

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus
Urutaí**

Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

**Diagnóstico do Sistema de abastecimento de
água do Instituto Federal Goiano – Campus
Urutaí**

EDER FLAVIO VITOR CAIXETA

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Urutaí, Março de 2026





Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenadora

Profa. Dra. Débora Astoni Moreira

Urutaí, Março de 2026

EDER FLAVIO VITOR CAIXETA

**Diagnóstico do Sistema de abastecimento de
água do Instituto Federal Goiano – Campus
Urutaí**

Orientador

Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

URUTAÍ (GO)

2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

C138d Caixeta, Eder Flávio Vitor
Diagnóstico do Sistema de abastecimento de água do Instituto
Federal Goiano – Campus Urutaí / Eder Flávio Vitor Caixeta.
Urutaí 2026.

49f. il.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0133094 - Mestrado Profissional em Conservação de Recursos
Naturais do Cerrado (Campus Urutaí).

1. Abastecimento de água. 2. Cerrado. 3. Córrego Palmital. 4.
Gestão de recursos hídricos. 5. Eficiência da ETA. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 **EDER FLAVIO VITOR CAIXETA**
Data: 22/04/2026 10:03:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

 **JOSE ANTONIO RODRIGUES DE SOUZA**
Data: 22/04/2026 10:23:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 28/2026 - REPG-URT/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MESTRADO

Aos trinta e um dias de março do ano de dois mil e vinte e seis às quatorze horas, reuniram-se os membros da banca examinadora em sessão pública realizada virtualmente para proceder à avaliação da defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de mestrado profissional, de autoria de **Eder Flavio Vitor Caixeta**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado: **Diagnóstico do Sistema de abastecimento de água do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí: Propostas de Otimização da Gestão de Recursos Hídricos**. A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, Prof. Dr. **José Antônio Rodrigues de Souza (Orientador)**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor para, em até 40 minutos, proceder à apresentação de seu Trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o candidato, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação e parecer pela banca. Tendo-se em vista o Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, o Trabalho de Conclusão de Curso foi **APROVADO**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, na área de concentração em **Ciências Ambientais**. A banca sugeriu um novo título "**Diagnóstico do Sistema de abastecimento de água do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí**". A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do comprovante de depósito da versão definitiva do Trabalho de Conclusão de Curso, com as devidas correções apontadas pela banca e orientador, junto ao Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades, a presidência da banca avaliadora encerrou a sessão de defesa e, para constar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza (Orientador)	IF Goiano	Orientador/Presidente
Prof ^a . Dra Débora Astoni Moreira	IF Goiano	Membra interna
Dr ^a . Ellen Lemes Silva	Bolsista FAPEG	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Antonio Rodrigues de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/04/2026 10:05:49.
- **Debora Astoni Moreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/04/2026 10:08:23.
- **Ellen Lemes Silva, 049.312.591-46 - Usuário Externo**, em 16/04/2026 10:29:39.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/04/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 809490

Código de Autenticação: 22111d8471



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900

“O que fazemos à natureza,
fazemos a nós mesmos.”
(Mahatma Gandhi)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela saúde, força e discernimento concedidos ao longo de toda a trajetória deste mestrado, especialmente nos momentos de maior cansaço e desafios, permitindo a superação das dificuldades e a continuidade do trabalho.

Ao Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza, em especial, meu orientador, pela condução segura, pelas contribuições técnicas, pela paciência e pelo apoio durante todo o desenvolvimento da pesquisa e do produto técnico, fundamentais para a consolidação deste trabalho.

À Profa. Dra. Débora Astoni Moreira, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado (PPG CRENAC), pelo suporte institucional, pela atenção às demandas acadêmicas e pela condução do programa, contribuindo para a estrutura e o funcionamento adequados do curso.

À Dra. Ellen Lemes Silva, pelo apoio essencial nas análises laboratoriais, pela disponibilidade, orientação técnica e colaboração direta na execução das atividades práticas, que foram determinantes para a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

A todos da Gerência de Gestão de Pessoas, setor em que trabalho no IF Goiano Campus Urutaí, pelo apoio institucional, pela compreensão nos períodos de maior demanda acadêmica e pela colaboração que possibilitou a conciliação entre as atividades profissionais e o desenvolvimento desta pesquisa.

À minha família, em especial meus pais, pelo apoio incondicional, pela paciência e pelo incentivo constante ao longo de todo o processo de formação.

Ao Felipe, meu filho, fonte diária de motivação, inspiração e força para seguir em frente, mesmo diante dos desafios, sendo parte fundamental dessa conquista.

Por fim, registro meu agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão desta etapa de formação acadêmica e profissional.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
LISTA DE FIGURAS.....	14
LISTA DE TABELAS.....	15
RESUMO.....	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contextualização	14
1.2. Caracterização Institucional	15
1.3. Situação da ETA do Campus.....	16
1.4. Justificativa.....	17
1.5. Objetivos	18
1.6. Escopo do Relatório	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. Qualidade da Água e Potabilidade.....	19
2.2. Legislação Aplicável	20
2.3. Etapas do Tratamento de Água.....	21
2.4. Deficiências Comuns em ETAs.....	22
2.5. Gestão Sustentável de Recursos Hídricos no Cerrado.....	22
2.6. Tecnologias Emergentes em Tratamento de Água	23
3. METODOLOGIA	23
3.1. Caracterização dos Locais de coleta/amostragem	25
3.2. Diagnóstico Metodológico	26
3.3. Planejamento da Amostragem e Definição dos Pontos de Coleta	26
3.4. Periodicidade das Coletas e Condições Climáticas	28
3.5. Procedimentos de Coleta, Preservação e Transporte de Amostras	28
3.6. Parâmetros Avaliados.....	28
3.7. Procedimentos Analíticos Laboratoriais.....	29
3.8. Avaliação da Eficiência da ETA	29
3.9. Análise e Interpretação dos Dados	30
3.10. Normas e Legislação Utilizada no Enquadramento.....	31
3.11. Responsáveis Técnicos.....	31
4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO	31
4.1. Título do Projeto Técnico	31
4.2. Sumário Executivo	31
4.3. Apresentação	32
4.4. Produto Técnico Proposto	33
5. RESULTADOS	34
5.1. Caracterização da Água Bruta do Córrego Palmital	34
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO	41
6.1. Características da água bruta e implicações para o tratamento	41
6.2. Desempenho da Estação de Tratamento de Água.....	42

6.3. Qualidade da água na rede de distribuição e riscos sanitários	42
6.4. Fatores afetam a Eficiência do Sistema	43
6.5. Implicações para a gestão da água no campus e para a conservação de recursos hídricos no Cerrado 44	
7. RECOMENDAÇÕES	45
7.1. Ações de curto prazo (até 1 ano).....	45
7.2. Ações de médio prazo (1 a 3 anos)	46
7.3. Ações de longo prazo (acima de 3 anos).....	47
8. CONCLUSÕES	48
9. REFERÊNCIAS.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- APHA – American Public Health Association
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DBO₅²⁰ – Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- E. coli – Escherichia coli
- IQA – Índice de Qualidade da Água
- IF Goiano – Instituto Federal Goiano
- NBR – Norma Brasileira Regulamentada
- NTU – Nephelometric Turbidity Units (Unidade Nefelométrica de Turbidez)
- OD – Oxigênio Dissolvido
- ONU – Organização das Nações Unidas
- pH – Potencial Hidrogeniônico
- RTC – Relatório Técnico Conclusivo
- ST – Sólidos Totais
- STD – Sólidos Totais Dissolvidos
- UV – Ultravioleta
- VIGIAGUA – Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água
- VMP – Valor Máximo Permitido
- GM/MS – Gabinete do Ministro / Ministério da Saúde

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do tratamento de água na Estação de Tratamento de Água (ETA) do IF Goiano – Campus Urutaí.	21
Figura 2- Mapa de localização dos pontos de coleta de água no sistema de abastecimento do IF Goiano – Campus Urutaí.	24
Figura 3 - Dados gerais da Estação de Tratamento de Água (ETA) e do sistema de abastecimento do IF Goiano.	25
Figura 4 - Pontos de coleta da água das amostras	27
Figura 5 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados.....	29
Figura 6 - Plano de ações corretivas prioritárias	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da água bruta do manancial (Córrego Palmital)	35
Tabela 2 - Qualidade da água tratada na rede de distribuição	37
Tabela 3 - Presença de Escherichia coli nos pontos de amostragem de água tratada.....	37
Tabela 4 - Eficiência da ETA na remoção de contaminantes.....	38
Tabela 5 - Conformidade da água tratada com a Portaria GM/MS nº 888/2021.....	38

RESUMO

Este estudo apresenta o diagnóstico técnico-operacional do sistema de abastecimento de água do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, cujo manancial é o Córrego Palmital e o tratamento é realizado em Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional. O objetivo foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água bruta, tratada e distribuída, assim como a eficiência operacional da ETA, com base nos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. As amostras foram coletadas em dois períodos sazonais (estiagem e chuvoso), nos pontos de captação, saída da ETA, reservatórios e bebedouros do campus. Os resultados indicaram elevada eficiência na remoção de turbidez (>95%) e desempenho satisfatório das etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração. Entretanto, foram observadas não conformidades quanto ao cloro residual livre na rede de distribuição, com ocorrências pontuais de coliformes em pontos de consumo, sugerindo possível recontaminação. O sistema foi classificado como tecnicamente funcional, porém operando próximo ao limite de segurança sanitária, demandando melhorias operacionais, estruturais e de monitoramento. As recomendações propostas visam aprimorar o controle da qualidade da água, reduzir riscos à saúde pública e fortalecer a gestão sustentável dos recursos hídricos no campus.

Palavras-chave: Abastecimento de água; Cerrado; Córrego Palmital; Gestão de recursos hídricos; Qualidade da água.

ABSTRACT

This study presents a technical and operational diagnosis of the water supply system of the Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, supplied by the Palmital Stream and treated in a conventional Water Treatment Plant (WTP). The objective was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of raw, treated, and distributed water, as well as the operational efficiency of the WTP, based on Brazilian drinking water standards (GM/MS Ordinance No. 888/2021). Samples were collected during the dry and rainy seasons at the intake point, WTP outlet, reservoirs, and drinking fountains on campus. The results showed high turbidity removal efficiency (>95%) and satisfactory performance of the coagulation, flocculation, sedimentation, and filtration processes. However, non-compliance was observed regarding free residual chlorine in the distribution network, with occasional detection of coliforms at consumption points, indicating possible recontamination. The system was classified as technically functional but operating close to sanitary safety limits, requiring operational, structural, and monitoring improvements. The proposed recommendations aim to improve water quality control, reduce public health risks, and strengthen sustainable water resources management on campus.

Keywords: Water supply; Cerrado; Palmital Stream; WTP efficiency; Water resources management; Water quality.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida, ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento das atividades humanas. Além de sua importância biológica, a água possui papel estratégico no desenvolvimento social e econômico, sendo reconhecida como bem de uso comum, e sua gestão sustentável constitui um dos maiores desafios globais do século XXI, especialmente diante do aumento populacional, da urbanização e das mudanças climáticas que têm impactado diretamente a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos (SOUZA FILHO et al., 2025).

O acesso à água potável e segura é um direito humano fundamental, nesse sentido, a garantia desse direito depende da adoção de políticas públicas eficientes, capazes de assegurar não apenas o acesso, mas, também, a qualidade da água distribuída à população. No Brasil o marco regulatório que orienta o controle da qualidade da água é consolidado e baseado em parâmetros técnicos e sanitários rigorosos, os quais visam proteger a saúde pública e minimizar riscos ambientais (SANTOS et al., 2024).

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e define os padrões de potabilidade obrigatórios em todo território nacional (BRASIL, 2021). Complementarmente, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, fixando condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Essas normativas formam a base legal para a avaliação da qualidade das águas superficiais e tratadas no país, servindo como referência para ações de monitoramento e gestão ambiental.

O Cerrado é denominado ‘caixa d’água do Brasil’, em razão de sua importância hidrológica, pois abriga as nascentes das principais bacias hidrográficas nacionais, como as do São Francisco, Tocantins-Araguaia e Paraná (LIMA; SILVA, 2021). No entanto, a intensificação das atividades agropecuárias, a supressão da vegetação nativa e o uso inadequado do solo vêm comprometendo a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos (FERREIRA; SANTOS; MORAES, 2020). Assim, estudos sobre a qualidade da água e a eficiência de sistemas de tratamento nesse bioma são fundamentais para o desenvolvimento de práticas de gestão sustentável dos recursos naturais.

Em Goiás, região central do Cerrado, a disponibilidade hídrica e sua qualidade são temas recorrentes na agenda de gestão ambiental. De acordo com Panarelli et al. (2025, p.187), a riqueza hídrica do Cerrado precisa ser levada em consideração, demandando ações contínuas de proteção e, quando necessário, de recuperação dos recursos hídricos:

Ações para recuperação e proteção dos recursos hídricos devem ser pensadas na escala da bacia hidrográfica, considerando a hierarquia e interdependências dos cursos d'água. Assim, a bacia hidrográfica é considerada como unidade de gestão dos recursos hídricos e unidade de planejamento ambiental em diversas regiões do mundo (PANARELLI et al., 2025, p.187).

O uso múltiplo da água para abastecimento urbano, irrigação e pecuária demanda controle rigoroso e tecnologias adequadas de tratamento e utilização dessa água. Nesse contexto, as instituições públicas de ensino e pesquisa desempenham papel estratégico, tanto pela sua responsabilidade social quanto por seu potencial de produção de conhecimento aplicado. O Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí insere-se nesse cenário, ao necessitar garantir água potável à sua comunidade acadêmica e, simultaneamente, atuar como referência em práticas sustentáveis e em gestão responsável dos recursos hídricos.

1.2. Caracterização Institucional

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí (IF Goiano) localiza-se no município de Urutaí, estado de Goiás, inserido no domínio do Cerrado goiano. Criado em 1953, como Escola Agrícola de Urutaí, passou a autarquia federal em 1993, passando a se chamar Escola Agrotécnica Federal de Urutaí, passou por transformações, se tornando Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET em 2002 e se transformou em 2008 no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como conhecemos hoje. O campus possui tradição na formação técnica e científica voltada para o uso sustentável dos recursos naturais, sendo referência em ensino, pesquisa e extensão nas áreas agrícola e ambiental.

A comunidade acadêmica do campus é composta por aproximadamente 1.800 pessoas durante os dias letivos, entre estudantes, professores e técnicos administrativos, além de cerca de 350 pessoas aos finais de semana, entre alunos internos e funcionários de serviços essenciais. O abastecimento de água é realizado por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) própria, que utiliza como manancial o Córrego Palmital, curso d'água que integra a microbacia local e desempenha papel essencial no suprimento hídrico da região.

A garantia de água de qualidade é fundamental em um ambiente educacional, tanto pela preservação da saúde pública quanto pela responsabilidade institucional de promover práticas

sustentáveis. A confiabilidade do sistema de abastecimento é também requisito para assegurar condições adequadas de pesquisa e ensino, principalmente considerando que o IF Goiano atua na área de Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, em cujo contexto a água é um dos bens naturais mais estratégicos.

1.3. Situação da ETA do Campus

A Estação de Tratamento de Água (ETA) do IF Goiano foi implantada em 1986 e, desde então, não passou por modernizações estruturais importantes. O sistema opera por meio de processos convencionais de tratamento, incluindo captação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, com capacidade nominal de aproximadamente 300 m³/dia. Embora esse volume seja suficiente para atender à demanda média diária do campus, a infraestrutura apresenta sinais de defasagem tecnológica, com baixa automação, ausência de sensores de monitoramento contínuo e dependência de procedimentos manuais.

O manancial de captação, o Córrego Palmital, apresenta características sazonais típicas do Cerrado, com variações de vazão e de qualidade da água entre os períodos de estiagem e chuvoso. A ausência de automação no controle operacional da ETA dificulta ajustes rápidos frente a essas variações, o que compromete a eficiência das etapas de tratamento. Além disso, observou-se ineficiências na decantação e filtração, dosagem manual de cloro e sulfato de alumínio, limpeza de tanques/caixas e falta de manutenção preventiva estruturada.

As principais deficiências observadas incluem uma estrutura física antiga e parcialmente deteriorada, ausência de planejamento de limpeza dos tanques para remoção do lodo, ausência de automação na dosagem de coagulantes e cloro, ausência de manutenção da estrutura física do tratamento, e inexistência de programa contínuo de monitoramento da qualidade da água. Essas condições indicam a necessidade urgente de avaliação técnica detalhada, visando mensurar a eficiência operacional da estação e propor melhorias estruturais e tecnológicas compatíveis com as exigências legais e os princípios da sustentabilidade.

Assim, para otimizar a eficiência operacional de estações de tratamentos de água, as melhorias devem priorizar a recuperação de recursos, a automação inteligente dos processos operacionais e a redução da geração de resíduos, contribuindo para maior eficiência do sistema e para a conformidade com os princípios de sustentabilidade e gestão adequada dos recursos hídricos.

Resumindo, a ETA implantada em 1986 ainda é funcional, mas apresenta defasagem tecnológica e estrutural. A dosagem manual de produtos químicos, associada à ausência de sensores de monitoramento contínuo, dificulta o ajuste do tratamento às variações sazonais da qualidade da água, especialmente no período chuvoso.

1.4. Justificativa

A realização deste estudo justifica-se pela relevância da água como elemento essencial à saúde pública, ao funcionamento das atividades institucionais e à conservação ambiental. A qualidade da água destinada ao consumo humano deve ser permanentemente monitorada, uma vez que falhas nos processos de tratamento ou distribuição podem representar riscos diretos à saúde da população atendida, além de comprometer a eficiência do uso dos recursos hídricos.

No caso do IF Goiano, a ETA apresenta características típicas de sistemas implantados há várias décadas, com infraestrutura antiga, baixa automação e forte dependência de procedimentos manuais. Durante as visitas técnicas e atividades de campo realizadas ao longo do estudo, foi possível observar limitações operacionais, ausência de monitoramento contínuo e sinais de desgaste estrutural, fatores que podem interferir diretamente na eficiência do tratamento e na manutenção dos padrões de potabilidade, sobretudo em períodos de maior variabilidade da qualidade da água bruta.

Além disso, o campus está inserido em uma região de elevada importância ambiental, pertencente ao bioma Cerrado, reconhecido como um dos principais responsáveis pela recarga hídrica do país. A pressão exercida por atividades agropecuárias, aliada às alterações no uso e ocupação do solo, intensifica a vulnerabilidade dos mananciais locais, tornando imprescindível a adoção de práticas de monitoramento e gestão mais rigorosas. Nesse contexto, a avaliação da eficiência da ETA ultrapassa o interesse institucional e assume caráter ambiental e preventivo.

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho justifica-se por estar alinhado aos objetivos do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, ao integrar conhecimentos técnicos, ambientais e operacionais aplicados a uma situação real. A pesquisa possibilita a geração de dados em laboratório, contribuindo para a construção de um diagnóstico confiável da qualidade da água e do desempenho do sistema de tratamento.

Adicionalmente, os resultados obtidos fornecem subsídios técnicos para a tomada de decisão por parte da gestão institucional, podendo orientar ações de manutenção, adequação estrutural e planejamento de investimentos futuros. Ressalta-se, ainda, que o estudo possui

caráter aplicado e replicável, podendo servir como referência para outras instituições públicas que operam sistemas de abastecimento de pequeno porte, especialmente no contexto do Cerrado.

Dessa forma, o presente trabalho justifica-se não apenas pela necessidade de avaliação da qualidade da água distribuída no IF Goiano, mas, também, por sua contribuição técnica, científica e institucional para o fortalecimento da gestão sustentável dos recursos hídricos.

1.5. Objetivos

Objetivo Geral

Realizar análise técnica conclusiva da eficiência da ETA do IF Goiano, por meio da avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água em diferentes pontos do sistema de abastecimento, bem como propor melhorias operacionais e tecnológicas para o aprimoramento do sistema.

Objetivos Específicos

Caracterizar, através dos parâmetros analisados, a qualidade da água bruta do Córrego Palmital em períodos de estação chuvosa e seca; avaliar a capacidade de remoção de contaminantes pela ETA; verificar a conformidade da água tratada e distribuída com os parâmetros de potabilidade da água; identificar deficiências operacionais e estruturais no sistema de tratamento; e, por fim, propor soluções tecnológicas e de gestão para melhorar a eficiência da ETA.

1.6. Escopo do Relatório

O escopo deste relatório compreende a análise técnica do Sistema de Abastecimento de Água do IF Goiano, considerando-se quinze pontos de coleta:

(I) Córrego Palmital, no ponto de captação (coleta na própria lagoa e na manilha de captação para a ETA);

(II) ETA (coleta na torneira da ETA após o tratamento) e nos reservatórios principais (1 e 2);

(III) Rede de distribuição (coleta em dez bebedouros do campus, ponto de consumo).

As coletas ocorreram em duas estações climáticas distintas (chuvosa e estiagem), possibilitando a avaliação das variações sazonais. Foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, conforme APHA (incluindo temperatura, turbidez, pH, cor, cloro, condutividade elétrica, sólidos totais, Fósforo, Nitrato e coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*)). Os resultados foram comparados com a Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Entre as limitações do estudo, destacam-se a ausência de automação do sistema, a frequência limitada de amostragem ao longo do período de estudo e a escassez de registros operacionais históricos. Ainda assim, o relatório fornece um diagnóstico representativo e conclusivo das condições da ETA, servindo de subsídio para o planejamento, manutenção e modernização do sistema de abastecimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Qualidade da Água e Potabilidade

A qualidade da água destinada ao consumo humano é um fator fundamental para a saúde pública, o equilíbrio ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. De acordo com Bárta et al (2021, p.09) “o acesso à água em quantidade e qualidade suficientes, compatíveis com o padrão de potabilidade estabelecidos na legislação é um direito humano fundamental. A carência de universalização desse acesso [...] gera impactos sociais e econômicos”. Assim, para ser considerada potável, a água deve atender a padrões físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, garantindo condições seguras para o consumo humano.

A qualidade da água é definida pela sua adequação aos padrões de potabilidade e pela ausência de substâncias ou microrganismos que possam representar riscos à saúde, sendo avaliada por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Essa possibilidade se torna mais difícil, pois segundo Bárta et al (2021, p.09) “o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário, em nível mundial, gerenciado de forma segura, não se apresenta de forma universal”.

Entre os parâmetros físicos, destacam-se a turbidez, que indica a presença de partículas em suspensão, a cor aparente, que pode estar associada à presença de matéria orgânica ou outros contaminantes, e a temperatura, que influencia processos químicos e biológicos na água. De

acordo com Xavier, Quadro e Silva (2022, p.09) “a turbidez também é considerada uma propriedade importante dos fluidos e está associada à presença de partículas em suspensão que impedem a passagem de luz na água”.

Os parâmetros químicos incluem variáveis como pH, alcalinidade, dureza e a presença de elementos metálicos, como ferro, manganês, cádmio, chumbo e alumínio, os quais podem interferir tanto nos processos de tratamento quanto na segurança para o consumo. Já os parâmetros microbiológicos estão relacionados à presença de microrganismos indicadores de contaminação, como coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizados para avaliar possíveis riscos sanitários (APHA, 2012).

No Brasil, os padrões de potabilidade são estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que define os limites máximos permitidos para diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água destinada ao consumo humano, incluindo turbidez (≤ 5 NTU), ausência de *E. coli* em 100 mL e pH entre 6,0 e 9,5, entre outros requisitos de controle da qualidade da água (BRASIL, 2021).

2.2. Legislação Aplicável

A base legal para avaliação e controle da qualidade da água no Brasil abrange:

- Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021): Que define procedimentos de controle, vigilância, padrões de potabilidade e valores máximos permitidos (VMP) para parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

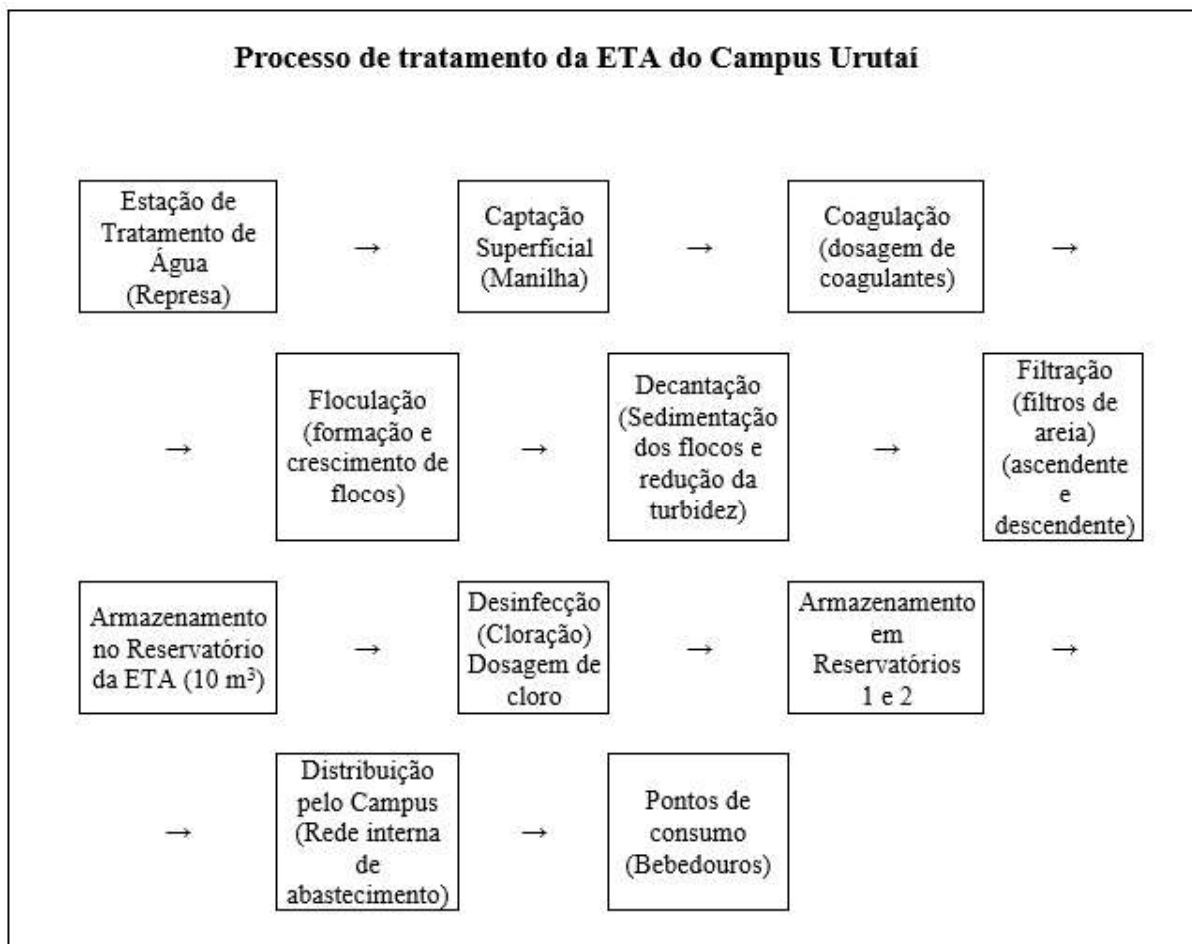
- Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005): Classifica os corpos de água segundo seus usos, estabelecendo as condições ambientais e limites para lançamento de efluentes, sendo que a Classe II abrange água doce destinada a múltiplos usos, inclusive abastecimento público.

- NBR 12.621 (ABNT, 2014): Norma técnica que orienta coleta, identificação, preservação e transporte de amostras de água para análises físicas, químicas e microbiológicas, essencial para garantir a validade dos resultados laboratoriais.

No diagnóstico realizado no IF Goiano, todos os procedimentos foram obtidos conforme as Normas apresentadas acima, permitindo-se realizar análise comparativa entre períodos chuvosos e estiagem entre diferentes pontos do sistema de abastecimento.

2.3. Etapas do Tratamento de Água

Figura 1 - Etapas do tratamento de água na Estação de Tratamento de Água (ETA) do IF Goiano – Campus Urutaí.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As ETA convencionais, como a do IF Goiano, operam por processos clássicos, descritos por Xavier, Quadros e Silva (2022) e Souza Filho et. al. (2025):

- Captação e adução: Realizadas normalmente em córregos ou rios, caracterizada, neste caso, por variações sazonais típicas do Cerrado.
- Coagulação: Utiliza coagulantes (Sulfato de alumínio, por exemplo) para desestabilizar partículas e promover a aglomeração.
- Floculação: Formação de flocos grandes e densos, facilitando a remoção de sólidos pelo processo seguinte.
- Decantação/sedimentação: Separação dos sólidos por gravidade, reduzindo a turbidez e matéria orgânica.
- Filtração: Geralmente por filtros de areia, podendo incluir carvão ativado para remoção de contaminantes químicos e matéria orgânica.

- Desinfecção: Principalmente cloração, mas também cabendo ozônio e radiação UV como tecnologias avançadas (HELLER; PÁDUA, 2016).
- Pós-tratamento e distribuição: Incluem ajustes de alcalinidade e potencial fluoretação conforme necessidade local.

2.4. Deficiências Comuns em ETAs

Deficiências comuns em ETAs pequenas como esta incluem o envelhecimento da infraestrutura e a dosagem manual de produtos químicos, fatores que tendem a reduzir a eficiência de remoção de contaminantes, especialmente em períodos de maior variação sazonal (ANA, 2021).

Problemas recorrentes em pequenas ETAs foram identificados tanto na literatura quanto na avaliação local (ANA, 2021; LIBÂNIO, 2016):

- Envelhecimento de infraestrutura: Estruturas antigas, baixa automação e equipamentos defasados dificultam ajustes rápidos e reduzem eficiência.
- Inadequação da dosagem de coagulantes: Sem automação, ajustes à variabilidade sazonal podem ser ineficazes.
- Problemas com manutenção de equipamentos: Falta de plano preventivo, necessidade de inspeções regulares e substituição de peças desgastadas.
- Variabilidade sazonal da água bruta: Chuvas intensas elevam turbidez e carga de contaminantes, exigindo maior capacidade de tratamento.
- Deficiências de monitoramento: Ausência de sistema automatizado dificulta resposta a desvios de qualidade; recomenda-se digitalização e registro em tempo real para parâmetros críticos como cloro residual, turbidez e pH (BRASIL, 2021).

2.5. Gestão Sustentável de Recursos Hídricos no Cerrado

A gestão sustentável dos recursos hídricos no Cerrado busca compatibilizar a conservação dos ecossistemas com o uso múltiplo da água e o desenvolvimento econômico regional (LIMA; SILVA, 2021). A expansão agropecuária, a supressão da vegetação nativa e o uso intensivo de insumos agrícolas têm contribuído para erosão, assoreamento e contaminação difusa, comprometendo a qualidade e a disponibilidade hídrica (FERREIRA; SANTOS; MORAES, 2020).

Instrumentos como o enquadramento de corpos d'água, planos de bacia hidrográfica e normas de controle de efluentes são fundamentais para orientar ações de proteção e uso racional da água (BRASIL, 2005). Assim, as instituições de ensino e pesquisa localizadas no Cerrado, como o IF Goiano – Campus Urutaí, desempenham papel importante ao produzir diagnósticos sobre mananciais e sistemas de tratamento, oferecendo subsídios técnicos para práticas de conservação e para a gestão integrada dos recursos hídricos (LIMA; SILVA, 2021).

2.6. Tecnologias Emergentes em Tratamento de Água

O tratamento convencional, composto por coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, ainda é a base da maioria dos sistemas de abastecimento de água no Brasil e, quando bem operado, atende aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; BRASIL, 2021). Entretanto, a ocorrência de contaminantes emergentes, a variabilidade da qualidade da água bruta e a necessidade de maior segurança sanitária têm impulsionado o uso de tecnologias complementares ao modelo convencional (HELLER; PÁDUA, 2016).

Dentre essas tecnologias, destacam-se a adsorção em carvão ativado, aplicada à remoção de compostos orgânicos e substâncias responsáveis por gosto e odor, e os processos de membranas, como ultrafiltração e nanofiltração, que ampliam a barreira a partículas e microrganismos (BAPTISTA et al., 2025). Processos oxidativos avançados e desinfecção por radiação ultravioleta também têm sido empregados como alternativas ou complementos à cloração, visando reduzir subprodutos indesejáveis e aumentar a eficiência de inativação microbiológica (HELLER; PÁDUA, 2016).

Em sistemas de pequeno porte, a viabilidade de adoção dessas tecnologias depende de fatores como custo, complexidade operacional e disponibilidade de equipe qualificada (HELLER; PÁDUA, 2016). No caso da ETA do IF Goiano – Campus Urutaí, o diagnóstico apresentado neste trabalho pode orientar a avaliação gradual de soluções tecnológicas que reforcem o tratamento convencional, sobretudo em situações de maior variação na qualidade da água do Córrego Palmital.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no IF Goiano Campus Urutaí, desenvolvido em etapas sequenciais, incluindo planejamento, coleta de dados, análises laboratoriais e interpretação dos resultados, em conformidade com as normas técnicas vigentes.

Inicialmente, realizou-se o planejamento das atividades e a definição dos pontos de amostragem, considerando todo o percurso da água, desde a captação no manancial até o consumo final nos bebedouros do campus. Foram selecionados pontos representativos do sistema, incluindo o Córrego Palmital (manancial), a saída da ETA, os reservatórios de distribuição e dez bebedouros distribuídos em diferentes pontos do IF Goiano (Figura 2), de forma a contemplar as principais etapas do sistema – captação, tratamento, armazenamento e consumo final.

Figura 2- Mapa de localização dos pontos de coleta de água no sistema de abastecimento do IF Goiano – Campus Urutaí.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As coletas foram realizadas em dois períodos distintos — estação chuvosa e estação estiagem. Durante as coletas, foram adotados procedimentos padronizados de higienização dos frascos, identificação das amostras, preservação térmica e transporte adequado, conforme recomendações da ABNT NBR 12.621.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas do IF Goiano, seguindo as recomendações da APHA (2012).

Durante as amostragens foram realizadas observações in loco sobre o funcionamento da ETA, incluindo condições estruturais, forma de dosagem dos produtos químicos, rotina

operacional e estado de conservação dos equipamentos. Essas observações auxiliaram na identificação de possíveis falhas operacionais.

A eficiência da ETA foi avaliada por meio da comparação entre os valores obtidos na água bruta e na água tratada, considerando principalmente a remoção de turbidez e microrganismos, bem como a manutenção do cloro residual na rede de distribuição, conforme abordagem metodológica descrita por Di Bernardo e Dantas (2005) e Libânio (2016).

3.1. Caracterização dos Locais de coleta/amostragem

Os pontos amostrais foram localizados no IF Goiano sendo:

- No Córrego Palmital (ponto de captação na lagoa de captação e a manilha de condução da água bruta);
- Na ETA do IF Goiano, (instalada em 1986 e composta por unidades de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção);
- Nos reservatórios 1 e 2 (responsáveis pelo armazenamento e distribuição da água);
- Nos setores acadêmicos e administrativos do campus (onde estão instalados os 10 bebedouros selecionados como pontos de consumo humano);

Para a caracterização do sistema de abastecimento e das etapas de análise da qualidade da água, foram organizadas informações iniciais referentes ao objeto de estudo, conforme apresentado no quadro abaixo (Figura 03).

Figura 3 - Dados gerais da Estação de Tratamento de Água (ETA) e do sistema de abastecimento do IF Goiano.

Informações	Descrição	Observações
População atendida	~ 1.800 pessoas (dias letivos) ~ 350 pessoas (fins de semana)	Dados institucionais obtidos na Direção do Campus
Manancial	Córrego Palmital	Variação sazonal de vazão típica do Cerrado
Tipo de captação	Captação superficial em lagoa na manilha	Sem automação
Tipo de tratamento	Convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e cloração)	Processo implantado desde 1986
Capacidade nominal	300 m ³ /dia	Compatível com demanda, mas infraestrutura defasada

Ano de implantação	1986	Sem modernizações significativas desde então
Estado da infraestrutura	Estrutura antiga, baixa automação, desgaste visível	Necessita atualização
Tipo de cloração	Regulagem manual	Falhas na manutenção do residual de cloro
Número de bebedouros	10 pontos avaliados	Diversos locais acadêmicos e administrativos
Laboratório responsável	Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas – IF Goiano	Métodos APHA, ABNT

Fonte: elaborado pelo Autor (2026)

3.2. Diagnóstico Metodológico

A unidade da ETA foi avaliada considerando suas condições estruturais. Trata-se de uma ETA antiga e com pouca automação; apresentando muitos sinais de deterioração em tubulações, filtros e decantadores; a dosagem de coagulantes e cloro é feita de forma manual; e não existe monitoramento contínuo (sensores ou registro automático).

A ausência de automação no sistema dificulta a realização de ajustes operacionais em tempo real, especialmente na dosagem de produtos químicos e no controle de parâmetros como turbidez e cloro residual; a falta de registros históricos impede a modelagem temporal; os instrumentos laboratoriais básicos podem restringir parâmetros avançados e; procedimentos operacionais do campus não seguem rotina documentada.

3.3. Planejamento da Amostragem e Definição dos Pontos de Coleta

Para a seleção dos pontos de coleta foi considerado a necessidade de se avaliar todo o percurso da água no sistema de abastecimento do IF Goiano – Campus Urutaí, desde a captação até o consumo final nos bebedouros.

O delineamento amostral adotado neste estudo contemplou duas campanhas de coleta, sendo uma realizada no período de estiagem e outra no período chuvoso, com o objetivo de captar as variações sazonais características do bioma Cerrado. Em cada campanha, foi realizada uma única coleta por ponto amostral, totalizando duas amostras por ponto ao longo do estudo.

Os pontos de consumo (bebedouros) foram definidos a partir de um critério não probabilístico, com seleção aleatória orientada pela relevância de uso, priorizando locais com maior circulação de estudantes e servidores, de modo a representar adequadamente as condições reais de consumo de água no campus.

Assim, foram estabelecidos três grupos de amostragem:

a) Água bruta – Manancial (Córrego Palmital)

- Coleta na lagoa de captação;
- Coleta na manilha onde está inserido o mangote da bomba de captação.

b) Água tratada – Estação de Tratamento de Água (ETA) e Reservatórios

- Amostra coletada na saída imediata do sistema de tratamento;
- Amostra coletada nos reservatórios 1 e 2.

c) Rede de distribuição – Bebedouros do campus

- Dez bebedouros distribuídos em diferentes setores, representando o ponto de consumo dos alunos (ponto 6 - no Refeitório; ponto 7 - no Mestrado; ponto 8 - na Matemática; ponto 9 - na Agronomia prédio superior; ponto 10 - na Agronomia prédio de baixo; ponto 11 - no Ensino Médio; ponto 12 - no Ensino Médio; ponto 13 - no bebedouro do prédio do Laboratório de Físico-Química; ponto 14 - na Biblioteca; e ponto 15 - no bebedouro das casas da vila).

A escolha desses pontos permitiu realizar uma avaliação integrada da eficiência operacional da ETA e da qualidade da água distribuída ao campus.

Os pontos de coleta utilizados para a realização das análises foram definidos de forma a representar diferentes etapas do sistema de abastecimento, incluindo captação, tratamento e distribuição. A descrição desses pontos está apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Pontos de coleta da água das amostras

Ponto	Identificação	Local de coleta	Descrição
P1	1.3	Lagoa de captação	Lagoa (Represa)
P2	1.1	Manilha da captação	Lagoa (Manilha)
P3	1.2	Saída da ETA	Torneira tratada da ETA
P4	2.1	Reservatório 1	Caixa d'água 1 – Curral
P5	2.2	Reservatório 2	Caixa d'água 2 – Curral
P6	3.0	Refeitório	Bebedouro – Refeitório
P7	4.0	Mestrado	Bebedouro – Mestrado
P8	5.0	Matemática	Bebedouro – Matemática

P9	6.0	Agronomia 1	Bebedouro – Agronomia 1
P10	7.0	Agronomia 2	Bebedouro – Agronomia 2
P11	8.0	Ensino Médio 1	Bebedouro – Ensino Médio 1
P12	9.0	Ensino Médio 2	Bebedouro – Ensino Médio 2
P13	10.0	Laboratório físico-química	Bebedouro – Lab. Físico-Química
P14	11.0	Biblioteca	Bebedouro – Biblioteca
P15	12.0	Casas/Vila	Bebedouro – Casas/Vila

Fonte: elaborado pelo autor (2026)

3.4. Periodicidade das Coletas e Condições Climáticas

As amostras foram obtidas em dois períodos hidrológicos distintos visando compreender variações sazonais típicas do Cerrado, na estação chuvosa, há alta carga de sólidos, maior turbidez e maior risco de contaminação superficial; no período de estiagem, há a redução do volume hídrico e possível concentração de contaminantes.

3.5. Procedimentos de Coleta, Preservação e Transporte de Amostras

Os procedimentos de amostragem seguiram as recomendações da ABNT NBR 12.621, relativas à coleta, preservação e transporte de amostras de águas destinadas à análise.

As etapas executadas foram:

- Higienização prévia dos frascos com água da própria amostra (exceto frascos esterilizados para microbiologia).
- Coletas em frascos âmbar ou transparentes conforme o parâmetro a ser analisado.
- Identificação imediata das amostras contendo: local, data, hora e temperatura da água.
- Armazenamento em caixa térmica, preservando a integridade das propriedades físico-químicas.
- Transporte direto para o laboratório no mesmo dia da coleta e realização das análises.
- Para análises microbiológicas, utilizaram-se frascos esterilizados.

3.6. Parâmetros Avaliados

Foram analisados parâmetros físico-químicos, microbiológicos e indicadores de eficiência operacional da ETA, descritos a seguir:

- Parâmetros físico-químicos:

Temperatura; Turbidez; Cor; pH; Condutividade elétrica; Sólidos totais; Cloro residual livre; Fósforo; e Nitrato.

- Parâmetros Microbiológicos:

Coliformes totais e *E coli*.

Os parâmetros foram selecionados com base nos padrões obrigatórios da Portaria GM/MS nº 888/2021 (potabilidade) e da Resolução CONAMA nº 357/2005 (classificação de corpo hídrico), complementados pelas orientações técnicas de Libânio (2016) e APHA (2012).

3.7. Procedimentos Analíticos Laboratoriais

As análises foram conduzidas no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas do IF Goiano, de acordo com os métodos descritos na APHA (2012). Foram determinados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, incluindo pH, por meio de pHmetro de bancada, calibrado com soluções tampão 4 e 7; turbidez, por turbidímetro nefelométrico; sólidos totais, pelo método gravimétrico após evaporação e secagem em estufa; condutividade elétrica, por condutivímetro digital; nitrato (NO_3^-), por método espectrofotométrico após reação colorimétrica; fósforo total, por digestão ácido-perclórica seguida de leitura em espectrofotômetro; oxigênio dissolvido (OD), pelo método iodométrico de Winkler; demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), por incubação a 20 °C por cinco dias seguida de titulação; e coliformes totais e *Escherichia coli*, pelo método cromogênico Colilert.

3.8. Avaliação da Eficiência da ETA

Para a avaliação da qualidade da água foram selecionados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, conforme recomendado pela legislação brasileira vigente. Os parâmetros analisados encontram-se descritos no Figura 5.

Figura 5 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados

Parâmetro	Unidade	Justificativa	Limite Legal (Portaria 888/2021)
-----------	---------	---------------	-------------------------------------

Turbidez	NTU	Indicador de sólidos em suspensão e eficiência do tratamento	$\leq 5,0$ NTU
pH	–	Avalia acidez/alcalinidade e interfere em reações químicas	6,0 – 9,5
Cor	UC	Indica presença de matéria orgânica	≤ 15 UC
Temperatura	°C	Influencia reações químicas e microbiológicas	Não há limite
Cloro residual livre	mg/L	Garantia de desinfecção na rede	$\geq 0,2$ mg/L
Condutividade	$\mu\text{S/cm}$	Indica presença de sais dissolvidos	Indicador complementar
Sólidos Totais	mg/L	Representa carga total dissolvida	≤ 1000 mg/L
Fósforo	mg/L	Relação com poluição e eutrofização	$\leq 0,05$ mg/L (corpos classe 2)
Nitrato	mg/L	Indica contaminação por fertilizantes/esgoto	≤ 10 mg/L
Coliformes totais	UFC/100mL	Indicador de contaminação geral	Ausência
Coliformes <i>E. coli</i>	UFC/100mL	Indicador de contaminação fecal	Ausência

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A eficiência da Estação de Tratamento de Água foi calculada a partir da diferença entre os valores obtidos na água bruta e na água tratada nos seguintes parâmetros: turbidez, cor, sólidos totais e indicadores microbiológicos, representados pela presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* (APHA, 2012). A avaliação incluiu também a comparação da água tratada com os limites permitidos pela legislação vigente, a verificação da manutenção do cloro residual na rede de distribuição e a identificação de pontos de recontaminação e falhas operacionais.

3.9. Análise e Interpretação dos Dados

Os resultados foram organizados em planilhas e interpretados de forma comparativa entre os períodos de estiagem e chuvoso, os pontos de captação, tratamento e consumo, bem

como entre os valores obtidos e os padrões legais de referência, de modo a verificar a conformidade com a legislação vigente.

3.10. Normas e Legislação Utilizada no Enquadramento

Base normativa da avaliação:

- Portaria GM/MS nº 888/2021 – Padrão de potabilidade;
- Resolução CONAMA nº 357/2005 – Classificação de corpos hídricos de Classe 2;
- ABNT NBR 12.621 – Procedimentos de coleta de água;
- APHA (2012) – Métodos de análise físico-química e microbiológica.

3.11. Responsáveis Técnicos

- Responsável pelo estudo e execução do produto técnico: Eder Flavio Vitor Caixeta
- Responsável pela orientação e supervisão técnica: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados neste estudo foram selecionados com base nos indicadores de controle e monitoramento da qualidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que define os padrões de potabilidade da água no Brasil. Dessa forma, a avaliação realizada neste trabalho buscou verificar a conformidade da água produzida e distribuída pela estação de tratamento com os limites estabelecidos pela legislação vigente.

4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO

4.1. Título do Projeto Técnico

Diagnóstico do Sistema de abastecimento de água do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

4.2. Sumário Executivo

Este projeto propôs o desenvolvimento de um Produto Técnico classificado como Relatório Técnico Conclusivo (RTC), conforme a tipologia de Produção Técnica da CAPES, voltado ao diagnóstico do sistema de abastecimento de água do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí e à proposição de melhorias operacionais, estruturais e de gestão da Estação de Tratamento de Água (ETA) que abastece a instituição.

A elaboração do produto justificou-se pela relevância da água como recurso essencial às necessidades humanas de acesso à água de qualidade, à continuidade das atividades institucionais e à conservação ambiental no contexto do bioma Cerrado, caracterizado por elevada importância hidrológica e crescente pressão antrópica.

O produto técnico consistiu em um relatório estruturado que reúne diagnóstico físico-operacional da ETA, avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água bruta, tratada e distribuída, análise da conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021 e proposição de recomendações técnicas para otimização do sistema. O público-alvo direto compreende gestores institucionais, responsáveis técnicos pela ETA e setores de planejamento e infraestrutura do IF Goiano, além de órgãos de vigilância da qualidade da água. Como público indireto, incluem-se a comunidade acadêmica e instituições públicas com sistemas de abastecimento de pequeno porte.

Os avanços técnicos esperados concentram-se no fortalecimento do controle operacional da ETA, na sistematização de procedimentos de monitoramento e na qualificação do processo decisório para investimentos em melhorias estruturais. Os impactos esperados incluem a redução de riscos sanitários, a melhoria da eficiência do tratamento da água, o fortalecimento da gestão sustentável dos recursos hídricos no campus e a possibilidade de replicação do modelo de diagnóstico em outras instituições inseridas no Cerrado.

Palavras-chave: gestão da água; estação de tratamento de água; qualidade da água; Cerrado; produto técnico.

4.3. Apresentação

A criação do Produto Técnico proposto justifica-se pela centralidade da água como recurso estratégico para a saúde pública, para a conservação ambiental e para o funcionamento das atividades educacionais e administrativas do IF Goiano – Campus Urutaí. A garantia de água potável em quantidade e qualidade adequadas constitui requisito básico para ambientes educacionais e para a segurança sanitária da comunidade acadêmica.

No contexto do Cerrado, bioma que concentra nascentes de importantes bacias hidrográficas nacionais, a gestão dos recursos hídricos assume relevância estratégica, especialmente diante da intensificação do uso do solo e da pressão sobre os mananciais. Nesse cenário, instituições públicas de ensino possuem papel estratégico na produção de conhecimento aplicado e na adoção de práticas de gestão ambiental (ISPN, 2025).

Existem produtos técnicos semelhantes, como relatórios de diagnóstico de sistemas de abastecimento elaborados por companhias de saneamento e órgãos de vigilância sanitária. Entretanto, tais produtos raramente são integrados de forma sistemática às linhas de pesquisa de programas de pós-graduação, o que reforça a relevância acadêmica e aplicada da presente proposta.

Objetivo geral: desenvolver Relatório Técnico Conclusivo que diagnostique o sistema de abastecimento de água do IF Goiano – Campus Urutaí e proponha melhorias operacionais, estruturais e de gestão.

Objetivos específicos: avaliar a qualidade da água bruta, tratada e distribuída; analisar a eficiência operacional da ETA; verificar a conformidade legal; identificar deficiências estruturais e operacionais; propor recomendações técnicas para otimização do sistema.

4.4. Produto Técnico Proposto

Tipo de PTT: Relatório Técnico Conclusivo (CAPES). Denominação: Relatório Técnico Conclusivo do Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água do IF Goiano – Campus Urutaí. Finalidade: subsidiar decisões técnicas e administrativas relacionadas à gestão da ETA e à qualidade da água distribuída. Público-alvo: gestores institucionais, responsáveis técnicos pela ETA, setor de infraestrutura e órgãos de vigilância. Descrição: diagnóstico técnico-operacional da ETA, análise da qualidade da água, identificação de fragilidades e proposição de recomendações técnicas. Forma de disponibilização: versão digital institucional para uso interno e prestação de contas a órgãos de controle.

4.5. Desenvolvimento do Produto Técnico

O desenvolvimento baseia-se em metodologia técnico-científica aplicada, envolvendo coletas em campo, análises laboratoriais, inspeções técnicas da ETA e análise da conformidade legal. O produto fundamenta-se em normativas vigentes e referenciais técnicos da área de

saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. A estrutura física utilizada corresponde à ETA do IF Goiano – Campus Urutaí e aos laboratórios de apoio. Os recursos financeiros são predominantemente institucionais.

4.6. Impactos Esperados

Aderência às Ciências Ambientais e à linha de atuação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado.

Impacto potencial na melhoria da gestão da ETA e na redução de riscos sanitários. Aplicabilidade local, com potencial de replicação em outras instituições.

Inovação: produção com médio teor inovativo.

Complexidade: produção com média complexidade.

4.7. Cronograma de Execução

Levantamento técnico da ETA; coletas e análises laboratoriais; sistematização dos dados; elaboração do relatório técnico; validação institucional e entrega do produto.

4.8. Equipe Executora

Mestrando responsável pelo produto técnico; orientador acadêmico; apoio técnico-laboratorial do IF Goiano – Campus Urutaí.

4.9. Referências

CAPES. Produção Técnica – Grupo de Trabalho. Brasília, 2019.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização da Água Bruta do Córrego Palmital

A caracterização da água bruta do Córrego Palmital foi realizada em dois períodos hidrológicos: estiagem (março/2025) e período chuvoso (outubro/2025), nos pontos P1 (Represa) e P2 (Manilha), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da água bruta do manancial (Córrego Palmital)

Parâmetro	Unidade	P1 Estiagem	P2 Estiagem	P1 Chuvoso	P2 Chuvoso	Limite CONAMA 357 Cl. 2
pH	—	6,48	6,29	7,16	6,94	6,0 – 9,0
Turbidez	NTU	8,15	9,40	20,6	2,60	≤ 100
Cor aparente	uC	170	180	130	130	≤ 75
Condutividade	µS/cm	48,06	49,07	57,11	58	—
OD	mg/L O ₂	4,5	3,5	4,0	4,2	≥ 5,0
Sólidos totais	mg/L	78	77	26	12	≤ 500
Nitrato	mg/L N	0,01	0,13	1,07	0,65	≤ 10,0
Fósforo	mg/L P	0,02	0,02	0,02	0,01	≤ 0,05
Coliformes totais	NMP/100mL	Presente	Presente	Presente	Presente	—
Coliformes <i>E. coli</i>	NMP/100mL	Ausente	Ausente	Presente	Presente	≤ 1.000

P1 = Represa (ponto 1.3) | P2 = Manilha (ponto 1.0) | Coleta 1 = período de estiagem (Mar/2025) | Coleta 2 = período chuvoso (Out/2025)

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

Os valores de pH variaram entre 6,29 (P2, período de estiagem) e 7,16 (P1, período chuvoso), permanecendo dentro da faixa de 6,0 a 9,0 estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

A turbidez apresentou variação entre os períodos analisados. No período de estiagem foram registrados valores de 8,15 NTU em P1 e 9,40 NTU em P2. Já no período chuvoso, os valores foram de 20,60 NTU em P1 e 2,60 NTU em P2. Em todas as amostras, os valores permaneceram abaixo do limite de 100 NTU estabelecido pela legislação.

A cor aparente variou de 130 a 180 uC, ultrapassando o limite de 75 uC definido para águas de Classe 2. A condutividade elétrica apresentou valores entre 48,06 e 58,00 µS/cm, sem limite específico definido na legislação, mas compatível com águas superficiais pouco mineralizadas.

O oxigênio dissolvido apresentou concentrações entre 3,50 mg/L (P2, período de estiagem) e 4,50 mg/L (P1, período de estiagem), ficando abaixo do valor mínimo de 5,0 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

Os sólidos totais variaram de 12 mg/L (P2, período chuvoso) a 78 mg/L (P1, período de estiagem), valores inferiores ao limite de 500 mg/L.

Em relação aos nutrientes, o nitrato apresentou concentrações entre 0,01 e 1,07 mg/L, enquanto o fósforo variou entre 0,01 e 0,02 mg/L, ambos abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (10,0 mg/L para nitrato e 0,05 mg/L para fósforo).

Quanto aos parâmetros microbiológicos, observou-se presença de coliformes totais em todas as amostras analisadas. Os coliformes termotolerantes foram detectados nos pontos P1 e P2 durante o período chuvoso, enquanto no período de estiagem não foram identificados.

No período chuvoso, observou-se aumento da turbidez no ponto P1 (Represa), que atingiu 20,60 NTU, valor superior ao registrado no período de estiagem para o mesmo ponto (8,15 NTU). No ponto P2 (Manilha), a turbidez foi de 2,60 NTU no período chuvoso, inferior ao valor observado no período de estiagem (9,40 NTU).

Os valores de pH foram de 7,16 em P1 e 6,94 em P2, permanecendo dentro da faixa de 6,0 a 9,0 estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. A temperatura da água foi de aproximadamente 23 °C.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, verificou-se presença de coliformes totais nos pontos avaliados. Também foi registrada presença de coliformes termotolerantes nas amostras coletadas durante o período chuvoso.

No período de estiagem, a turbidez apresentou valores de 8,15 NTU no ponto P1 (Represa) e 9,40 NTU no ponto P2 (Manilha). A cor aparente registrou valores de 170 uH em P1 e 180 uH em P2.

O pH variou entre 6,29 (P2) e 6,48 (P1), permanecendo dentro da faixa de 6,0 a 9,0 estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de Classe 2. A temperatura da água foi de aproximadamente 24 °C.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, observou-se presença de coliformes totais nas amostras de água bruta coletadas nos pontos avaliados. Quanto aos coliformes termotolerantes, não foram detectados nas amostras analisadas durante esse período.

Os parâmetros microbiológicos indicaram presença de coliformes totais em ambos os períodos avaliados. Em relação aos coliformes termotolerantes, observou-se diferença entre os períodos, com ausência no período de estiagem e presença no período chuvoso.

O oxigênio dissolvido apresentou valores entre 3,50 e 4,50 mg/L, permanecendo abaixo do limite mínimo de 5,0 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de Classe 2.

5.2. Eficiência do Tratamento da Estação de Tratamento de Água (ETA)

A eficiência da ETA foi avaliada comparando-se os valores da água bruta (média de P1 e P2) com a água tratada (P3), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Qualidade da água tratada na rede de distribuição

Ponto	pH C1	pH C2	Turb. (NTU) C1	Turb. (NTU) C2	Cor (uC) C1	Cor (uC) C2	Cl ₂ livre (mg/L) C1	Cl ₂ livre (mg/L) C2	CT (NMP) C1	CT (NMP) C2
P3 - Saída ETA	6,29	7,04	0,28	0,12	10	0	0,14	0,12	Ausente	Ausente
P4 - Reserv. 1	6,58	7,96	1,11	0,46	10	10	—	0,20	Ausente	Ausente
P5 - Reserv. 2	—	7,42	—	0,4	—	10	0,12	0,07	—	Presente
P6 - Refeitório	6,78	7,27	0,28	0,8	10	30	0,11	0,06	Presente	Presente
P7 - Mestrado	6,77	7,50	0,26	0,46	0	80	0,10	0,05	Presente	Presente
P8 - Matemática	6,81	7,37	0,28	0,32	10	20	0,10	0,02	Presente	Presente
P9 - Agronomia 1	6,73	7,29	0,29	0,43	0	20	0,10	0,07	Ausente	Ausente
P10 - Agronomia 2	6,21	6,88	0,63	0,37	20	20	0,11	0,00	Ausente	Ausente
P11 - Ens. Médio 1	6,35	7,42	0,67	0,73	20	40	0,10	0,10	Ausente	Presente
P12 - Ens. Médio 2	6,46	7,21	0,7	0,66	20	30	0,18	0,04	Ausente	Presente
P13 - Lab. Fís- Quí	6,63	7,44	0,62	1,06	20	50	0,16	0,08	Ausente	Presente
P14 - Biblioteca	6,98	7,14	0,3	0,6	10	30	0,11	0,03	Presente	Presente
P15 - Vila/Casas	6,81	7,28	0,44	0,77	20	40	0,12	0,05	Ausente	Ausente
	6,0- 9,5	6,0- 9,5	≤ 5	≤ 5	≤ 15	≤ 15	≥ 0,2	≥ 0,2	Ausência	Ausência

P3 = Saída da ETA (torneira) | P4-P5 = Reservatórios | P6-P15 = Bebedouros | C1 = período de estiagem (Mar/2025) | C2 = período chuvoso (Out/2025) | CT = Coliformes totais | CL₂ = Cloro residual livre | Turb = Turbidez | — = dado não disponível.

Valores comparados com os padrões de potabilidade exigidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises microbiológicas referentes à presença de *Escherichia coli* (E. coli) nos pontos avaliados da água tratada, considerando os períodos de estiagem e chuvoso. Os resultados permitem verificar a conformidade da água distribuída com o padrão microbiológico estabelecido pela legislação de potabilidade.

Tabela 3 - Presença de *Escherichia coli* nos pontos de amostragem de água tratada

Parâmetro	Local	Estiagem	Chuvoso	Padrão	Situação
Coliformes <i>E. coli</i>	ETA	Ausente	Ausente	Ausência	Conforme
Coliformes <i>E. coli</i>	Rede	Ausente	Presente (2 pontos)*	Ausência	Não conforme

** Coliformes *E. coli* presente nos bebedouros dos pontos P7 e P8.*

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

A remoção de turbidez apresentou eficiência de 96,8% no período de estiagem (entrada: 8,78 NTU; saída: 0,28 NTU) e 99,0% no período chuvoso (entrada: 11,60 NTU; saída: 0,12 NTU), conforme apresentado na Tabela 4. A cor aparente foi removida com eficiência de 94,3%

no período de estiagem (entrada: 175 uC; saída: 10 uC) e 100% no chuvoso (entrada: 130 uC; saída: 0 uC).

Tabela 4 - Eficiência da ETA na remoção de contaminantes

Parâmetro	Período	Entrada	Saída	Eficiência (%)
Turbidez (NTU)	Estiagem	8,78	0,28	96,8
Turbidez (NTU)	Chuvoso	11,6	0,12	99,0
Cor (uC)	Estiagem	175	10	94,3
Cor (uC)	Chuvoso	130	0	100
Coliformes totais	Estiagem	Presente	Ausente	100
Coliformes totais	Chuvoso	Presente	Ausente	100

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

Os coliformes totais apresentaram remoção de 100% em ambos os períodos, com ausência na saída da ETA (P3) apesar da presença na água bruta. O pH manteve conformidade após o tratamento: 6,29 na estiagem e 7,04 no chuvoso. Entretanto, a Tabela 5 indica que na rede de distribuição foram detectados coliformes totais em 48% dos pontos (13 de 25 amostras), sugerindo recontaminação após o tratamento.

Tabela 5 - Conformidade da água tratada com a Portaria GM/MS nº 888/2021

Parâmetro	Limite Legal	Amostras analisadas	Conformes C1 (Estiagem)	Conformes C2 (Chuvoso)	% Conf. geral	Status
pH	6,0 – 9,5	25	12/12	13/13	100%	✓ Conforme
Turbidez	≤ 5 NTU	25	12/12	13/13	100%	✓ Conforme
Cor aparente	≤ 15 uC	25	7/12	3/13	40%	X Não conforme
Cloro residual livre	≥ 0,2 mg/L	25	0/12	1/13	4%	X Não conforme
Coliformes totais	Ausência	25	8/12	5/13	52%	X Não conforme
Escherichia coli	Ausência	25	12/12	11/13	92%	X Não conforme

Amostras = total de pontos de água tratada analisadas nas duas coletas.

Legislação: Portaria GM/MS nº 888/2021.

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

A remoção de cor aparente também apresentou desempenho expressivo: 94,3% no período de estiagem (entrada de 175 uC, saída de 10 uC) e 100% no período chuvoso (entrada de 130 uC, saída de 0 uC). Esses resultados demonstram que as etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração da ETA operam de forma adequada para a remoção de material particulado e matéria orgânica responsável pela coloração da água.

Os parâmetros físico-químicos complementares permaneceram dentro dos limites legais na água tratada durante todo o período de monitoramento. O pH variou de 6,21 a 7,96 na rede de distribuição (Tabela 2), mantendo-se dentro da faixa de 6,0 a 9,5 estabelecida pela Portaria

GM/MS nº 888/2021. A turbidez nos bebedouros manteve-se abaixo de 1,06 NTU em todas as amostras, bem abaixo do limite de 5,0 NTU. Os sólidos totais permaneceram abaixo de 1.000 mg/L, indicando que a água tratada atende a esse critério de potabilidade.

5.3. Remoção de Coliformes

A análise microbiológica realizada na saída da ETA (ponto P3) indicou ausência de coliformes totais em ambos os períodos avaliados (Tabela 2), o que configura eficiência de remoção de 100%. Considerando que a água bruta apresentou a presença de coliformes totais, a desinfecção por cloração demonstrou-se eficaz na inativação desses microrganismos na etapa de tratamento.

Todavia, a Tabela 5 de conformidade revelou que, na rede de distribuição, a presença de coliformes totais foi detectada em parte significativa dos pontos amostrados: 8 de 12 pontos apresentaram-se em conformidade no período de estiagem, e somente 5 de 13 no período chuvoso, resultando em uma taxa de conformidade geral de 52%. Esse dado sugere que a contaminação não tem origem na etapa de tratamento, mas ocorre ao longo da rede de distribuição, possivelmente em razão da queda do cloro residual, do envelhecimento das tubulações e da falta de higienização periódica dos reservatórios e bebedouros.

5.4. Qualidade da Água Distribuída nos Bebedouros

Conforme Tabela 2, nos dez bebedouros avaliados (P6 a P15), o pH variou de 6,21 a 7,96 e a turbidez de 0,26 a 1,06 NTU, ambos em conformidade com a Portaria GM/MS 888/2021.

A cor aparente apresentou não conformidade em diversos pontos, especialmente no período chuvoso: P7 (Mestrado) registrou 80 uC, P13 (Laboratório Físico-Química) 50 uC, e P11 e P12 (Ensino Médio) entre 30 e 40 uC, todos acima do limite de 15 uC.

O cloro residual livre apresentou insuficiência generalizada: no período de estiagem, os valores variaram de 0,10 a 0,18 mg/L; no chuvoso, de 0,00 a 0,20 mg/L, com apenas P4 (Reservatório 1) atingindo 0,20 mg/L no chuvoso. Conforme Tabela 3, E. coli foi detectada em 2 pontos (P7 e P8) no período chuvoso.

A detecção de coliformes totais em diversos pontos da rede, conforme indicado na Tabela 2, favorece a relação entre a insuficiência do cloro residual e a recontaminação da água

distribuída, esses resultados apontam para falhas no sistema de desinfecção e na manutenção da rede, requerendo intervenções imediatas.

5.5. Conformidade com a Legislação Vigente

A Tabela 5 apresenta a análise de conformidade de 25 amostras de água tratada. O pH e a turbidez apresentaram 100% de conformidade (25/25 amostras).

A cor aparente atingiu apenas 40% de conformidade (10/25 amostras): 7 de 12 no período de estiagem e 3 de 13 no chuvoso. O cloro residual livre apresentou o pior desempenho: apenas 4% de conformidade (1/25 amostras), com 0 de 12 na estiagem e 1 de 13 no chuvoso atendendo ao mínimo de 0,2 mg/L.

Os coliformes totais apresentaram 52% de conformidade (13/25): 8 de 12 no período de estiagem e 5 de 13 no período chuvoso. E. coli apresentou 92% de conformidade (23/25): 12 de 12 no período de estiagem e 11 de 13 no período chuvoso. Cabe destacar que na saída da ETA (P3) os coliformes estiveram ausentes em ambos os períodos, o que confirma que a contaminação ocorre a jusante do tratamento.

De modo geral, o sistema pode ser classificado como tecnicamente funcional no que se refere ao tratamento propriamente dito, porém, operando muito próximo — e, em alguns parâmetros, aquém — dos limites de segurança sanitária exigidos pela legislação, sobretudo na etapa de distribuição.

5.6. Deficiências Identificadas

Os resultados das Tabelas 4 a 8 permitiram identificar as seguintes deficiências:

Deficiência operacional crítica: apenas 4% das amostras apresentaram cloro residual adequado (Tabela 5), comprometendo a desinfecção na rede.

Deficiência na rede de distribuição: detecção de coliformes totais em 48% dos pontos da rede (12/25 amostras, Tabela 5), apesar da ausência na saída da ETA (P3, Tabela 4), indicando recontaminação.

Não conformidade de cor aparente: 60% das amostras (15/25) apresentaram cor acima de 15 uC (Tabela 5), especialmente no período chuvoso.

Comprometimento do manancial: oxigênio dissolvido abaixo de 5,0 mg/L em 100% das amostras de água bruta (Tabela 1), e cor acima de 75 uC em todos os pontos.

Essas limitações reforçam a necessidade de intervenções corretivas e preventivas, conforme apresentado no capítulo de recomendações, com vistas a assegurar maior segurança sanitária, eficiência operacional e sustentabilidade do sistema de abastecimento.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos para a água bruta, tratada e distribuída no sistema de abastecimento do IF Goiano – Campus Urutaí, observando a legislação vigente e o referencial teórico sobre qualidade da água e operação de estações de tratamento convencionais. A discussão está organizada em torno de três eixos principais: condição do manancial, desempenho da ETA e vulnerabilidades na rede de distribuição, com ênfase nas implicações sanitárias e ambientais para o campus.

6.1. Características da água bruta e implicações para o tratamento

Os resultados da caracterização da água do Córrego Palmital evidenciaram variações sazonais marcantes entre os períodos de estiagem e chuvoso, típicas de corpos hídricos inseridos no bioma Cerrado. A turbidez foi mais elevada no período chuvoso no ponto de represa (P1), atingindo 20,60 NTU, em comparação aos 8,15 NTU registrados na estiagem, indicando maior arraste de sólidos em suspensão em condições de maior escoamento superficial. Em contrapartida, os sólidos totais foram superiores na estiagem (até 78 mg/L), sugerindo maior concentração de matéria dissolvida em situação de menor vazão.

A cor aparente apresentou valores entre 130 e 180 uC, superando o limite de 75 uC estabelecido para águas de Classe 2 pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todas as amostras, o que indica contribuição significativa de matéria orgânica e outros compostos no manancial. O oxigênio dissolvido manteve-se abaixo de 5,0 mg/L em todos os pontos e períodos avaliados (3,5 a 4,5 mg/L), configurando não conformidade.

Do ponto de vista microbiológico, a presença de coliformes totais em todas as amostras e de coliformes termotolerantes no período chuvoso reforça o caráter vulnerável do manancial e a influência de fontes de contaminação de origem antrópica no córrego. Ainda que nitrato e fósforo tenham permanecido abaixo dos limites legais, os resultados para cor, oxigênio dissolvido e indicadores microbiológicos apontam a necessidade de ações de proteção do manancial e de manejo da bacia como componente estruturante da segurança hídrica do campus.

6.2. Desempenho da Estação de Tratamento de Água

A análise dos parâmetros na entrada e na saída da ETA indica que, apesar das limitações estruturais e operacionais, o sistema de tratamento apresenta elevada eficiência na remoção de material particulado e na desinfecção na etapa de saída da estação. A turbidez foi reduzida de 8,78 para 0,28 NTU no período de estiagem e de 11,60 para 0,12 NTU no período chuvoso, o que corresponde a eficiências de 96,8% e 99,0%, respectivamente, valores compatíveis com o desempenho esperado para ETAs convencionais bem operadas. De forma semelhante, a cor aparente foi reduzida de 175 para 10 uC na estiagem e de 130 para 0 uC no período chuvoso, alcançando remoções de 94,3% e 100%.

Do ponto de vista microbiológico, os coliformes totais foram completamente removidos na saída da ETA em ambos os períodos, e não foi detectada *E. coli* neste ponto, o que demonstra que, sob as condições de operação adotadas, o conjunto de etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção é capaz de produzir água em conformidade com os padrões legais na saída da estação. O pH manteve-se na faixa de potabilidade (entre 6,0 e 9,5) após o tratamento, indicando que os processos utilizados não promoveram alterações indesejáveis em termos de acidez ou alcalinidade.

Entretanto, o desempenho observado está fortemente condicionado à atuação manual dos operadores, uma vez que a ETA não dispõe de automação, sensores de monitoramento contínuo nem registros operacionais sistematizados. Essa condição torna o sistema susceptível a falhas, sobretudo em períodos de variação acentuada da qualidade da água bruta, quando seriam necessários ajustes mais finos e frequentes na dosagem de coagulantes e desinfetantes. A dependência exclusiva de procedimentos manuais, aliada à infraestrutura antiga e com sinais de desgaste, configura um cenário em que a eficiência atual, embora satisfatória, está próxima do limite operacional e sem margens de segurança robustas.

6.3. Qualidade da água na rede de distribuição e riscos sanitários

A avaliação dos pontos localizados nos reservatórios e bebedouros revelou que as principais inconsistências de qualidade da água ocorrem na etapa de distribuição, e não no tratamento propriamente dito. Em termos físico-químicos, pH e turbidez apresentaram 100% de conformidade em todas as amostras de água tratada (P3 a P15), o que evidencia manutenção

adequada desses parâmetros ao longo da rede. Contudo, a cor aparente permaneceu acima do limite de 15 uC em 60% das amostras (15 de 25), com maior incidência de não conformidades no período chuvoso, sobretudo em bebedouros internos dos pontos P7, P11, P12 e P13.

O parâmetro mais crítico foi o cloro residual livre, que apresentou taxa de conformidade de apenas 4% na rede de distribuição, com praticamente todas as amostras abaixo do valor mínimo recomendado pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Essa insuficiência do desinfetante ao longo da rede está diretamente relacionada à detecção de coliformes totais em 48% das amostras de água tratada, especialmente em pontos terminais, indicando recontaminação após a saída da ETA. Ainda que a conformidade para *E. coli* tenha sido elevada (92%), a presença desse indicador em dois bebedouros durante o período chuvoso demonstra a existência de episódios de risco microbiológico efetivo em pontos de consumo.

Esse conjunto de resultados permite afirmar que a barreira sanitária garantida pelo tratamento é parcialmente perdida na etapa de distribuição, seja pela queda do cloro residual, seja por condições inadequadas de higienização de reservatórios, tubulações e bebedouros. Em um ambiente escolar com circulação diária de grande número de estudantes, servidores e residentes, essa condição representa risco potencial à saúde, ainda que não tenham sido registrados surtos de doenças de veiculação hídrica no período analisado. Por esses resultados, a rede de distribuição deve ser encarada como componente ativo do sistema de abastecimento, exigindo rotinas sistemáticas de manutenção preventiva, limpeza e monitoramento, e não apenas como um conjunto de condutos passivos.

6.4. Fatores afetam a Eficiência do Sistema

A análise conjunta dos resultados e das observações de campo permite identificar três grupos de fatores que condicionam a eficiência e a segurança do sistema: operacionais, estruturais e ambientais. No âmbito operacional, destacam-se a dosagem manual de coagulantes e cloro, a ausência de monitoramento contínuo de parâmetros críticos, a inexistência de registros padronizados de operação e a falta de rotina formal de manutenção e higienização de reservatórios e bebedouros. Tais aspectos explicam, em grande medida, a dificuldade de manter níveis adequados de cloro residual e a recorrência de recontaminação microbiológica na rede.

Quanto aos fatores estruturais, a ETA apresenta infraestrutura implantada em 1986, sem modernizações significativas, com sinais de desgaste em decantadores, filtros e tubulações, enquanto a rede de distribuição possui trechos antigos, com potencial de infiltrações e pontos

cegos de acúmulo de incrustações. Esses elementos contribuem tanto para perdas de cloro ao longo do percurso quanto para a eventual introdução de contaminantes na água já tratada. No nível ambiental, a condição do Córrego Palmital, com cor e oxigênio dissolvido fora dos padrões de Classe 2, indica que o tratamento trabalha sobre um manancial já pressionado, o que torna o sistema mais sensível a eventos extremos e a mudanças no uso e ocupação do solo nas proximidades do córrego.

Dessa forma, a eficiência observada na ETA não pode ser analisada de forma isolada, pois depende simultaneamente da qualidade da água bruta, da robustez da infraestrutura e da capacidade de operação e manutenção do conjunto estação-rede. A classificação do sistema como tecnicamente funcional, porém operando próximo aos limites de segurança sanitária, decorre exatamente dessa conjugação de eficiência pontual no tratamento com fragilidades relevantes na distribuição e na gestão do manancial.

6.5. Implicações para a gestão da água no campus e para a conservação de recursos hídricos no Cerrado

Os resultados obtidos têm implicações diretas para a gestão da água no IF Goiano – Campus Urutaí e dialogam com desafios mais amplos de conservação de recursos hídricos no Cerrado. No âmbito institucional, o diagnóstico evidencia que medidas relativamente simples, como ajuste da dosagem de cloro, implantação de rotina de monitoramento do residual, limpeza periódica de reservatórios e bebedouros e organização de um plano de manutenção preventiva, podem produzir ganhos imediatos na segurança da água distribuída. Ao mesmo tempo, o estudo aponta a necessidade de planejamento de médio e longo prazo para modernização da ETA e da rede, com investimentos em automação, renovação de equipamentos e melhoria do controle operacional.

Em escala mais ampla, a condição do Córrego Palmital ilustra o cenário de pressão sobre mananciais típicos do Cerrado, em que a combinação de uso agropecuário intensivo, supressão de vegetação nativa e ausência de monitoramento hidrológico contínuo tende a comprometer tanto a qualidade quanto a disponibilidade hídrica. Por isso, a experiência do campus pode servir como referência para outras instituições públicas com sistemas próprios de abastecimento, ao articular diagnóstico técnico, análise crítica e proposição de ações de gestão integrada do manancial, da ETA e da rede de distribuição. Assim, a melhoria do sistema de abastecimento do IF Goiano não se limita à conformidade legal, mas se insere em uma

perspectiva mais ampla de uso racional da água e de fortalecimento da gestão sustentável dos recursos hídricos no bioma Cerrado.

7. RECOMENDAÇÕES

As recomendações são apresentadas a seguir, organizadas em ações de curto, médio e longo prazo, de modo a orientar a implementação gradual das melhorias operacionais, estruturais e de gestão.

7.1. Ações de curto prazo (até 1 ano)

As ações de curto prazo têm caráter imediato e, em sua maioria, são consideradas prioritárias por se relacionarem diretamente à segurança sanitária e à operação cotidiana do sistema.

Ajustar a dosagem de cloro na saída da ETA, de modo a garantir concentração de cloro residual livre dentro da faixa recomendada pela legislação ao longo de toda a rede de distribuição, priorizando-se esta medida em razão de sua relação direta com a inativação de microrganismos patogênicos e com a redução do risco sanitário.

Implementar rotina sistemática de monitoramento de cloro residual, turbidez e pH na saída da ETA, nos reservatórios e em pontos representativos da rede de distribuição, com frequência mínima diária para o cloro residual e semanal para turbidez e pH, assegurando registro em planilhas padronizadas.

Realizar limpeza e desinfecção dos reservatórios de armazenamento e dos bebedouros, seguindo procedimentos padronizados e utilizando solução clorada adequada, com registro das intervenções (data, responsáveis, procedimentos adotados) para garantir rastreabilidade.

Inspecionar e, quando necessário, substituir componentes em mau estado (torneiras, conexões, mangueiras e partes internas de bebedouros) que possam favorecer recontaminação da água após o tratamento, priorizando os pontos onde foram detectadas inconformidades microbiológicas.

Promover limpeza dos decantadores e filtros da ETA, com remoção do lodo acumulado e verificação visual da integridade estrutural, de forma a manter a elevada eficiência já observada na remoção de turbidez e na etapa de clarificação.

Padronizar e formalizar procedimentos operacionais rotineiros (preparo e dosagem de coagulante, cloração, sequência de lavagem de filtros, resposta a desvios de qualidade), elaborando instrução de trabalho simplificada para utilização pelos operadores.

7.2. Ações de médio prazo (1 a 3 anos)

As ações de médio prazo têm o objetivo de fortalecer a rotina de manutenção, melhorar o acompanhamento da qualidade da água e fazer ajustes tecnológicos necessários, garantindo que o sistema continue funcionando de forma segura e eficiente.

Estruturar um plano formal de manutenção preventiva da ETA e da rede de distribuição, com definição de periodicidade para limpeza de unidades de tratamento, inspeções em tubulações e reservatórios, calibração de equipamentos e substituição programada de componentes críticos.

Instituir programa de capacitação continuada para os operadores da ETA, com ênfase em boas práticas de operação, segurança no manuseio de produtos químicos, interpretação de resultados de monitoramento e adequação às exigências da Portaria GM/MS nº 888/2021.

Implantar um programa sistemático de monitoramento da qualidade da água em toda a linha de abastecimento (manancial, saída da ETA, reservatórios e pontos de consumo), contemplando parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em conformidade com a legislação vigente.

Organizar os dados de monitoramento em banco digital (planilhas ou software institucional), permitindo análises comparativas entre períodos de estiagem e chuvoso, identificação de tendências de inconformidade e suporte à tomada de decisão pela gestão do campus.

Adquirir e instalar instrumentos de medição de pH e turbidez na saída da ETA, possibilitando ajustes operacionais mais precisos e redução da dependência exclusiva de análises laboratoriais.

Avaliar o desempenho e, se necessário, promover a substituição de dosadores antigos de coagulantes e de cloro por equipamentos que ofereçam maior estabilidade e precisão de dosagem, contribuindo para a regularidade do tratamento diante das variações sazonais da qualidade da água bruta.

7.3. Ações de longo prazo (acima de 3 anos)

As ações de longo prazo concentram-se na modernização da infraestrutura, na automação gradual do sistema e na integração da gestão do manancial com a política institucional de conservação de recursos hídricos.

Elaborar e executar projeto de modernização da ETA, contemplando adequações estruturais e tecnológicas da unidade implantada em 1986, com vistas à atualização dos processos de tratamento, à melhoria das condições de operação e à adequação às demandas futuras de abastecimento do campus.

Planejar a implantação gradativa de sistemas de automação e supervisão (por exemplo, para acompanhamento de vazões, dosagens e parâmetros de qualidade da água), priorizando inicialmente as etapas críticas de coagulação, filtração e desinfecção.

Integrar o controle da qualidade da água e o desempenho do sistema de abastecimento às políticas institucionais de sustentabilidade, estabelecendo metas de redução de perdas, de melhoria de eficiência energética e de aumento de conformidade com os padrões de potabilidade, com divulgação periódica de resultados para a comunidade acadêmica.

Articular, em parceria com setores internos e órgãos externos, ações de conservação do Córrego Palmital e de sua bacia de contribuição, incluindo iniciativas de proteção de nascentes, controle de erosão e incentivo à manutenção de cobertura vegetal, de modo a reduzir pressões sobre o manancial utilizado pelo campus.

Desenvolver projetos de pesquisa aplicada e extensão tecnológica voltados à avaliação de alternativas de reforço da desinfecção e ao monitoramento em tempo quase real de parâmetros da água, envolvendo estudantes e docentes e fortalecendo a integração entre gestão, ensino e pesquisa.

Ampliar ações de educação ambiental e de uso racional da água junto à comunidade acadêmica, utilizando os dados obtidos no programa de monitoramento como ferramenta pedagógica e como base para campanhas permanentes de conservação de recursos hídricos no âmbito institucional.

Com base no diagnóstico realizado e nas recomendações deste capítulo, foi elaborado um plano de ações para a melhoria do sistema de abastecimento de água do IF Goiano – Campus Urutaí. A Figura 6 sintetiza essas ações, organizadas por horizonte temporal de implementação, servindo como referência para a priorização e o acompanhamento das medidas propostas.

Figura 6 - Plano de ações corretivas prioritárias

Prazo	Ação recomendada	Prioridade	Responsável principal
Imediato	Ajustar dosagem de cloro na saída da ETA	Alta	Operador da ETA
Imediato	Limpeza e desinfecção de reservatórios e bebedouros	Alta	Manutenção/ Serviços gerais
Imediato	Registro rotineiro de cloro, turbidez e pH	Alta	Operador da ETA
Curto prazo	Implantar plano de manutenção preventiva da ETA	Alta	Gestão da Infraestrutura
Curto prazo	Implantar registros digital das medições	Média	Gestão/ Setor TI
Médio/longo prazo	Modernização estrutural e automação da ETA	Alta	Direção do Campus
Médio/longo prazo	Ações de conservação do Córrego Palmital	Média	Gestão ambiental

Fonte: elaborado pelo Autor (2026).

8. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu realizar um diagnóstico técnico abrangente do sistema de abastecimento de água do IF Goiano – Campus Urutaí, avaliando desde a captação no Córrego Palmital até a distribuição nos pontos de consumo, com base na legislação vigente. Os resultados evidenciaram que a Estação de Tratamento de Água apresenta bom desempenho nas etapas convencionais de tratamento, com elevada eficiência na remoção de turbidez e adequada eliminação de microrganismos na saída da ETA, indicando funcionamento satisfatório do processo de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Entretanto, foram identificadas fragilidades relevantes no sistema, especialmente na rede de distribuição, onde se observaram não conformidades relacionadas ao cloro residual livre e ocorrências pontuais de coliformes, indicando possível recontaminação da água após o tratamento. Esses resultados sugerem que, embora o tratamento seja eficiente, a manutenção da qualidade da água ao longo da rede é comprometida por fatores como baixa concentração de desinfetante, ausência de rotina de limpeza, envelhecimento da infraestrutura e limitações operacionais decorrentes da baixa automação do sistema.

Dessa forma, o sistema pode ser classificado como tecnicamente funcional, porém operando próximo ao limite de segurança sanitária, o que demanda intervenções prioritárias.

As melhorias propostas incluem ajustes operacionais, implantação de monitoramento contínuo, manutenção preventiva e modernização estrutural da ETA, visando garantir maior confiabilidade no abastecimento, reduzir riscos à saúde pública e fortalecer a gestão sustentável dos recursos hídricos no campus, com potencial de replicação em sistemas de pequeno porte inseridos no contexto do Cerrado

9. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC: APHA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: ANA, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: projeto de sistemas de abastecimento de água**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12621: coleta e preservação de amostras de água**. Rio de Janeiro, 2014.

BAPTISTA, Andressa Camargo; OLIVEIRA, Matheus Pereira de; VIEIRA, Gabriela Carlomagno; ALMEIDA, Ronei de. **Ultrafiltração e Nanofiltração no Tratamento de Água para Abastecimento Público: uma revisão da literatura**. Revista Internacional de Ciências Ambientais, v. 15, n. 02, p. 181-201, UERJ, 2025. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/download/93156/55686/359631>. Acesso em: 11 abr. 2026.

BÁRTA, Renata Linassi; SILVA, José Antônio Gozalez da; DARONCO, Carla Regina; PRETTO, Carolina, STUMM, Eniva Miladi Fernandes, COLET, Christiane de Fátima. **Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura**. Vigil. sanit. Debate, n.9, vol.4, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – VIGIAGUA**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

DI BERNARDO, Luiz.; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Sedimentação e filtração**. São Carlos: RiMa, 2005.

FERREIRA, A. L.; SANTOS, R. C.; MORAES, P. R. Conservação dos recursos hídricos no Cerrado: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Naturais**, v. 12, n. 3, p. 45–60, 2020.

HELLER, Leo; PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA (ISPN). **Berço das Águas**. 2025. Disponível em: <https://ispn.org.br/biomas/cerrado/berco-das-aguas/>. Acesso em: 11 abr. 2026.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIMA, J. R.; SILVA, T. F. O Cerrado como berço das águas: importância ecológica e ameaças atuais. **Ciência & Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 122–139, 2021.

OLIVEIRA, R. S. et al. Diagnóstico operacional de estações de tratamento de água de pequeno porte no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 415–428, 2022.

PANARELLI, Eliana Aparecida; VIDOTE, Sophia Oliveira; FUZZO, Daniela Fernanda da Silva; CARRILLO, Adriana Duneya Diaz; ANTÔNIO, Palmira Inocência; MILLAN, Rodrigo Ney. **Disponibilidade de água na nascente do Cerrado: relações com uso da terra e morfometria de bacia hidrográfica**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 26, n. 103, DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG2610374493>, p. 186–200, Fevereiro/2025.

SANTOS, Solange Laurentino; PIMENTEL, Giselly Maria da Costa; SILVA, Manuela Maria da; MELO, Eládio Correia de; MEDEIROS, Marcílio Sandro de. **Acesso à água como direito humano no Amazonas**. Revista Geonorte, v.15, n.51, p.122-136, 2024.

SILVA, J. F.; SOUZA, M. R.; OLIVEIRA, P. A. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água para consumo humano em sistema de abastecimento público. **Revista X de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 1–12, 2021.

SOUZA FILHO, José Demontier Vieira de; MENESES E SILVA, Bruna Evans Sousa; SOUSA, Laura Valine Assunção de; CAVALCANTE, Maria Eduarda Paiva; CARACAS, Carlos Vinícius Guedes. **Reuso de água na construção sustentável**. Revista Engenharia & Ação, v.3, n.1, DOI: <https://doi.org/10.71136/rea.v3i1.794>, 2025.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 7–16, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>, 2008.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

XAVIER, Manoel das Virgens Souza; QUADROS, Helenita Costa; SILVA, Monique Santos Sarly da. **Parâmetros de potabilidade de água para o consumo humano**: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 1, 2022.