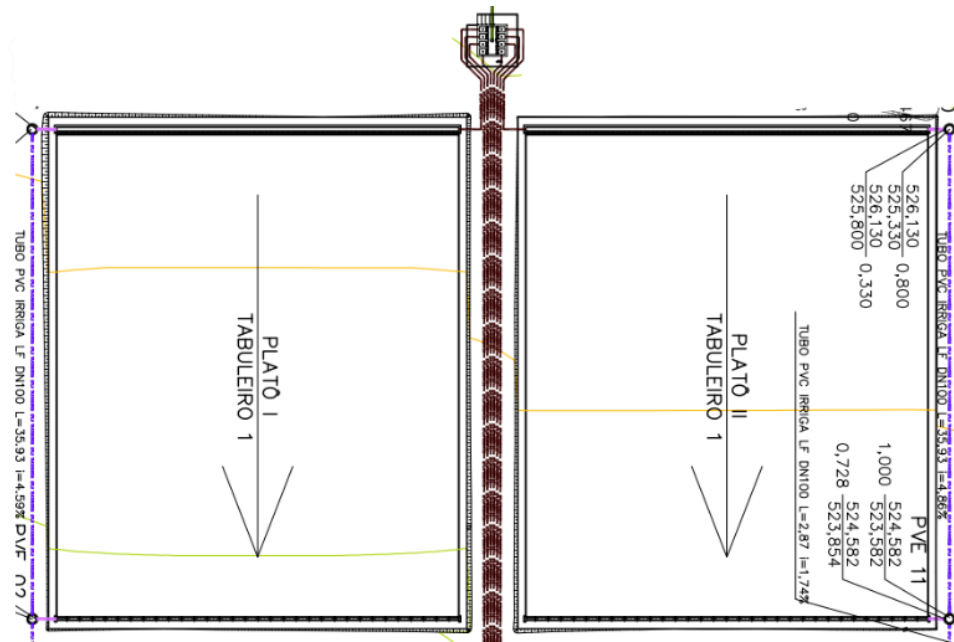
As rampas de escoamento superficial funcionam como barreiras de polimento hidráulico ao reduzir a velocidade do fluxo, favorecem a sedimentação de sólidos sedimentáveis e a retenção de partículas maiores, o que se traduz em diminuição de carga em suspensão e, por consequência, de parte dos agentes biológicos associados a esses sólidos com destaque para ovos de helmintos (Campos, 1999).

Em avaliação sobre a aplicação de esgoto no solo com rampas escoamento superficial, Paganini (2001) ressalta que a evapotranspiração e o contato superficial solo com a vegetação contribuem para alguma retenção microbiológica, porém não bastam para assegurar padrões sanitários mais restritivos. De modo convergente, Matos e Matos (2017) indicam que a infiltração controlada combinada ao escoamento superficial pode promover melhoria incremental da qualidade sanitária, sem garantir a remoção completa de ovos de helmintos e de outros patógenos, o que frequentemente demanda barreiras complementares.

Diante desse cenário, propôs-se a reconfiguração do fluxo hidráulico nas rampas de escoamento com aproveitamento das unidades atualmente ociosas como estratégia para aprimorar a qualidade do efluente tratado e assegurar o atendimento aos requisitos do reúso não potável de água.

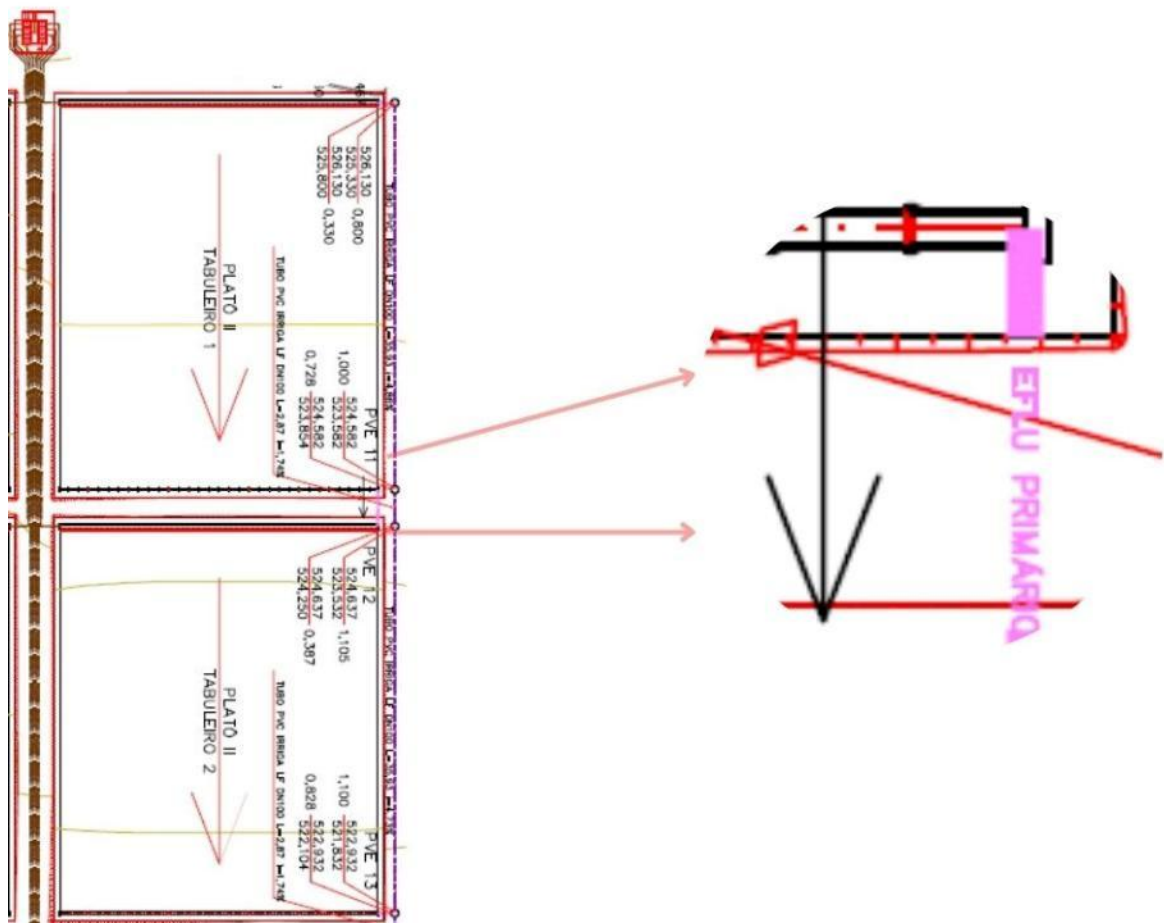
A abordagem proposta fundamenta-se na implementação de rampas em série, contrastando com a prática convencional, na qual, por diretrizes de projeto, as rampas são operadas em paralelo, tendo seu efluente coletado na parte inferior, conforme as Figuras 21 e 22. A viabilidade da reconfiguração proposta assenta-se em dois fatores essenciais. O primeiro diz respeito à adequação topográfica do terreno, que favorece de maneira expressiva a implementação das rampas em série, otimizando a integração e o desempenho do sistema. O segundo fator refere-se à baixa complexidade das intervenções estruturais necessárias para a transição ao novo modelo operacional, o que elimina a necessidade de investimentos financeiros substanciais e viabiliza uma adaptação ágil, econômica e de fácil execução.

Figura 21 - Rampas projetadas para operação em paralelo



Fonte: Acervo Copasa (2018)

Figura 22 - Adaptação no fluxo do efluente da rampa



Para a operacionalização das rampas de escoamento superficial dispostas em série, objeto de investigação deste trabalho, foram estabelecidos parâmetros operacionais e diretrizes de projeto, tendo como principal referência os protocolos e recomendações desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab 1999), apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores típicos utilizados para dimensionamento de rampas de escoamento superficial

Parâmetro	Unidade	Intervalo típico
Taxa de Aplicação Superficial (TAS)	m ³ .h ¹ .m ¹	0,06 – 0,24
Carga hidráulica (CH)	cm.dia ¹	1 - 7
Período de aplicação (P)	h.dia ¹	4 - 24
Comprimento do tabuleiro (C)	m	30 - 55
Declividade do tabuleiro (D)	%	2 - 8

Fonte: Adaptado de Smith (1982, *apud* Campos 1999).

Assim, foi determinada a taxa de aplicação superficial (Equação 1) para a nova configuração.

$$TAS = \frac{Q}{RO \times L} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

TAS = Taxa de aplicação superficial (m³.h¹.m¹)

Q = Vazão média (m³.h¹)

RO = número de rampas em operação (un)

L = largura da rampa (m)

Segundo Tonetti *et. al* 2009 em condições de aplicação muito baixas (0,10 m³.h⁻¹.m⁻¹), o escoamento tende a se canalizar, criando trilhas preferenciais e trechos sem lâmina; sob adequada distribuição hidráulica, taxas mais elevadas maiores 0,30 m³.h⁻¹.m⁻¹ podem ser adotadas com segurança operacional.

O uso pontual de maiores cargas hidráulicas também foi associado à facilitação da distribuição do efluente em rampas longas, sobretudo quando o sistema não

dispunha de múltiplos pontos de entrada (Prosab,1999). Assim, realizou-se o cálculo da carga hidráulica (CH), Equação 2, com a nova configuração.

$$CH = \frac{q \cdot P}{z} \cdot 100 \text{ (cm. dia}^{-1}\text{)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

CH = Carga Hidráulica

Q= Taxa de aplicação ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)

P = Período de aplicação (h. d^{-1})

Z = Comprimento da rampa (m)

Para verificar a eficiência da proposta de alteração do fluxo nas rampas de escoamento, desenvolveu-se um aparato experimental com duas rampas de escoamento superficial dispostas em série. Essa configuração viabilizou a análise integrada do comportamento hidráulico e microbiológico do efluente tratado, permitindo validar possíveis melhorias no processo de depuração. A concepção do experimento foi orientada pela otimização da remoção de *E. coli* e pela constituição de uma barreira adicional de polimento para ovos viáveis de helmintos, com vistas ao atendimento das exigências normativas de qualidade na modalidade ambiental para recuperação florística.

4.8 Avaliação qualitativa do efluente final das rampas operando em série

O monitoramento da fase líquida do efluente final foi conduzido com objetivo de avaliar o impacto das modificações na operação da estação de águas residuárias para viabilizar o reúso, foram monitorados os parâmetros exigidos para o reúso ambiental, pH, ovos viáveis de helmintos e *Escherichia coli*, por meio de um amostrador automático Étsus 2000 (Figura 23). Um equipamento nacional desenvolvido em parceria entre o INCT ETEs Sustentáveis, a Copasa e empresas privadas do setor de saneamento. Esse dispositivo foi escolhido por proporcionar maior confiabilidade na coleta de dados, uma vez que mitiga possíveis limitações inerentes a execução manual e amplia a representatividade das amostras ao longo do tempo. Essa melhoria

operacional é ainda mais relevante quando se busca controle de qualidade na etapa de amostragem (Bressani *et al.*, 2019).

Figura 23 - Amostrador automático Étsus 2000



Foram executadas três campanhas semanais de amostragem. Cada campanha compreendeu quatro coletas compostas, perfazendo doze amostras no total, em dias diferentes, distribuídas ao longo do período compreendido entre 08h00 às 17h00, com alíquotas sendo coletadas a cada 30 minutos, o que totaliza vinte alíquotas. A frequência e o intervalo de coleta objetivaram capturar as flutuações hidrodinâmicas e microbiológicas do escoamento superficial, garantindo um conjunto amostral significativo para realização das análises posteriormente encaminhadas às determinações físico-químicas e microbiológicas.

As amostras coletadas foram encaminhadas a um laboratório terceirizado com acreditação laboratorial, no qual foram avaliados todos os parâmetros de qualidade exigidos na modalidade ambiental estabelecida pela Deliberação Normativa nº 65 (CERH - MG, 2020).

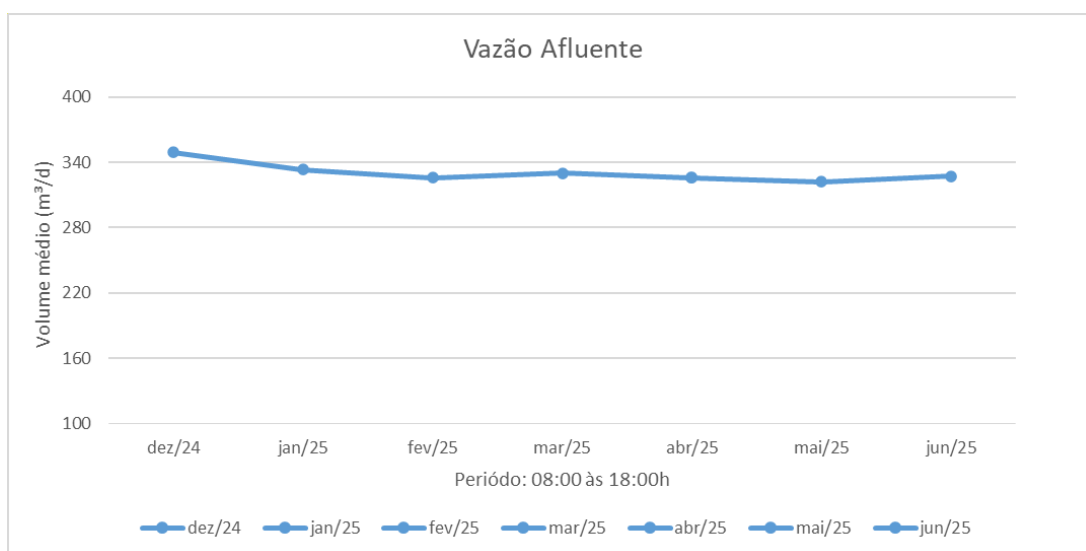
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram organizados de forma sistemática, de acordo com a metodologia previamente estabelecida. Foram tabulados os dados provenientes do monitoramento ambiental da estação, disponibilizados pela Copasa, assim como as informações relativas à oferta fornecidas pela própria empresa.

5.1 Avaliação quantitativa da água para reúso

Para estimar a oferta de água para reúso, utilizaram-se os dados operacionais fornecidos pela Copasa para o período de dezembro de 2024 a junho de 2025, correspondentes à vazão média tratada no intervalo das 08h00 às 18h00. Esses valores subsidiaram, simultaneamente, a verificação da taxa de aplicação superficial nesse mesmo horizonte temporal e a quantificação da disponibilidade de fornecimento de água para reúso (Anexo 1). As vazões afluentes consideradas encontram-se apresentadas no gráfico da Figura 24.

Figura 24 -Série temporal vazão afluente



A estimativa da oferta hídrica foi ajustada mediante a subtração das perdas por evapotranspiração, as quais, segundo a literatura técnico-científica, situam-se entre 20% e 30% do volume escoado na rampa como efluente final (Foco, 2018; Campos, 1999). Assim foi adotado uma dedução de vazão de 25% de evapotranspiração e

/infiltração. A vazão média resultante, considerada disponível para reúso, encontra-se apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 - Oferta disponível de água para reúso

Variáveis	Valores (m³)
Vazão	330,0
Evapotranspiração (25%)	82,5
Vazão disponível de reúso	247,5

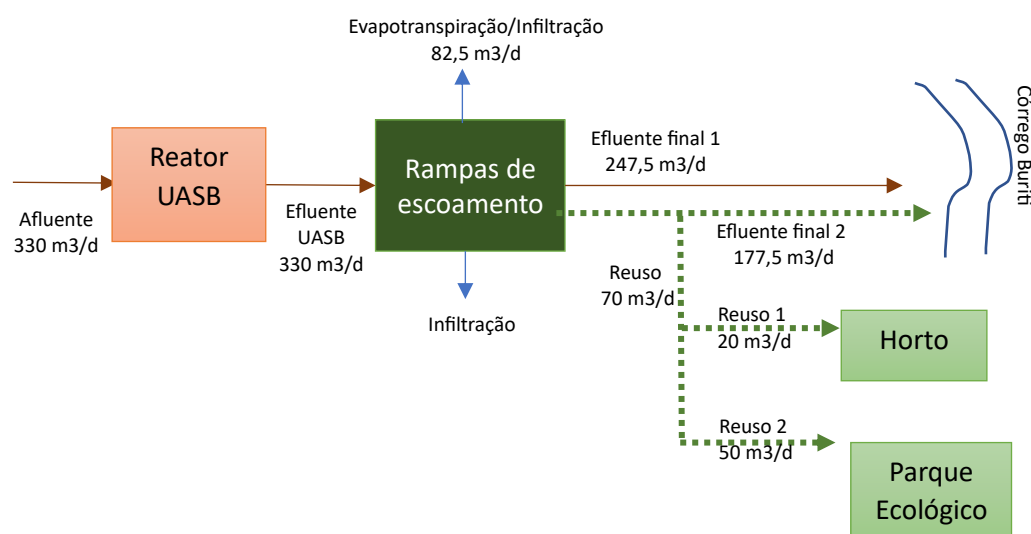
Com base nas informações fornecidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Pirajuba (Copasa, 2024), apresenta-se, na Tabela 13, os dados de demanda diária de água para reúso, correspondentes às necessidades de irrigação do Horto Florestal e do Parque Ecológico, locais que serão contemplados com a água para reúso.

Tabela 13 - Demanda de reúso de água

Variáveis	Valores (m³)
Vazão Horto Florestal	20
Vazão Parque Ecológico	50
Demanda total do reúso de água	70

A Figura 25 descortina que o balanço hídrico entre a oferta ($247,5 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$) e a demanda de água para reúso ($70,0 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$) indica disponibilidade suficiente do efluente tratado, mesmo após as perdas por evapotranspiração ($82,5 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$). A quantidade disponível é capaz de suprir integralmente as necessidades do horto e do parque ecológico, restando ainda um volume excedente que pode ser devolvido ao corpo receptor ($177,5 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$).

Figura 25 - Esquema de vazões: UASB, rampas de escoamento, perdas por evapotranspiração, reúso, efluente final e lançamento.



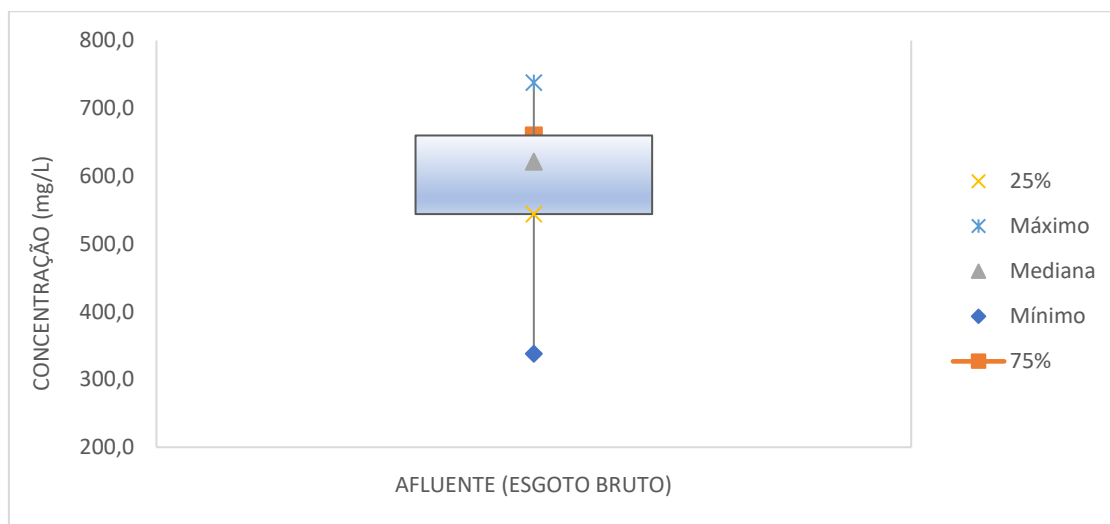
5.2 Avaliação qualitativa da água para reúso

Para realização da análise qualitativa do efluente foram analisados os dados de monitoramento ambiental da estação de tratamento de águas residuárias referentes ao período de janeiro de 2022 a dezembro de 2024, disponíveis no Anexo 2. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), potencial hidrogeniônico (pH), *Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos. A partir dessa análise, foi possível identificar padrões de comportamento dos parâmetros ao longo do tempo, assim como verificar a conformidade do parâmetro DBO, frente aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 08, de 2022 e pela Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 2020.

Durante o período analisado, a concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no afluente (bruto) à Estação de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR) apresentou variações significativas, oscilando entre 343 mg/L e 738 mg/L. A mediana registrada foi de 621,5 mg/L, refletindo a tendência central da distribuição amostral. O desvio padrão amostral foi de 102,8 mg/L, evidenciando uma dispersão considerável em torno da média e indicando a presença de flutuações operacionais

ou sazonais que impactam, diretamente, a carga orgânica afluente. Esse comportamento foi ainda visualmente reforçado pelo gráfico de *box plot*, consoante a Figura 26.

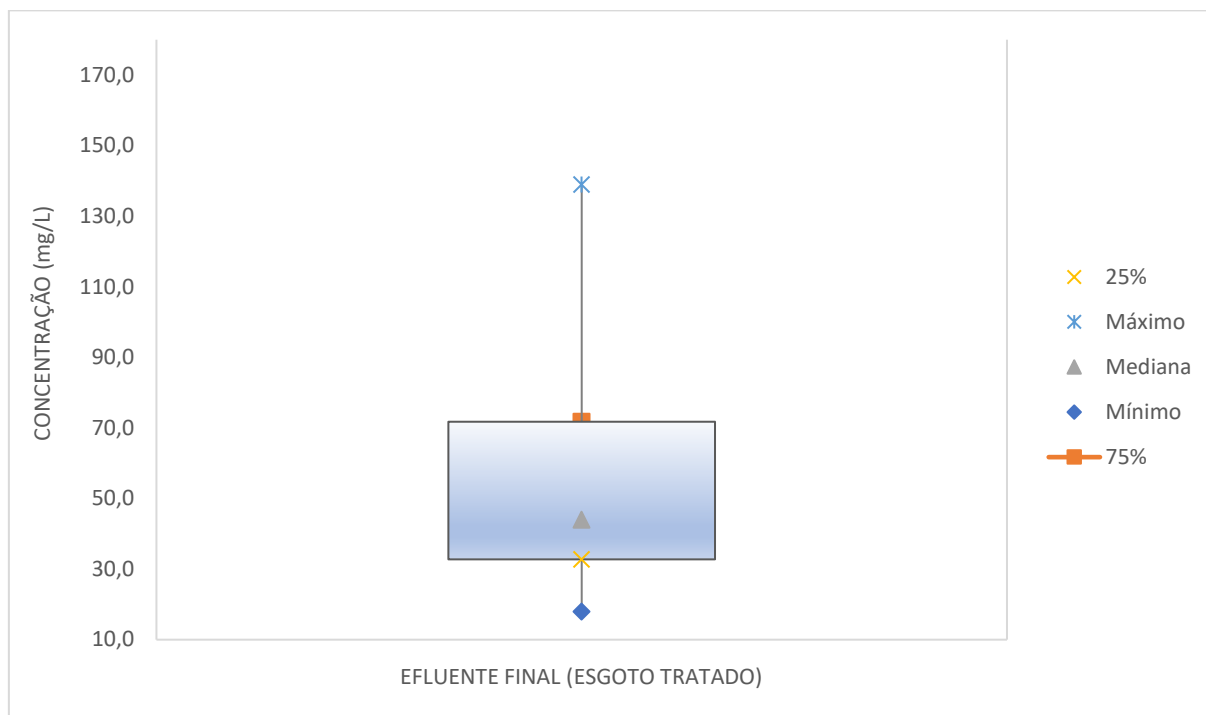
Figura 26 - Boxplot da Concentração de DBO no Afluente de (bruto)



Nos dados do monitoramento do efluente, disponíveis no Anexo 2, observou-se que as concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no efluente final (efluente tratado) variaram entre 18 mg/L e 139 mg/L, demonstrando um intervalo expressivo de valores ao longo do período analisado. A mediana registrada foi de 44 mg/L, revelando uma tendência central inferior ao valor médio, o que sugere a presença de assimetria na distribuição dos dados.

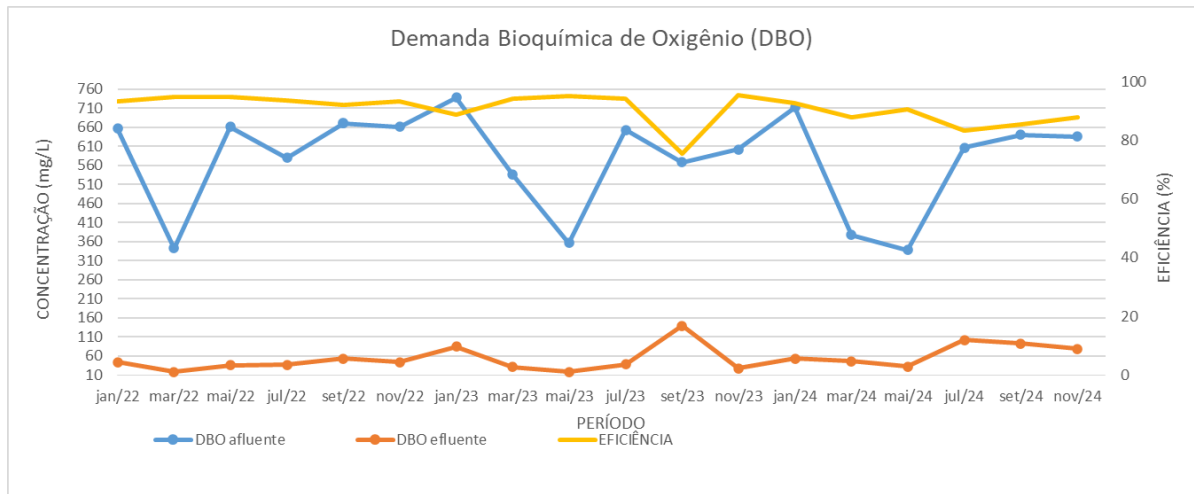
O desvio padrão amostral do parâmetro DBO foi de 25 mg/L, o que revela uma moderada dispersão em torno da média, compatível com variações operacionais típicas de ETEs que operam com carga variável. A Figura 27 apresenta o *box plot* das concentrações de DBO, no qual se verifica uma amplitude interquartílica significativa, com presença de valores extremos nas faixas inferior e superior da série. A visualização gráfica ajuda a demonstrar como a mediana se mantém como um valor confiável para representar o comportamento central dos dados, mesmo diante de oscilações pontuais ou de valores que fogem ao padrão.

Figura 27 - Boxplot da Concentração de DBO no Efluente de (tratado)



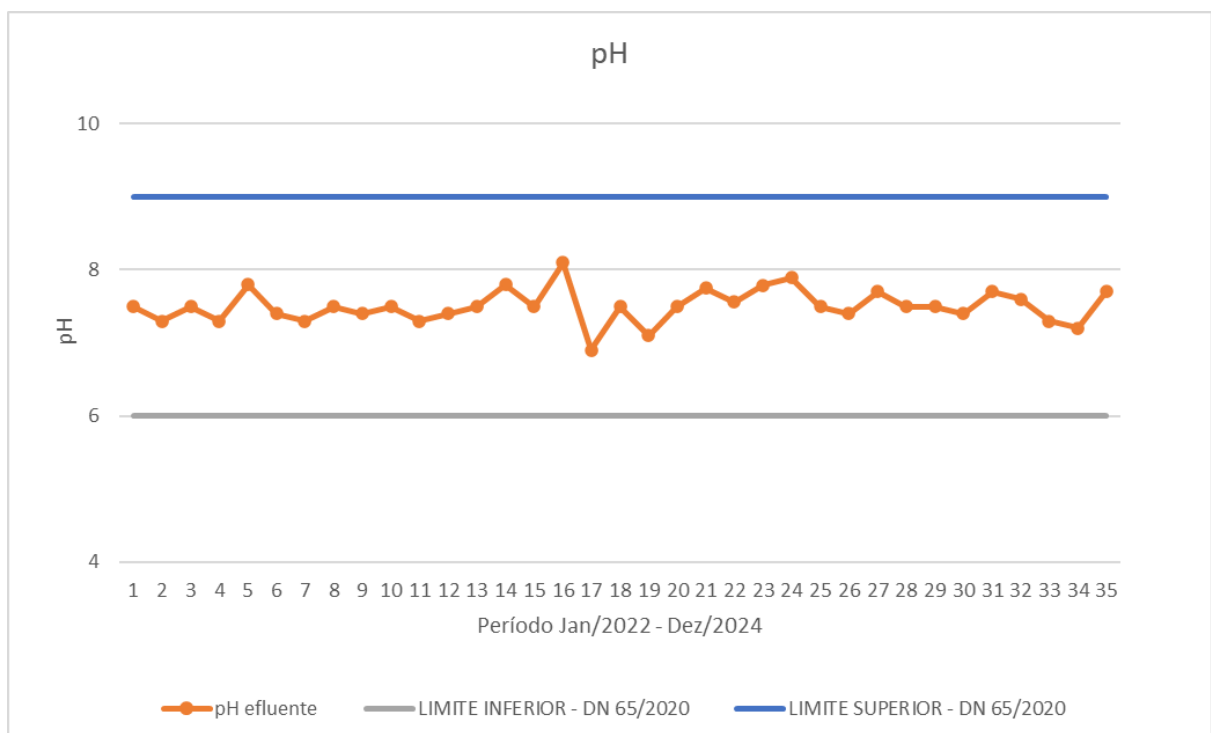
Foi registrada uma eficiência mediana de remoção de DBO de 92,9%, como apresentado na Figura 28. Esse desempenho se destaca por estar acima da faixa típica de eficiência entre 77% e 90% geralmente atribuída a sistemas compostos por reator UASB seguido de escoamento superficial, conforme relatado por von Sperling (2018). Os resultados se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, COPAM/CERH-MG nº 08, de 2022, seja com concentrações de DBO inferiores a 60 mg/L, seja com eficiências de remoção mensais superiores a 60% e medial anual acima de 70%. Esse comportamento consistente reforça o controle operacional do sistema e descortina que a estação de tratamento de águas residuárias tem operado de forma estável, respondendo adequadamente aos processos de tratamento ao longo do tempo.

Figura 28 - Gráfico de série temporal da DBO afluente e efluente



A análise dos resultados de pH ao longo do período monitorado demonstrou um comportamento estável e compatível com as condições esperadas de operação, conforme a Figura 29, mantendo-se integralmente dentro da faixa de 6,0 a 9,0, o que condiz com os critérios definidos pela legislação vigente. Esse padrão reforça o controle e a eficiência do processo no que diz respeito à neutralidade do efluente tratado.

Figura 29 – Gráfico monitoramento pH



De forma semelhante aos resultados obtidos por Zerbini (2000) para o tratamento de águas residuárias por meio de reator UASB seguido de rampas de escoamento superficial no solo na ETE Nova Vista, em Itabira (MG), que reportou concentração média de 0,1 ovo/L de nematoides intestinais, o efluente tratado nas rampas de escoamento superficial operadas na ETE Pirajuba também apresentou elevada qualidade, com número de ovos viáveis de helmintos inferior a 1 ovo/L, conforme apresentado na Tabela 14. Ressalta-se, entretanto, que na ETE Pirajuba o monitoramento de ovos viáveis de helmintos foi realizado apenas no efluente final, não havendo dados correspondentes no afluente ao sistema; dessa forma, não é possível quantificar a eficiência de remoção específica das unidades de tratamento, mas apenas atestar a condição sanitária do efluente produzido. Ainda assim, os resultados obtidos encontram-se abaixo dos limites estabelecidos para a prática do reúso definidos na Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 (Minas Gerais, 2020), indicando conformidade com a legislação vigente e estabilidade do desempenho ao longo do período de monitoramento.

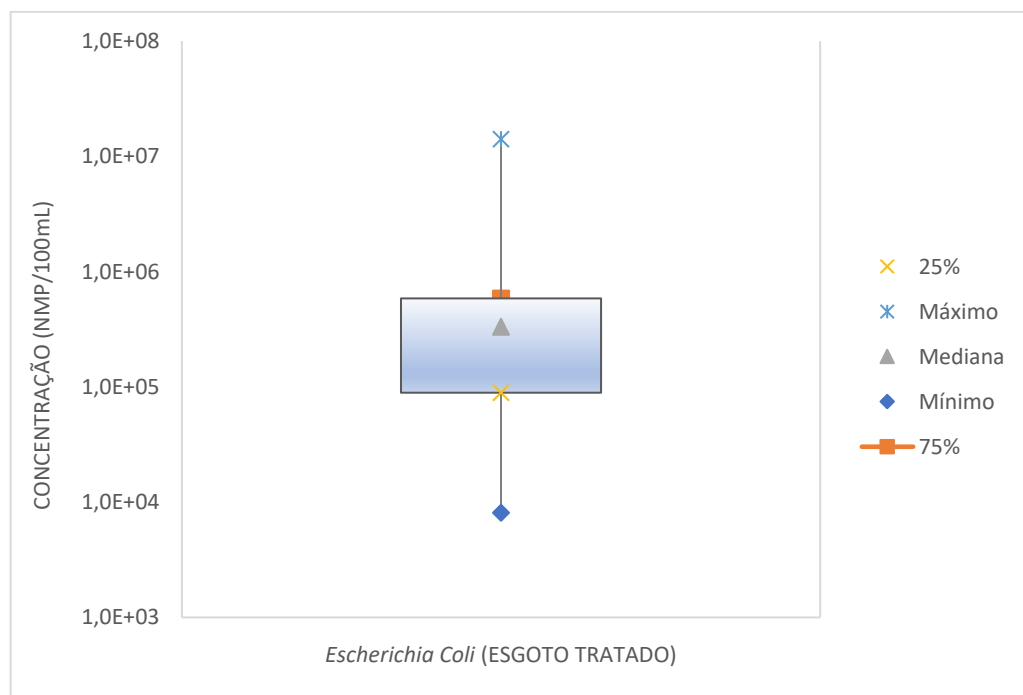
Tabela 14 - Monitoramento qualitativo do efluente tratado

Parâmetro	Ano	Mês	Número de ovos de helmintos (Ovo/L)
Ovos Viáveis de Helmintos	2023 2024	Dezembro	<1
		Janeiro	<1
		Fevereiro	<1
		Março	<1
		Abril	<1
		Maio	<1
		Junho	<1
		Julho	<1
		Agosto	<1
		Setembro	<1
		Outubro	<1
		Novembro	<1
		Dezembro	<1

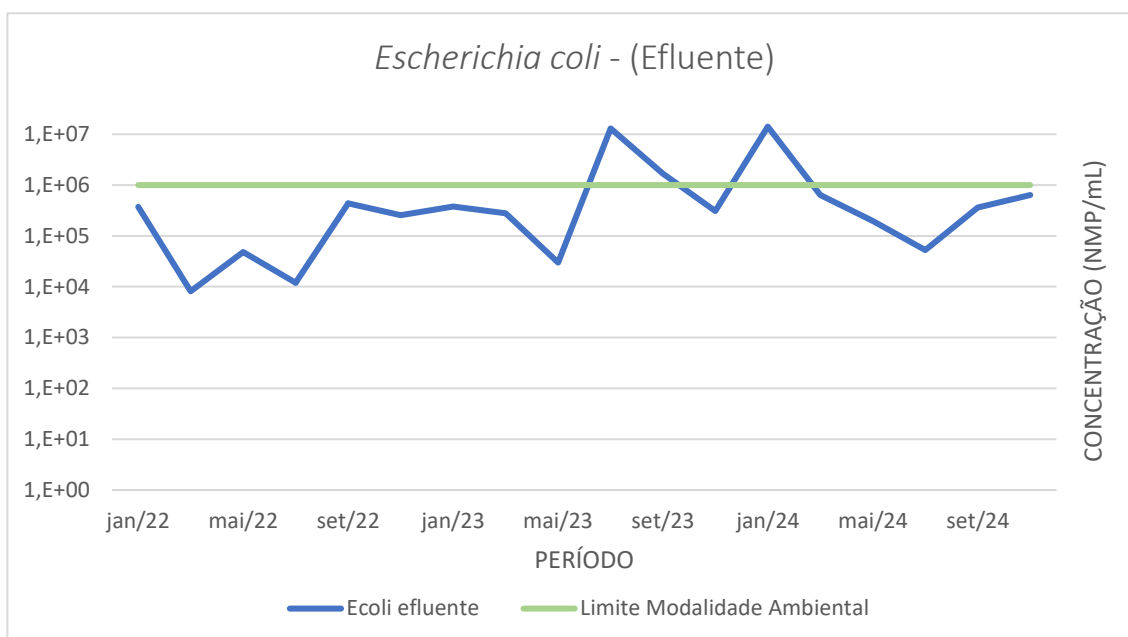
A análise dos resultados obtidos para o parâmetro *Escherichia coli* (Anexo 2), representados na Figura 30, evidenciou um comportamento relativamente estável ao longo do período monitorado, com valores variando entre $8,12 \times 10^3$ e $1,41 \times 10^7$

NMP/100 mL e mediana de $3,33 \times 10^5$ NMP/100 mL. Esse conjunto de dados constitui uma série histórica consistente do efluente final das rampas de escoamento superficial, voltada a subsidiar a avaliação da qualidade da água produzida para fins de reúso. No escopo desta pesquisa, o monitoramento de *E. coli* foi direcionado ao efluente das rampas, uma vez que o foco principal esteve na verificação da conformidade do efluente final com os requisitos estabelecidos pela Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 (Minas Gerais, 2020) para usos não potáveis. Embora essa estratégia não permita quantificar de forma detalhada a eficiência de remoção ao longo da linha de tratamento, ela fornece evidências quanto à qualidade microbiológica do efluente.

Figura 30 - Boxplot da Concentração de *E. coli* no efluente tratado



Em convergência com a Figura 31, verificou-se que 83,3% das amostras analisadas atenderam aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa vigente para a modalidade de reúso ambiental, destinada à recuperação florística.

Figura 31 - Gráfico de monitoramento *E-coli*

Apesar do elevado percentual de conformidade observado, os resultados da análise para o parâmetro *Escherichia coli* indicam a necessidade de intervenções complementares no processo, seja por meio de ajustes operacionais no tratamento ou pela adoção de uma etapa de polimento adicional, visando a assegurar a regularidade do atendimento aos padrões de qualidade exigidos para a modalidade de reúso pretendida.

5.3 Avaliação da proposta de adequação das unidades de tratamento

A verificação do atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos na Deliberação Normativa nº 65 do CERH (Minas Gerais, 2020), especificamente o parâmetro *Escherichia coli*, demonstrou a necessidade de uma proposta de melhoria na etapa de tratamento de águas residuárias para o atendimento integral na modalidade ambiental da referida deliberação normativa.

Verificou-se que as rampas de escoamento operavam com taxa de aplicação superficial (TAS) de $0,24 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, calculada conforme a Equação 1 em que a vazão média tratada (Q) foi igual a $28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, largura da rampa (L) igual a 30 m e o número de rampas em operação (RO) igual a 4 unidades. O valor obtido supera o parâmetro de projeto ($0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), embora a vazão atual se encontre abaixo daquela prevista para a condição de fim de plano, evidenciando descompasso entre a hipótese de

dimensionamento e o regime operacional vigente. Esse cenário abre possibilidade para ajustes operacionais nas rampas de escoamento, com vistas a incrementar a eficiência do tratamento e viabilizar o reúso.

A reconfiguração hidráulica consistiu na alteração do regime de operação em paralelo para um arranjo em série, de modo que o efluente secundário passasse sucessivamente por duas rampas de escoamento. Com isso, o percurso de escoamento superficial total foi ampliado de 36 para 72 m, estendendo a percolação do efluente e favorecendo processos naturais de filtração, evapotranspiração, com reflexos positivos na depuração do efluente.

Para sustentar a operação das rampas em série, foram definidos parâmetros operacionais e diretrizes de projeto específicos. A adoção de maiores cargas hidráulicas mostrou-se útil para viabilizar a distribuição do efluente ao longo de rampas mais extensas, sobretudo quando o sistema dispunha de poucos pontos de alimentação (Campos, 1999).

Os parâmetros operacionais das rampas de escoamento superficial em série, apresentados na Tabela 15, foram definidos de acordo com os critérios do Campos (1999). As principais adaptações consistiram na adoção do regime de pousio com 4 dias de operação seguidos de 3 dias de descanso e na redução do período de aplicação do efluente, que passou de 24 h para 10 h no arranjo em série. Em conjunto, essas medidas favoreceram um regime aeróbio de funcionamento, pois o intervalo de repouso ampliado promoveu a reaeração da camada superficial do solo, contribuindo para o polimento do efluente e a estabilidade do processo (CAMPOS, 1999).

Tabela 15 - Parâmetros de operação das rampas em série

Variável	Valor
Vazão média (Q)	33 (m ³ .h ⁻¹)
Largura (L)	30 (m)
Comprimento das rampas em séries (C)	72 (m)
Rampas em operação (RO)	3 (un)
Período de Aplicação (P)	10 (h.d ⁻¹)
Horário da aplicação (H)	8 h às 18 h
Frequência de aplicação (F)	4 (d.sem ¹)
Taxa de aplicação superficial (TAS)	0,37 m ³ .h ⁻¹ .m ¹
Frequência de descanso (D)	3 (d.sem ¹)

Assim, considerando a vazão (Q) de $33 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, o número de rampas em operação é igual 3 e mantendo a largura igual 30 m, foi obtido, através da Equação 1, a Taxa de aplicação superficial (TAS) igual a $0,37 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$

Dessa forma, a taxa de aplicação superficial (TAS) na primeira rampa foi $0,37 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, valor superior ao observado no regime em paralelo, porém ainda dentro dos intervalos reportados na literatura ($0,12 - 0,40 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Considerando a perda adotada 25% por evapotranspiração/infiltração entre a primeira rampa, o escoamento que segue para a segunda rampa corresponde a uma TAS de $0,25 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, mantendo-se compatível com os referenciais técnicos. Essa configuração aumentou o escoamento do efluente, por conseguinte, aprimorou o desempenho global do sistema. Tal efeito foi corroborado pelo cálculo da carga hidráulica (CH).

Da mesma forma, considerando a TAS de $0,37 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, o período de aplicação de 10h e o comprimento das rampas operadas em série de 72m, foi obtido através da Equação 2, a carga hidráulica de $5,1 \text{ cm}\cdot\text{dia}^{-1}$. Assim a lâmina líquida de $5,1 \text{ cm}\cdot\text{dia}^{-1}$ situa-se dentro da faixa recomendada para efluentes secundários ($1,5 - 7,0 \text{ cm}\cdot\text{dia}^{-1}$), que conforme Tonetti *et al* 2009, corrobora com adequação operacional adotada.

Segundo Paganini (1997), prolongar o tempo de residência do efluente na zona não saturada por meio da manutenção de baixa carga hidráulica ou da queda natural da infiltração após colmatação intensifica a remoção de bactérias e vírus por adsorção.

A eficiência nas rampas de escoamento decorre de mecanismos complementares de sedimentação, filtração mediada por biofilme e adsorção no solo, reforçados pela radiação solar (Tonetti et al., 2009). Nesse contexto, a operação em série amplia o percurso hidráulico e o tempo de escoamento do efluente com o meio, promovendo polimento adicional e maior remoção microbiológica.

5.4 Análises dos parâmetros qualitativos do efluente final das rampas de escoamento em série

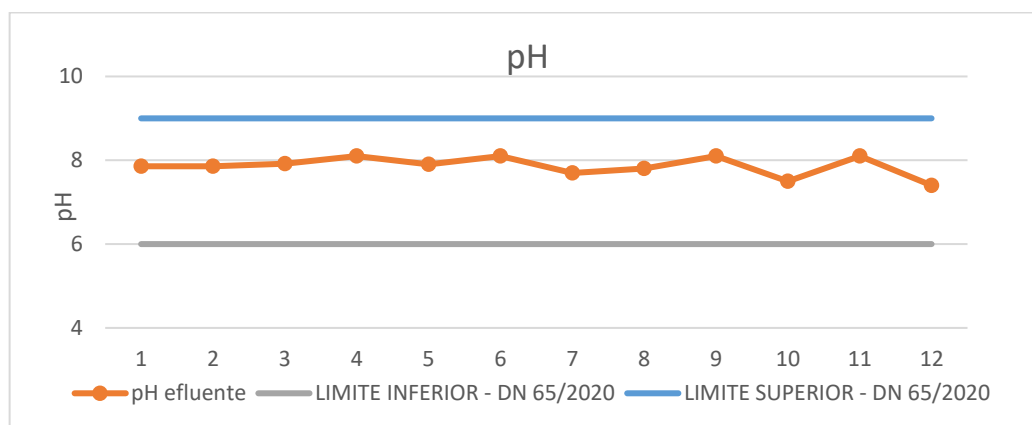
Os resultados dos parâmetros de qualidade monitorados, a saber: pH, ovos viáveis de helmintos e *Escherichia coli* são apresentados no Anexo 2.

Conforme apresentado na Figura 32, os resultados de pH permaneceram praticamente inalterados ao longo das doze medições, concentrando-se em torno de

$7,86 \pm 0,23$. A amplitude total de apenas 0,70 unidade (7,40 - 8,10) indica a estabilidade do processo sob as condições operacionais investigadas.

Comprovou-se que 100% das análises obtiveram resultados em atendimento ao preconizado pela legislação (pH entre 6 e 9).

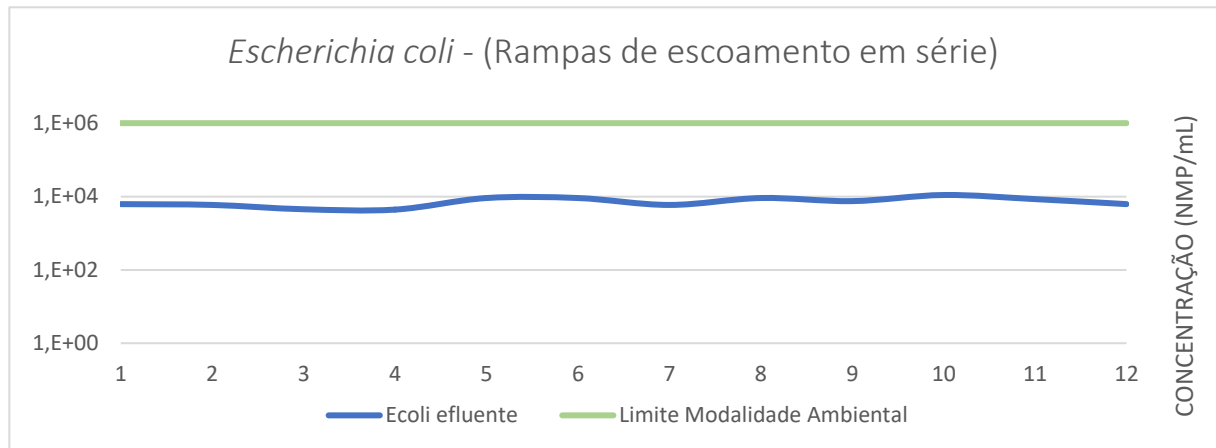
Figura 32 - Série temporal parâmetro pH



Os resultados para o indicador microbiológico *Escherichia coli*, referência primária no rastreamento de contaminações bacterianas, apresentaram boa performance, denotando desempenho operacional sólido ao longo das três campanhas de monitoramento. A estabilidade observada indica que, sob as condições testadas, o sistema de polimento tendeu a manter a carga microbiana em faixas compatíveis com o reúso, sugerindo eficiência operacional.

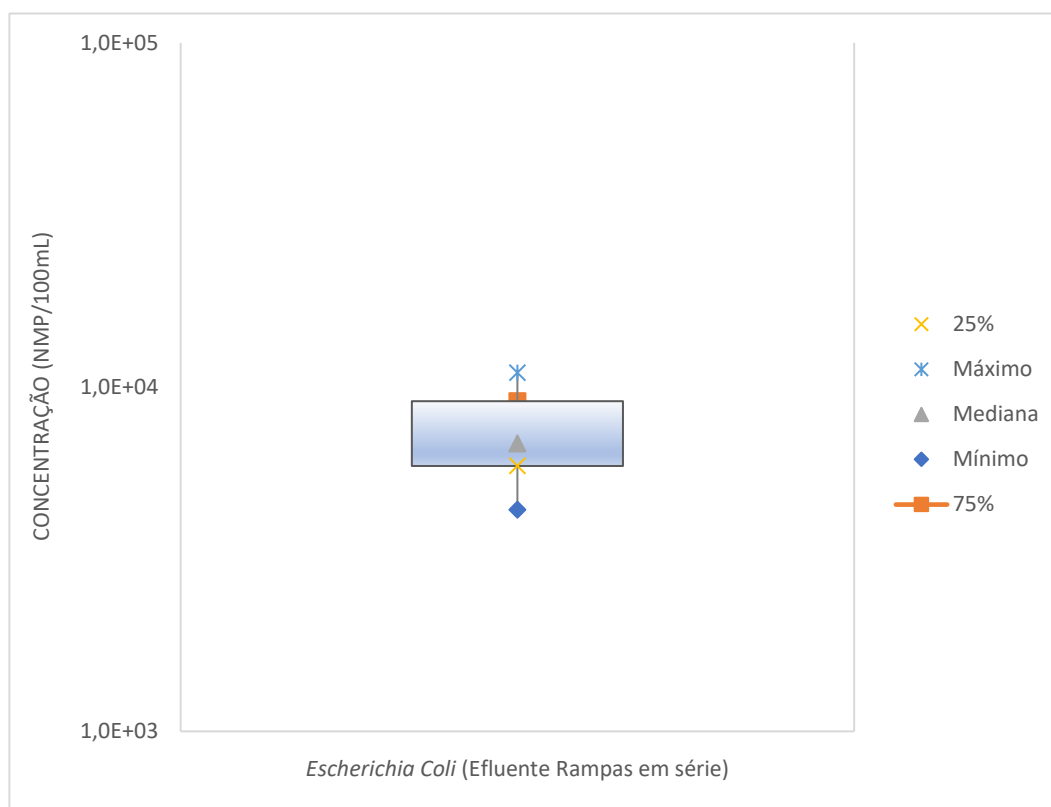
De acordo com a Figura 33 (série temporal), os resultados obtidos do parâmetro *Escherichia coli* se mantiveram em uma faixa relativamente estreita de $4,4 \cdot 10^3$ a $1,1 \cdot 10^4$ NMP 100 mL ao longo das três campanhas semanais. A média aritmética foi $7,3 \cdot 10^3$ NMP 100 mL, com desvio-padrão amostral de $2,0 \cdot 10^3$ NMP 100 mL e coeficiente de variação de 29%, sinalizando variações moderadas para um efluente secundário sem etapa específica de desinfecção por produtos químicos.

Figura 33 - Série temporal parâmetro E- coli



A Figura 34 ilustra que 50% dos resultados de *Escherichia coli* ficaram entre $5,9 \cdot 10^3$ e $9,1 \cdot 10^3$ NMP 100 mL, com mediana em $6,8 \cdot 10^3$. As amplitudes estendem-se de $4,4 \cdot 10^3$ até $1,1 \cdot 10^4$ NMP 100 mL¹; este valor máximo surge como *outlier* leve, mas permanece aproximadamente à duas ordens de grandeza abaixo do limite normativo de $1 \cdot 10^6$ NMP 100 mL. A amplitude interquartil estreita e o coeficiente de variação de 29% indicam dispersão moderada e desempenho operacional constante, confirmando que a etapa de polimento adicional mantém os resultados de *E. coli* em patamar seguro para os usos previstos.

Figura 34 - Boxplot da Concentração de *E. coli* nas rampas em série



Os resultados demonstraram uma redução de 1,69 log, o que corresponde a uma eficiência de 97,9 % quando se comparam as medianas de *E. coli* obtidas nas rampas operadas em paralelo às registradas nas rampas operadas em série.

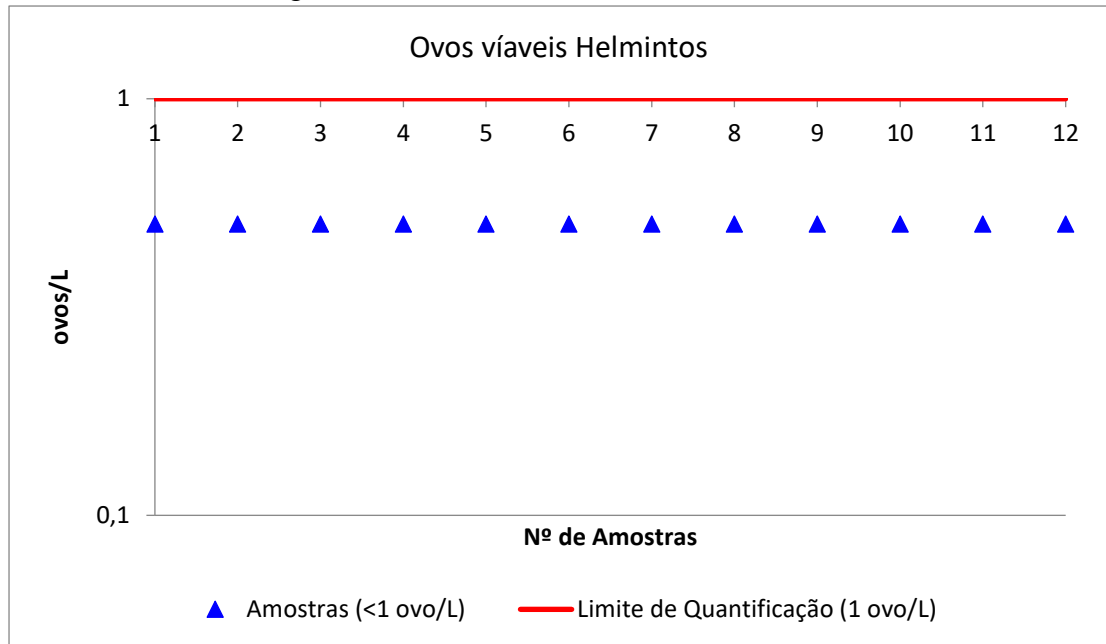
Desse modo, as três campanhas de monitoramento evidenciaram conformidade com o parâmetro microbiológico de *Escherichia coli*, com valores inferiores ao limite máximo previsto para a modalidade ambiental (10^6 NMP/100 mL), mantendo todas as medições dentro dos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 65 do CERH-MG (Minas Gerais, 2020).

Os ensaios para ovos viáveis de helmintos, um dos indicadores patogênicos mais críticos quando se planeja reutilizar o efluente em qualquer modalidade, se mantiveram inalterados nas três campanhas com as rampas operadas em série.

Conforme a Figura 35, nenhum ovo viável foi detectado (< 1 ovo/L, limite de quantificação). Essa ausência consistente de helmintos reforça a segurança sanitária do sistema e indica que o polimento adicional não apenas preservou, mas sustentou um controle dos riscos parasitológicos, com concentrações inferiores ao limite de quantificação do método ao longo de todo o monitoramento. Ao avaliar a remoção de

patógenos, com ênfase em helmintos, Gobbi (2010) obteve resultados convergentes aos observados neste estudo, registrando concentrações inferiores a 1 ovo viável de helminto por litro no efluente tratado por filtro de zeólita, com destaque para a concentração final de 0,6 ovos/L.

Figura 35 - Gráfico ovos de helmintos



Em síntese, os resultados evidenciam que os ajustes operacionais implementados não apenas foram suficientes para enquadrar o efluente tratado nos padrões estabelecidos para a modalidade de reúso “ambiental”, com destaque para a redução das concentrações de *Escherichia coli* em conformidade com a Deliberação Normativa CERH nº 65 (Minas Gerais, 2020), como também se mostraram eficazes em qualificar o controle da qualidade do efluente ao longo do tempo. Na prática, esses ajustes conferiram maior estabilidade e previsibilidade ao comportamento dos parâmetros monitorados, funcionando como uma camada adicional de controle operacional, capaz de atenuar a ocorrência de valores extremos (outliers) na série temporal.

6 CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que a qualificação do efluente secundário para o reúso só foi viável após a adequação hidráulica das rampas de escoamento superficial, reorganizadas para operação em série, aliado a mudança no regime de alimentação com a operação e pousio bem definidos. Essa configuração aumentou o contato do efluente escoado com o solo e a vegetação, ao ampliar o comprimento da rampa, favorecendo mecanismos naturais de filtração, percolação e evapotranspiração. Como resultado, o sistema apresentou maior eficiência no atendimento dos parâmetros de qualidade e permitiu o enquadramento do efluente nos critérios de reúso ambiental previstos na Deliberação Normativa nº 65 do CERH-MG (MINAS GERAIS, 2020). Os monitoramentos indicaram o comportamento estável dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados e demonstraram a eficácia do arranjo em série como polimento auxiliar. Esse desempenho sustentou a redução consistente de indicadores microbiológicos (por exemplo, *E. coli*) e a manutenção dos parâmetros físico-químicos dentro de faixas operacionais de referência, garantindo as condições de segurança requeridas para o reúso não potável em ações de recuperação florística. Em conjunto, os resultados reforçam a viabilidade técnica e ambiental da solução adotada.

A constância observada nos valores de pH e, principalmente, a significativa redução em relação ao contexto inicial de operação das concentrações de *Escherichia coli*, com eficiência superior a 97%, reafirmam o potencial do processo investigado.

A estabilidade observada nos valores de pH e, principalmente, a expressiva redução das concentrações de *Escherichia coli* em comparação ao contexto inicial de operação, com eficiências superiores a 97%, reforçam o potencial do processo investigado. A ausência de ovos viáveis de helmintos em todas as amostras reforça o grau de segurança sanitária alcançado, sugerem que é possível o polimento adicional mesmo em unidades operacionais simples como as de estações de pequeno porte. Esses achados ganham relevância diante do contexto nacional, no qual o reúso ainda é um tema em consolidação e carece de exemplos práticos que aliem inovação tecnológica, simplicidade operacional e atendimento à legislação.

Dessa forma, esta pesquisa, para além de preencher uma lacuna técnica, propõe um novo olhar sobre o potencial dos processos naturais no contexto do saneamento ambiental, particularmente em municípios menores com estações de

tratamento de águas residuárias de pequeno porte. Espera-se que os resultados aqui apresentados possam fomentar novas discussões, subsidiar políticas públicas e encorajar a adoção de práticas inovadoras que coloquem o reúso de água como parte integrante da gestão sustentável e circular dos recursos hídricos no Brasil.

Diante dos resultados alcançados, torna-se relevante a continuidade da investigação, ampliando-se os ensaios com o uso de maiores taxas de aplicação superficial.

Diante dos resultados alcançados, torna-se pertinente a continuidade da investigação, com a realização de novos ensaios sob taxas de aplicação superficial mais elevadas, de modo a avaliar os limites operacionais do sistema, sua robustez frente a diferentes cenários de carga hidráulica e a eventual ocorrência de efeitos adversos na qualidade do efluente tratado. A adoção de doses superiores permitirá avaliar, de forma mais aprofundada, a capacidade de suporte hidráulico do sistema e os possíveis efeitos cumulativos sobre a eficiência de depuração microbiológica do arranjo em série. Além disso, a continuidade da pesquisa poderá elucidar, com maior precisão, a contribuição da evapotranspiração juntamente com a infiltração no balanço hídrico global do sistema, especialmente sob a configuração seriada das rampas, na qual se observa prolongamento do tempo de contato entre o efluente e a interface solo e atmosfera. Esse aprofundamento se justifica tanto pela necessidade de delimitar os limites operacionais da solução proposta, quanto por seu potencial de revelar interações hidrológicas relevantes que ainda carecem de validação técnica e científica em contextos de reúso de água.

Assim, espera-se que futuros desdobramentos deste estudo possam robustecer o corpo técnico científico da área, bem como contribuir com subsídios concretos para o avanço das práticas de reúso em municípios de pequeno porte, em consonância com os princípios da sustentabilidade e da segurança hídrica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. G. S; RIBEIRO, T. B; SILVA, B. S. da; AZEVEDO, L. S; CHERNICHARO, C. A. de L. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 6: qualidade do efluente. **Revista Dae**, [S.L.], v. 66, n. 214, p. 90-108, 2018. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.043>. Acesso em: 25 mai. 2025.
- ALMEIDA, P. G. S de; OLIVEIRA, S. C; CHERNICHARO, C. A. de L. Operação de filtros biológicos percoladores pós-reatores UASB sem a etapa de decantação secundária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 271-280, set. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522011000300010>. Acesso em: 25 mai. 2025.
- BERTOSSI, A. A; MILEN, L. C.; GARCIA, G. O.; REIS, Edvaldo Fialho dos. Índice de qualidade de efluente tratado em rampas de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1221-1228, dez. 2019. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019140393>.
- BOLINCHES, A.; BLANCO-GUTIÉRREZ, I.; ZUBELZU, S.; ESTEVE, P.; GÓMEZ-RAMOS, A. A method for the prioritization of water reuse projects in agriculture irrigation. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 263, p. 107435, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107435>.
- BRESSANI, T. R. et al. Desenvolvimento de sistema automático e de baixo custo para amostragem de efluentes líquidos. In: **FENASAN 2019 – Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente**, São Paulo, 2019. Anais [...]. São Paulo: AESABESP, 2019. Disponível em: <https://www.aesabesp.org.br/fenasan2019>.
- CAMPOS, J, R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. (PROSAB – Projeto de Pesquisa em Saneamento Básico).
- CAMPOS, F.; NOLASCO, M. A. Prospeção Científica e Tecnológica Aplicada ao Conceito de Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis. **Cadernos de Prospeção**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 964, 1 jul. 2021. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v14i3.37258>.
- CAVINATTO, A. S.; PAGANINI, W. S. Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 42-51, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000100006>.
- CHERNICHARO, C. A. de Lemos; RIBEIRO, T. B.; GARCIA, G. B.; LERMONTOV, A.; PLATZER, C. J.; POSSETTI, G. R. C.; ROSSETO, M. A. L. L. R.. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. **Revista Dae**, [S.L.], v. 66, n. 213, p. 5-19, 2018. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.028>.
- CHERNICHARO, C. A. de; RIBEIRO, T. B.; PEGORINI, E. S.; POSSETTI, G. R. C.; MIKI, M. K.; SOUZA, S. N. de. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário

- Parte 1: tópicos de interesse. **Revista Dae**, [S.L.], v. 66, n. 214, p. 5-16, 2018. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2018.038>

CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores anaeróbios** – volume 5. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997. 380 p. ISBN 8570411308.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA MG). **Pirajuba: Sistema de Esgotamento Sanitário – Estação de Tratamento de Esgoto. Volume IV: Projeto Básico. Tomo II: Memorial descritivo, justificativo e cálculo e desenhos**. Belo Horizonte: COPASA MG, fev. 2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG); CENTRO DE REFERÊNCIA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUSTENTÁVEIS. **Avaliação de aspectos de projeto, construção e operação de ETEs**. 2024

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa nº 65, de junho de 2020. **Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências**. Deliberação Normativa Cerh-MG Nº 65, de 18 de Junho de 2020. Minas Gerais, Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). Deliberação Normativa Conjunta no. 8/COPAM-CERH/MG, de 21 de novembro de 2022. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Minas Gerais, 21 nov. 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>.

DREWES, J. E.; HORSTMAYER, N. Recent developments in potable water reuse. In: **The Handbook of Environmental Chemistry**. Cham: Springer International Publishing, 2015. DOI: 10.1007/698_2015_341.

FERREIRA, D. M; NAVONI, J. A; ARAÚJO, A. L. C; TINOCO, J. D; AMARAL, V. S. Wastewater use in agriculture: analytical limits of sewage for impact control in Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1048–1059, out./dez. 2019. DOI: 10.1590/1983-21252019v32n421rc. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n421rc>. Acesso em: 31 ago. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Water for Sustainable Food and Agriculture: a report produced for the G20 Presidency of Germany**. Rome: FAO, 2017. ISBN 978-92-5-109977-3

FOCO, M.L. R.; SOUZA, E. S. de; NOUR, E. A. A. Tratamento de esgoto sanitário por escoamento superficial no solo: remoção de metais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 823-832, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018135318>.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – FGVces. **Análise conceitual e normativa sobre reúso de água no Brasil [recurso eletrônico]**. São Paulo: FGVces, 2025. 52 p.

Publicação em parceria com Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación (COSUDE) e Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA). ISBN 978-958-8470-66-5.

GOBBI, S A. **Remoção de ovos de helmintos de esgotos secundários, por meio de filtros rápidos de areia, carvão antracitoso e zeólito para reúso agrícola e urbano não potável**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

JARAMILLO, M; RESTREPO, I. Wastewater Reuse in Agriculture: a review about its limitations and benefits. **Sustainability**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1734, 11 out. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su9101734>.

KUBLER, H.; FORTIN, A; MOLLETA, L. Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil. [S.I.]: **ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2015. 42 p.

LIMA, M. A. M.; SANTOS, A.S. P.; AVELAR, P. S.; SILVA JUNIOR, L.C. S. ; ARAUJO, B. M.; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, José Manuel Pereira. PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REGIONAL DE REÚSO DE ÁGUA: futuro e desafios. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S.L.], p. 55-70, 15 set. 2021. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43712>.

MARQUES, M. V. A.; CHAMHUM-SILVA, L. A.; MATOS, A. T.i ; BOMFIM, N. F.; BARROS, K. K.; BASTOS, R. K. X.; KATO, M. T.. Technical Note 3 - Agriculture use: conditions of applicability of effluent from sewage treatment plants. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 29-41, 2022. Zeppelini Editorial e Comunicação. <http://dx.doi.org/10.5327/276455760203003>.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. 371 p.

MELO, M. C; FONSECA, M; CASTRO, L. A; RIBEIRO, R. B; MACHADO, F. L. V. Avaliação quantitativa do potencial de reúso no estado de Minas Gerais. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 141–157, 2021.DOI:10.9771/gesta.v9i2.43743.Disponível em:<https://doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43743>. Acesso em: 1 dez. 2025

MELO, R. G. S.; MELO, V. M. M.; SILVA, A. C. S.; FIGUEIREDO, M. B. M. C. Reatores com membranas aplicados ao tratamento de esgotos sanitários: uma revisão. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 365–380, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2137>.

MESQUITA, T. C. Rosa, A. P. GOMES, U.A.P. BORGES, A. C. Gestão descentralizada de soluções de esgotamento sanitário no Brasil: aspectos conceituais, normativos e alternativas tecnológicas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 56, 26 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/dma.v56i0.72908>. Acesso em: 31 ago. 2025.

MOTA, S. **REÚSO DE ÁGUAS NO BRASIL: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS**. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 15, n. 2, p. 666, 6 ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79185>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MOURA, A. G. M.; BRAUNA, C. H. da C; PIRES, D. P. *Proposta de Tratamento de Esgoto com remoção adicional de nitrogênio como alternativa à ETE Leste em Teresina – PI. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 8, n. 2, p. e79695, 15 maio 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv8n2-037>. Acesso em: 31 ago. 2025.

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, dez. 2020. DOI: 10.1590/s1413-4152202020180201. Acesso em: 30 ago. 2025.

NECZAJ, E; GROSSER, A. **Circular Economy in Wastewater Treatment Plant–Challenges and Barriers. Proceedings**, v. 2, n. 11, p. 614, 31 jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/proceedings2110614>. Acesso em: 30 ago. 2025.

OLIVEIRA, D. V. M.; VOLSCHAN, I.; PIVELI, R. Passos. Avaliação comparativa entre custos dos processos MBBR/IFAS e lodo ativado para o tratamento de esgoto sanitário. **Revista Dae**, [s.l.], v. 61, n. 193, p.46-55, 2013. Editora Cubo Multimidia. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.110>.

OLIVEIRA, M. K. de; F., L. M. S.; FONSECA, M. N. . Potencialidade Da Adoção De Sistemas De Reuso De Águas De Estações De Tratamento De Esgoto. **Contribuciones A Las Ciencias Sociales**, [S.L.], p. 210-224, 26 jan. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.51896/ccs/fmif4603>.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; von SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 347-357, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522005000400011>.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. 2. ed. São Paulo, SP: Fundo Editorial da AESABESP, 1997. 232 p.

PAULO, P. L.; VIEIRA, J.; TAKAHASHI, K. M.; MAGALHÃES, F. J. C; SILVA, J. B. da; B., Note 4 - Reuse water: grey water treated in constructed wetlands. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 43-58, 2022. Zeppelini Editorial e Comunicação. <http://dx.doi.org/10.5327/276455760203004>.

PIRAJUBA (Município); COPASA MG. **Acordo de cooperação técnica e científica que celebram entre si o Município de Pirajuba e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG, para estudo dos efeitos da utilização na agricultura do lodo e água para reúso, oriundos da ETE Pirajuba**. Belo Horizonte: COPASA MG, 2024. 9 p.

PEIXOTO, F. da S.; SOARES, J. A.; RIBEIRO, V. S. Conflitos pela água no Brasil. **Sociedade & Natureza**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 1-13, 23 dez. 2021. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v34-2022-59410>.

PEREIRA, V. R; RODRIGUEZ, D. A; COUTINHO, S. M. V; SANTOS, D. V.; MARENGO, J. A. **Adaptation opportunities for water security in Brazil**.

Sustentabilidade em Debate, v. 11, n. 3, p. 91–121, 31 dez. 2020. DOI: 10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858>. Acesso em: 30 ago. 2025.

RIETOW, J. C. *I. Consolidação da tecnologia de reatores UASB no estado do Paraná para o tratamento de esgotos sanitários. Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 28, n. 1, p. 1-12, abr. 2023. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220220298>.

SANTOS, A. S. P.; GONÇALVES, R. F.; MELO, M. M.; LIMA, M. A. M.; ARAUJO, . Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reuso no Brasil. *Revista Sustinere*, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 437-462, 15 dez. 2020. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>.

SANTOS, A. B. dos; MOTA, C. R.. Non-potable water reuse: legal aspects, urban and agricultural use, and emerging technologies for the production of water for reuse technical note interest topics. *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 5-14, 2022. Zeppelini Editorial e Comunicação. <http://dx.doi.org/10.5327/276455760203001>.

SANTOS, A. S. P.; Lima, M. A. M.; SOARES, S. R. A (2025). **Diretrizes para o reúso de água no Brasil. Instuto Reúso de Água**, Braga / Portugal – Rio de Janeiro / Brasil.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. de M.; SILVA JUNIOR, L. C. S. da; AVELAR, P. da S.; ARAUJO, B. M. de; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01 – terminologia e conceitos de base. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 9, n. 2, p. 1–17, 15 set. 2021. DOI: 10.9771/gesta.v9i2.43709. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43709>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SANTOS, A. S. P.; GONÇALVES, R. F.; MELO, M. C. de; LIMA, M. A. de M.; ARAÚJO, B. M. de. Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reuso no Brasil. *Revista Sustinere*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 437–462, jul./dez. 2020. DOI: 10.12957/sustinere.2020.48976. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>. Acesso em: 30 ago. 2025

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. de M. Technical Note 2 - Legal aspects of water reuse serving as a guideline for institutionalizing this practice in Brazil. *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 15-27, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/276455760203002>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SANTOS, J. S; UTSUMI, A. G; SANTOS, C. E. D. dos. Potencial de utilização de água de reúso em Polo Nacional de Agricultura Irrigada. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 03, p. 1175-1185, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1175-1185>.

TONETTI, A. L; CERQUEIRA, R. S; CORAUCCI FILHO, B; von SPERLING, M; Figueiredo, R. F. Tratamento de esgotos de pequenas comunidades pelo método do escoamento superficial no solo. *Teoria e Prática Na Engenharia Civil*, Rio Grande - Rs, n., p.69-79, maio 2009.

TZANAKAKIS, V. A.; CAPODAGLIO, Andrea G.; ANGELAKIS, Andreas N. Insights into Global Water Reuse Opportunities. ***Sustainability***, v. 15, n. 17, p. 13007, 29 ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151713007>. Acesso em: 30 ago. 2025.

von SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IWA Publishing; Belo Horizonte: UFMG, 2018.

ZERBINI, A. M. **Identificação e análise de viabilidade de ovos viáveis de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituído de reatores UASB e rampas de escoamento superficial**. 2000. 150 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ANEXO 1 – LEITURA MACROMEDIÇÃO DE VAZÃO

DEPARTAMENTO : UNOE		DISTRITO: GRFL	CIDADE: PIRAJUBA		LOCAL DA MACROMEDIÇÃO: EEE Final	
MEDIDOR - NÚMERO DO EQUIPAMENTO NO SAP			ETE Pirajuba			
ÚLTIMA LEITURA MÊS ANTERIOR (m³): 1659305			HORÁRIO DAS LEITURAS: Medição		DIÂMETRO: (mm) 250MM	
			08:00		1º	
					2º	
Mês		LEITURA DE FLUXO (m³)	VOLUME MÉDIO MENSAL DURANTE O PERÍODO (8:00 ÀS 18:00H) (m³)	VOLUME MÉDIO DIÁRIO DURANTE O PERÍODO (8:00 ÀS 18:00H) (m³)	OCORRÊNCIAS	RESPONSÁVEL MATRÍCULA
Dezembro/2024		1.671.178	10.819	349		18416
Janeiro/2025		1.681.501	10.323	333		27869
Fevereiro/2025		1.691.607	10.106	326		27869
Março/2025		1.701.837	10.230	330		27869
Abril/2025		1.711.943	10.106	326		27869
Maio/2025		1.721.925	9.982	322		27869
Junho/2025		1.732.062	10.137	327		18416
MÍNIMO		MÁXIMO	MÉDIO	digite Vol.:		
322		349	330	2.313		
ELABORADO POR: Carlos Breno/26845			OBSERVAÇÕES		DATA: Dez/2024	
ABREVIATURA PARA OCORRÊNCIAS:						
LOH...h = Leitura em outro horário			RT = Rompimento de Tubulação			
SP...h = Sistema paralizado porhoras			L +1 UB = Ligada Mais de uma unid. de bombas.			
VR... mm + ...h = Vazamente de rede (DN) por mais de (x:xx).h			OO = Outras Ocorrências			
LI = Leitura Impossível			VA = Visor Avariado			
			MP = Medidor Parado			

ANEXO 2 – TABELA MONITORAMENTO AMBIENTAL (2022 A 2024)

TABELA MONITORAMENTO AMBIENTAL ETE PIRAJUBA							
PARÂMETROS	UNIDADE	BIMESTRE					
DBO afluente	mg/l	jan/22	mar/22	mai/22	jul/22	set/22	nov/22
		657	343	661	580	670	661
		jan/23	mar/23	mai/23	jul/23	set/23	nov/23
		738	536	357	653	568	602
		jan/24	mar/24	mai/24	jul/24	set/24	nov/24
DBO efluente	mg/l	jan/22	mar/22	mai/22	jul/22	set/22	nov/22
		44	18	35	37,2	53	44
		jan/23	mar/23	mai/23	jul/23	set/23	nov/23
		84	31	18	38	139	27,5
		jan/24	mar/24	mai/24	jul/24	set/24	nov/24
<i>Escherichia coli</i> efluente	NMP/100 mL	jan/22	mar/22	mai/22	jul/22	set/22	nov/22
		3,72E+05	8,12E+03	4,80E+04	1,20E+04	4,35E+05	2,57E+05
		jan/23	mar/23	mai/23	jul/23	set/23	nov/23
		3,77E+05	2,77E+05	3,00E+04	1,29E+07	1,68E+06	3,07E+05
		jan/24	mar/24	mai/24	jul/24	set/24	nov/24
pH efluente	-	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22
		7,3	7,27	7,62	7,5	7,34	7,6
		jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
		7,61	7,38	7,42	7,56	7,37	7,58
		jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23
		7,55	7,65	7,55	7,45	6,9	7,45
		jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23
		6,95	7,58	7,77	7,68	7,79	7,9
		jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24
		7,6	7,5	8	8,4	7,5	8
Ovos Viáveis de Helmintos	Ovo/L	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24
		<1	<1	<1	<1	<1	<1
		mai/24	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24
		<1	<1	<1	<1	<1	<1
		nov/24	dez/24				

Fonte: Copasa (2025)

ANEXO 3 – RESULTADO DAS ANÁLISES LABORATORIAIS EFLUENTE RAMPAS EM SÉRIE



Relatório de Análises 28452/2025.0.A

Proposta Comercial: PC247/2025.1



Data de Publicação: 25/05/2025 16:15

Identificação Conta						
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG				CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03		
Contato: Carlos Breno				Telefone: (31) 3250-1194		
Endereço: R. MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil						
Nº Amostra: 28452-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso						
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente						
Data Coleta: 19/05/2025 12:27				Data Recebimento: 20/05/2025 10:00		
Chuva na coleta: Não				Chuva nas últimas 24h: Não		
Tempo: Céu Limpo				Temperatura Ambiente: 28°C		
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem						
Resultados Analíticos						
Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	6,2 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	21/05/2025
Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	7,86	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500 H+	20/05/2025
Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Visíveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPA625 / R-92/013 .2003	20/05/2025
Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	76,4900 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	27/05/2025
Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	1043,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	23/05/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	8:30	Sedimentação - término	8:40
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília




Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: cf765961d3b0412f9639825f3867643d

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mvimsweb.com.

Data de Publicação: 28/05/2025 16:15

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 28452-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 19/05/2025 12:27	Data Recebimento: 20/05/2025 10:00
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	9,4270	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	27/05/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	



Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270



Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: cf765961d3b0412f9639825f3867643d

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 03/09/2025 11:27

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 28913-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 20/05/2025 11:50	Data Recebimento: 23/05/2025 15:10
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 26°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	5,9 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	26/05/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	7,86	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	26/05/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	23/05/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	73,8300 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	26/05/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	944,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	26/05/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	14:30	Sedimentação - término	14:40
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília




Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 7f2b2193df2746eaa3c973e5ce59041d

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 03/09/2025 11:27

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 28913-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 20/05/2025 11:50	Data Recebimento: 23/05/2025 15:10
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 26°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	9,9027	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	26/05/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 7f2b2193df2746eaa3c973e5ce59041d

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 05/05/2025 16:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 29506-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 22/05/2025 13:30	Data Recebimento: 27/05/2025 11:20
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	4,4 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	28/05/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	8,1	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	22/05/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	27/05/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	87,8300 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	03/05/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	894,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	28/05/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	16:00	Sedimentação - término	16:10
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim		
Distribuição homogênea			
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	10		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichiura	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília




Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 4e37f2b89668499b90de8291820d9e96

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 05/06/2025 16:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 29506-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 22/05/2025 13:30	Data Recebimento: 27/05/2025 11:20
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	11,8881	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	03/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 4e37f2b89668499b90de8291820d9e96

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 05/09/2025 16:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 29507-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA

Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 21/05/2025 11:30	Data Recebimento: 27/05/2025 11:20
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 26°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	4,5 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	28/05/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	7,92	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	21/05/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	27/05/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	85,8800 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	03/05/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	789,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	28/05/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	15:10	Sedimentação - término	15:20
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília




Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: b220ee54d0374510a70c414a10213051

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 05/09/2025 16:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 29507-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso - ETE PIRAJUBA	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 21/05/2025 11:30	Data Recebimento: 27/05/2025 11:20
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 26°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	8,7862	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	03/06/2025

Notas
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília


Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: b220ee54d0374510a70c414a10213051

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 30182-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 27/05/2025 13:00	Data Recebimento: 30/05/2025 09:48
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	9,1 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	02/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	7,9	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	27/05/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	30/05/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	161,5000 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 - Rev 4,4	02/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	1124,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	06/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	13:50	Sedimentação - término	14:00
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	10		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbrí-coides	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - Acesse a página: <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - Clique na opção: "Validar documento"

3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - Clique em download

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 4d8c6cf31d10486fa5690662085329bc

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mvimsweb.com.

Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 30182-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 27/05/2025 13:00	Data Recebimento: 30/05/2025 09:48
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	5,3982	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	02/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 4d8c6cf31d10486fa5690662085329bc

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 30223-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 28/05/2025 10:35	Data Recebimento: 30/05/2025 14:52
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Nublado	Temperatura Ambiente: 21°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	9,1 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	02/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	8,1	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	28/05/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	30/05/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	148,1000 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	02/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	727,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	03/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	14:00	Sedimentação - término	14:10
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	11		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbrí-coides	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - Acesse a página: <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - Clique na opção: "Validar documento"

3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - Clique em download

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 96ca17aeada64390b72e96eb4b0ec8fc

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 30223-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 28/05/2025 10:35	Data Recebimento: 30/05/2025 14:52
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Nublado	Temperatura Ambiente: 21°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	9,0126	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	02/06/2025

Notas

NA: Não Aplicável.
 LQ: Limite de Quantificação.
 LD: Limite de Detecção.
 ND: Não Detectado.
 SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

- 1º - Acesse a página: <https://portal.mylmsweb.com/Login>
- 2º - Clique na opção: "Validar documento"
- 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório
- 4º - Clique em download

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 96ca17aeada64390b72e96eb4b0ec8fc

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 31374-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 02/06/2025 13:10	Data Recebimento: 04/06/2025 16:54
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	5,9 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	05/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	nao informado	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	04/06/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPA625 / R-92/013 :2003	05/06/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	75,2300 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	09/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	1022,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	06/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	15:00	Sedimentação - término	15:10
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichiura	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - Acesse a página: <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - Clique na opção: "Validar documento"

3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - Clique em download

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 91f1239543c84cfa8a884c8c7ecddec

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 09/09/2025 17:04

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 31374-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 02/06/2025 13:10	Data Recebimento: 04/06/2025 16:54
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 28°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	7,6963	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	09/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 91f1239543c84cfa8a884c8c7ecddec

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 13/09/2025 16:24

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 31650-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 03/06/2025 13:30	Data Recebimento: 06/06/2025 13:51
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: Não informado°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	9,1 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	09/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	nao informado	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	03/06/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EP A625 / R-92/013 :2003	06/06/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	68,7700 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	09/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	902,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	09/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	13:00	Sedimentação - término	13:10
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 356eab44bdc0433e88ae2a2f94a8a50b

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 13/06/2025 16:24

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 31650-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 03/06/2025 13:30	Data Recebimento: 06/06/2025 13:51
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: Não informado°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	4,0187	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	09/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 356eab44bdc0433e88ae2a2f94a8a50b

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 18/09/2025 12:46

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33018-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 04/06/2025 13:00	Data Recebimento: 12/06/2025 13:48
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Não informado	Temperatura Ambiente: 24°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	1,1 x 10 ⁴ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	12/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	7,5	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	13/06/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EP A625 / R-92/013 :2003	12/06/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	71,0200 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	12/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	917,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	13/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	9:10	Sedimentação - término	9:20
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	12		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbricoide	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichiura	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

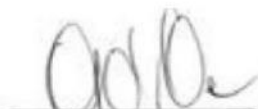
1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília


Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270
Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico**Chave de Validação:** 49a528fd092e450d9f578fe4c225cc28A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mvimsweb.com.

Data de Publicação: 18/09/2025 12:46

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33018-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 04/06/2025 13:00	Data Recebimento: 12/06/2025 13:48
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Não informado	Temperatura Ambiente: 24°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	3,7613	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	12/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 49a528fd092e450d9f578fe4c225cc28

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 17/09/2025 17:12

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33019-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 10/06/2025 13:20	Data Recebimento: 12/06/2025 13:48
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Não informado	Temperatura Ambiente: 22°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	7,5 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	12/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	8,1	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	13/06/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	12/06/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	77,1800 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	12/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	1006,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	13/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	9:00	Sedimentação - término	9:10
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	11		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbrí-coides	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - **Acesse a página:** <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - **Clique na opção:** "Validar documento"

3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - **Clique em download**

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 09a53ff1afdc433780d8efe9389158cd

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

Data de Publicação: 17/09/2025 17:12

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33019-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 10/06/2025 13:20	Data Recebimento: 12/06/2025 13:48
Chuva na coleta: Não informado	Chuva nas últimas 24h: Não informado
Tempo: Não informado	Temperatura Ambiente: 22°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	4,0944	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	12/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 09a53ff1afdc433780d8efe9389158cd

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylmsweb.com.



Data de Publicação: 18/09/2025 16:20

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33316-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 12/06/2025 13:32	Data Recebimento: 13/06/2025 11:06
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 22°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Bacteriologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Escherichia coli	8,5 x 10 ³ NMP/100 mL	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 9233 B	13/06/2025

Coletas						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	8,1	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	13/06/2025

Hidrobiologia						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1 ovo/L	1	-	-	EPH625 / R-92/013 :2003	14/06/2025

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Sódio	79,4000 mg/L	0,0800	0,0267	0,001	USEPA Method 200.7 – Rev 4,4	14/06/2025

Potenciometria						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Condutividade	1080,00 µS/cm	0,10	-	0,03	SMWW, 24ª Edição - 2510B	16/06/2025

Caderno Eletrônico - Determinação de Helmintos - Ovos Viáveis pela Técnica de Baillenger Modificado

Procedimento	POP MB 038	Número de organismos	0
Sedimentação - início	9:20	Sedimentação - término	9:30
Erro de contagem (%)	N/A	Viáveis ou não viáveis	Não viáveis
Controles			
Ausência de bolhas	Sim	Boa sedimentação	Sim
Distribuição homogênea	Sim		
Cálculo - Número de ovos/Litro			
Volume final (mL)	14		
Volume da amostra na câmara (mL)	1		
Volume inicial da amostra (mL)	1000		
Ovos de helmintos e de cistos de protozoários			
Gênero/Espécie	Quantidade de Ovos encontrados	Quantidade de Ovos Viáveis	
Schistosoma mansoni	0	0	
Taenia sp	0	0	
Hymenolepis nana	0	0	
Ascaris lumbrí-coides	0	0	
Ovo normal	0	0	
Ovo decorticado	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Ovo fértil	0	0	
Ancylostomidae	0	0	
Ovos com massa de células	0	0	
Início de formação da larva	0	0	
Ovo larvado	0	0	
Trichuris trichuria	0	0	
Enterobius vermicularis	0	0	
Cisto de Entamoeba coli	0	0	
Cisto de E. histolytica	0	0	
Cisto de Giardia lamblia	0	0	

Notas

NA: Não Aplicável.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção.

ND: Não Detectado.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mililitros

Informações gerais:

- Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
- Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
- Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
- Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
- Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:

- O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:

A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:

1º - Acesse a página: <https://portal.mylmsweb.com/Login>

2º - Clique na opção: "Validar documento"

3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório

4º - Clique em download

Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília



Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 33e80dae294a4d0590da79a4e386c135

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mvimsweb.com.

Data de Publicação: 18/09/2025 16:20

Identificação Conta	
Cliente: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS COPASA MG	CNPJ/CPF: 17.281.106/0001-03
Contato: Carlos Breno	Telefone: (31) 3250-1194
Endereço: R MAR DE ESPANHA,525 - SANTO ANTONIO - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30330-270 - Brasil	

Nº Amostra: 33316-1/2025.0 - Anexo VII - Água para Reúso	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 12/06/2025 13:32	Data Recebimento: 13/06/2025 11:06
Chuva na coleta: Não	Chuva nas últimas 24h: Não
Tempo: Céu Limpo	Temperatura Ambiente: 22°C
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Metais						
Análise	Resultado	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	7,0554	0,1000	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	14/06/2025

Notas	
NA: Não Aplicável. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção. ND: Não Detectado. SMMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Informações gerais: - Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada. - Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade. - Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras. - Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda. - Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados. Local e data de realização das análises: - O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão à disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio. Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378 Regra de decisão: A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório. Instruções para a verificação de autenticidade de documentos: 1º - Acesse a página: https://portal.mylmsweb.com/Login 2º - Clique na opção: "Validar documento" 3º - Preencha o campo: Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório 4º - Clique em download Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediatamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasília	


Gabriele Scappini
 CREA 5062852108
 CRQ 04453270


Márcio Alves de Mello
 CRQ: 004208417
 Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: 33e80dae294a4d0590da79a4e386c135

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylinsweb.com.

