



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
CURSOTECNÓLOGO EM GESTÃO AMBIENTAL  
CAMPUS LARANJAL DO JARI

LEONEL SANTOS DE OLIVEIRA  
ROSILENE DA CONCEIÇÃO FERREIRA PIMENTEL

**RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E A ISO 24512: DESAFIOS  
DO SANEAMENTO EM LARANJAL DO JARI-AP.**

LARANJAL DO JARI

2023

LEONEL SANTOS DE OLIVEIRA  
ROSILENE DA CONCEIÇÃO FERREIRA PIMENTEL

**RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E A ISO 24512: DESAFIOS  
DO SANEAMENTO EM LARANJAL DO JARI-AP-AP.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso Tecnólogo em Gestão Ambiental como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental do Instituto Federal do Amapá.  
Orientador: Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja.

LARANJAL DO JARI

2023

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

- O048r Oliveira, Leonel Santos  
Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafios do saneamento em Laranjal do Jari-AP. / Leonel Santos Oliveira, Rosilene da Conceição Ferreira Pimentel. - Laranjal do Jari, 2023.  
33 f.: il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, 2023.
- Orientador: Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja.
- I. Resíduos Sólidos. 2. Sustentabilidade. 3. Desafios. I. Pimentel, Rosilene da Conceição Ferreira. I. Pantoja, Dr. Wanderson Michel de Farias, orient.  
II. Título.
- 


Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LEONEL SANTOS DE OLIVEIRA  
ROSILENE DA CONCEIÇÃO FERREIRA PIMENTEL

**RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E A ISO 24512: DESAFIOS  
DO SANEAMENTO EM LARANJAL DO JARI-AP-AP.**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso Tecnólogo em Gestão Ambiental como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental do Instituto Federal do Amapá.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **WANDERSON MICHEL DE FARIAS PANTOJA**  
Data: 08/02/2024 16:26:33-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

**Prof. Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja (Orientador)**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá**

Documento assinado digitalmente  
 **JULIANA EVELINE DOS SANTOS FARIAS**  
Data: 08/02/2024 11:15:06-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Ma. Juliana Eveline dos Santos Farias**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá**

Documento assinado digitalmente  
 **GIZELIA REIS DA SILVA**  
Data: 08/02/2024 15:27:08-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Ma. Gisela Reis da Silva**  
**Secretaria de Meio Ambiente de Laranjal do Jarí - Ap**

Aprovado (o) em: 26/12/2023  
Nota: 9,1

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida e por ter nos guiado nos dias mais difíceis.

Aos meus queridos professores, que ao longo dessa jornada se tornaram meus amigos, sempre nos incentivando a ir em frente e não deixando desistirmos.

Aos nossos colegas do curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental pela amizade e laços construídos ao longo do curso.

A todos nossos familiares por estarem sempre ao nosso lado. A todos, o meu muito obrigado

## RESUMO

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe uma análise abrangente sobre os resíduos gerados nas estações de tratamento de água (ETAs), em especial a ETA do Município de Laranjal do Jarí-AP, e os desafios enfrentados a essa temática. Inicialmente, aborda-se a importância vital das ETAs no fornecimento de água potável, ressaltando o papel fundamental que desempenham na preservação da saúde pública e na promoção do bem-estar social. Ao adentrar a discussão sobre os resíduos originados nesses processos, o trabalho examina a diversidade de materiais resultantes das operações de tratamento de água, destacando suas características. Isso inclui subprodutos químicos, sólidos sedimentáveis, e outros elementos que demandam atenção especial devido aos potenciais impactos ambientais. A metodologia empregada para a realização da pesquisa foi uma busca de referências bibliográficas. Os desafios enfrentados na gestão desses resíduos são minuciosamente explorados, considerando as complexidades envolvidas em sua coleta, transporte, tratamento e disposição final. Questões relacionadas à legislação ambiental, normas técnicas e responsabilidade socioambiental são cuidadosamente examinadas, ressaltando a necessidade de estratégias integradas e abordagens sustentáveis. Além disso, o trabalho investiga tecnologias emergentes e inovações no campo do tratamento de resíduos de ETAs que possam ser adotadas no município de Laranjal do Jarí-AP, visando identificar soluções mais eficientes e ambientalmente amigáveis. Questões econômicas associadas à implementação dessas tecnologias também são abordadas, considerando o equilíbrio entre eficácia operacional e viabilidade financeira. No contexto da responsabilidade social corporativa, este trabalho explora a importância da conscientização pública sobre a gestão de resíduos de ETAs. Estratégias de engajamento da comunidade e programas de educação ambiental são discutidos como instrumentos essenciais para promover uma participação ativa e informada da sociedade na busca por soluções sustentáveis. Em suma, o presente trabalho propõe uma análise aprofundada dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água e seus desafios, integrando aspectos técnicos, ambientais, legais e sociais. Ao fazê-lo, visa contribuir para o avanço do conhecimento nesse campo crucial, fornecendo insights valiosos para profissionais, pesquisadores e gestores comprometidos com a sustentabilidade e a qualidade da água potável.

**Palavras-chaves:** resíduos sólidos; sustentabilidade; desafios.

## ABSTRACT

The Course Conclusion Work (TCC) proposes a comprehensive analysis on the waste generated in water treatment stations (ETAs), in particular the ETA of the municipality of Laranjal do Jarí-AP, and the challenges faced with this theme. Initially, it addresses the vital importance of ETAs in the supply of drinking water, highlighting the fundamental role they play in the preservation of public health and the promotion of social well-being. In entering into the discussion about the waste originating in these processes, the work examines the diversity of materials resulting from water treatment operations, highlighting their characteristics. This includes chemical by-products, sedimentary solids, and other elements that require special attention due to potential environmental impacts. The methodology used for conducting the research was a search for bibliographic references. The challenges faced in the management of these wastes are thoroughly explored, considering the complexities involved in their collection, transport, treatment and final disposal. Questions relating to environmental legislation, technical standards and socio-environmental responsibility are carefully examined, highlighting the need for integrated strategies and sustainable approaches. In addition, the work investigates emerging technologies and innovations in the field of waste treatment of ETAs that can be adopted in the municipality of Laranjal do Jarí-AP, aimed at identifying more efficient and environmentally friendly solutions. Economic issues associated with the implementation of these technologies are also addressed, considering the balance between operational effectiveness and financial viability. In the context of corporate social responsibility, this work explores the importance of public awareness on waste management of ETAs. Community engagement strategies and environmental education programmes are discussed as essential tools to promote active and informed participation of society in the search for sustainable solutions. In short, the present work proposes an in-depth analysis of waste generated in water treatment plants and its challenges, integrating technical, environmental, legal and social aspects. In doing so, it aims to contribute to the advancement of knowledge in this crucial field by providing valuable insights to professionals, researchers and managers committed to the sustainability and quality of drinking water.

Keywords: solid waste; sustainability; challenges.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Revisão de literatura.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>Estações de tratamento de água .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2</b>	<b>Resíduos gerados no processo de tratamento de água .....</b>	<b>16</b>
<b>5.3</b>	<b>Lagoas de secagem .....</b>	<b>18</b>
<b>5.4</b>	<b>Centrífugas .....</b>	<b>18</b>
<b>5.5</b>	<b>Leitos de secagem .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>OUTORGA DE ÁGUA .....</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>Processos de outorga.....</b>	<b>20</b>
<b>6.2</b>	<b>Importância da Outorga .....</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>Disposição final dos resíduos.....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>Área de estudo .....</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>Coleta de dados .....</b>	<b>24</b>
<b>7.3</b>	<b>Análise de dados .....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Revisão de literatura

No Brasil existem cerca de 7.500 estações de tratamento de água (ETAs) projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração. Este sistema, como amplamente conhecido, gera resíduos, principalmente nos decantadores (lodo) e filtros, complexos em suas estruturas, pois possuem morfologia irregular, muitas vezes com características reológicas de fluido não newtoniano e ampla distribuição de tamanho de partículas (SLATTER, 1997; DENTEL, 1997), que são de difícil manejo e disposição.

As Estações de Tratamento de Água (ETA) que operam em ciclo completo, produzem resíduo sólido conhecido como lodo, sendo este possível causador de impactos ambientais negativos se não realizada a destinação final ambientalmente adequada. Os principais resíduos gerados nas ETAs, que possuem tecnologia de ciclo completo, são o lodo de decantadores e a água de lavagem de filtros (ALAF). Esses resíduos apresentam características e propriedades diversas e geralmente desconhecidas, dificultando a solução do problema.

Segundo GRANDIN, *et al.*, (1993), o lodo de estações de tratamento de água é constituído por resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta, tais como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areia, argila, silte, cálcio, magnésio, ferro, manganês e outros elementos traço. A disposição no ambiente ou o uso desse lodo como matéria prima de algum produto requer monitoramento para avaliar a transferência de elementos traço para o ambiente.

O destino de lodos de estações de tratamento de água e esgoto varia: disposição em aterro sanitário e uso em substratos e adubos orgânicos preparados por compostagem com restos de vegetais, resíduos sólidos domésticos, biossólidos, etc.; lançamento em rede coletora de esgoto ou diretamente nas estações de tratamento de esgotos; disposição controlada em certos tipos de solos; uso em fabricação de materiais de construção misturado com argila, ou com outros resíduos como restos de construção, visando por exemplo fabricação de materiais do tipo solo- cimento e lajotas para pisos.

Nos Últimos anos o município de Laranjal do Jari-AP teve uma grande mudança em sua ETA, que antes era gerenciada pelo Estado através da Companhia de Água e Esgoto do Amapá-CAESA, desde 4 de março de 1969 e constituída em 24 de abril de 1973.

Agora gerenciada pela empresa privada Concessionária de Saneamento do Amapá (CSA Equatorial), que iniciou suas operações no dia 13 de julho de 2022 em todas as áreas urbanas dos 16 municípios amapaenses. A chegada da concessionária se deu a partir de um contrato de concessão com foco na melhoria dos serviços de água e esgoto para cerca de 750 mil amapaenses nos próximos 35 anos.

A Norma ISO 24510, desenvolvida pela Comissão Técnica ISO TC224 e publicada em dezembro de 2007, constitui o primeiro conjunto de normas de serviço publicadas pela *International Organization for Standardization* (ISO), que se caracteriza como sendo de aplicação voluntária, não se propondo a certificar. A discussão sobre esta nova série de normas ISO 24510 iniciou-se em setembro de 2002, na França, após a criação do Comitê Técnico (TC 224) em 2001, onde se realizou a primeira plenária com participação de 33 países e algumas organizações internacionais, tais como: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS); *African Water Association* (AfWA); *Consumers International* (CI), *European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services* (EUREAU); *International Water Association* (IWA); *European Office of Crafts, Trades and Small and Medium- Sized Enterprises for Standardisation* (NORMAPME); *World Health Organization* (WHO); e *World Bank Group Archives* (WBGA) (ISO, 2007d). Os países da América que participam do comitê técnico 224 são: Argentina, Canadá, Cuba, Estados Unidos, México e Uruguai. A Colômbia e o Equador são apenas países observadores, e o Brasil não faz parte (ISO, 2007d).

A aplicação de tais normas tem grande importância na busca de melhoria de qualidade e sustentabilidade do setor de água e esgoto, caracterizando-se como ferramenta para o enquadramento na Lei 11.445/2007. Um dos aspectos fundamentais referentes ao aprimoramento da gestão de qualidade em sistemas de tratamento de água está intimamente ligado ao seu funcionamento, operação e características de geração e disposição final dos resíduos, que, na maioria das vezes, infringe as Leis 9.605/98 (BRASIL, 1998) e 11.445/2007 (BRASIL, 2007), exigindo dos gestores novas posturas. Assim, os indicadores propostos pela ISO 24512 se tornam ferramentas decisivas na avaliação e gestão dos sistemas, visando à melhoria contínua de qualidade.

Desse modo, o foco principal da ISO é aplicar normas internacionais em todos os campos, como normas técnicas, de procedimentos e processos, classificações de países e afins. No Brasil, a entidade é representada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Dentre as normas ligadas à eficiência estão as ações que visam o mínimo de impacto em relação ao meio ambiente. Para alcançar o seu propósito, a ISO

fomentainternacionalmente a normatização de empresas e produtos, sempre visando a certificação de sua qualidade. Os conjuntos de normas são atribuídos com numerações específicas de acordo com a área de aplicação e, também, com o aprofundamento de exigências.

## 2 PROBLEMÁTICA

A gestão de resíduos em estações de tratamento de água é uma questão de crescente importância, não apenas devido à necessidade de assegurar a qualidade da água potável, mas também para atender às demandas de sustentabilidade e regulamentações ambientais. Nesse contexto, a norma internacional ISO 24512 se apresenta como um guia fundamental para orientar as práticas de saneamento. No entanto, a efetiva implementação dessa norma em estações de tratamento de água enfrenta inúmeros desafios.

Uma das problemáticas fundamentais que merece análise aprofundada é: Como a aplicação da ISO 24512 pode melhorar a gestão de resíduos na estação de tratamento de água do Município de Laranjal do Jari e contribuir para a eficiência operacional, a sustentabilidade ambiental e o cumprimento das normas de saneamento, considerando os desafios específicos enfrentados por essas instalações?

A resposta a essa problemática requer uma investigação minuciosa sobre as práticas existentes de gestão de resíduos na estação de tratamento de água e a forma como a implementação da ISO 24512 pode otimizar essas práticas. Além disso, é necessário considerar os obstáculos práticos, regulatórios e financeiros que podem surgir ao buscar essa conformidade normativa.

### 3 JUSTIFICATIVA

A gestão de resíduos em estações de tratamento de água é uma questão crucial e multidimensional, que transcende a simples purificação da água. Essa problemática justifica uma investigação aprofundada devido a uma série de razões fundamentais:

**Relevância Ambiental e de Saúde Pública:** A má gestão de resíduos em estações de tratamento de água pode levar a sérios impactos ambientais, como a poluição da água e do solo, bem como ameaçar a saúde pública. Portanto, abordar esse problema é fundamental para a preservação do meio ambiente e para garantir água potável segura.

**Cumprimento de Normas Internacionais:** A norma ISO 24512 estabelece diretrizes para a gestão de resíduos em sistemas de água potável, desempenhando um papel fundamental no contexto da padronização global em saneamento. Explorar sua aplicação e eficácia é relevante para garantir o cumprimento das normas internacionais.

**Desafios Específicos das Estações de Tratamento de Água:** Cada estação de tratamento de água enfrenta desafios específicos, seja devido a variações na qualidade da água bruta, capacidade operacional ou regulamentações regionais. Portanto, é essencial compreender como a aplicação da ISO 24512 pode ser adaptada para atender a essas variações.

**Sustentabilidade e Eficiência Operacional:** A pesquisa nessa área tem o potencial de melhorar a eficiência operacional das estações de tratamento de água, reduzir custos operacionais e minimizar o impacto ambiental. Isso está alinhado com os princípios da sustentabilidade e da eficiência de recursos.

**Contribuição para a Comunidade Científica e Profissional:** Investigar essa problemática pode resultar em insights valiosos que beneficiarão a comunidade científica e profissional envolvida no tratamento de água e saneamento, permitindo o aprimoramento contínuo das práticas.

Portanto, a pesquisa em torno dessa problemática é motivada pela necessidade de abordar questões prementes de saúde pública, ambientais e normativas, e pela busca de soluções que melhorem a gestão de resíduos em estações de tratamento de água, promovendo uma sociedade mais saudável e sustentável.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Descrever os processos do tratamento de água e quais os resíduos gerados, buscando compreender se a destinação final desses resíduos está de acordo com a legislação e em conformidade com a norma ISO 24512 de saneamento estabelecida.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Resíduos gerados através da captação e tratamento de água no Município de Laranjal do Jari-AP.
- Destinação final dos resíduos gerados na Estação de Tratamento de Água
- Os principais desafios enfrentados no tratamento de água na estação de tratamento de água no Município de Laranjal do Jari-AP.
- As disposições impostas pela norma ISO 24512, a aplicação de tais normas tem grande importância na busca de melhoria de qualidade e sustentabilidade do setor de água e esgoto.

## 5 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 5.1 Estações de tratamento de água

A estação de tratamento de água (ETA) é o local onde a água captada de uma fonte superficial ou subterrânea é tratada e purificada para se tornar potável, ou seja, própria para o consumo humano, ou para se tornar adequada para uso industrial. Não importa se a água vem de um rio, lago ou poço artesiano, antes de ser distribuída para qualquer torneira, pia, chuveiro ou bebedouro, ela precisa passar por uma estação de tratamento para se adequar aos padrões de potabilidade exigidos por lei e ser considerada segura, (Portaria nº 2914/11 do MINISTÉRIO DA SAÚDE).

O controle da poluição das águas é de grande importância para todos os países, principalmente os desenvolvidos, pois a introdução de substâncias químicas nos corpos de água, oriundas de fontes antrópicas, é uma ameaça a seus usos preponderantes e ao funcionamento dos ecossistemas. A necessidade de medidas para impedir e controlar a liberação dessas substâncias nos ambientes aquáticos conduz ao desenvolvimento de políticas e estratégias para o gerenciamento baseada em critérios para a qualidade das águas (HELMER e HESPANHOL, 1997).

Para isso, uma série de parâmetros precisam ser seguidos. Não basta que a água tenha aspecto limpo e não possua gosto ou cheiro; esse é na verdade um aspecto estético do tratamento do seu tratamento. O aspecto higiênico é o mais importante: é preciso que a água esteja também livre de vírus, bactérias e qualquer microrganismo patogênico invisível que possa causar doenças. Vale lembrar que o tratamento da água leva em conta fatores econômicos também, como redução de corrosividade através de um pH neutro.

Os mananciais de superfície constituem a principal fonte de abastecimento do Brasil. Dados de pesquisa por amostragem realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 1.907 municípios com sistemas de abastecimento de água revelam que 64,5% desses municípios são abastecidos por mananciais de superfície e 32,5% possuem manancial subterrâneo. Destaca-se que sistemas de abastecimento de água com captação superficial exigem cada vez mais tecnologias de tratamento apropriadas para compensar a constante degradação dos corpos aquáticos. Na Região Nordeste, 70% das cidades são abastecidas por rios, lagos e açudes (BRASIL, 2009). Estudo da ANA (2009) concluiu que o crescimento desordenado de grandes centros urbanos tem causado pressão sobre os recursos hídricos locais, gerando a necessidade de se buscar novas fontes de abastecimento em locais cada vez mais distantes e com investimentos maiores. É importante destacar que antes da mudança de

manancial devem ser concentrados esforços no sentido de adequar e ampliar as ETA implantadas, com ênfase para o máximo aproveitamento das unidades existentes.

O conjunto de processos e operações utilizados para adequar as características físico-químicas e biológicas das águas naturais constitui as ETA. Esses processos visam a remover ou diminuir as concentrações de substâncias encontradas na água bruta até padrões estabelecidos para a água potável, expressos por VMP, definidos no Brasil pela Portaria N.º 518 (BRASIL, 2004).

Para a maioria das tecnologias de tratamento, o processo de coagulação da água bruta é um componente essencial de forma a assegurar níveis adequados de qualidade tal como turbidez inferior a 1,0 uNT e ausência de microrganismos patogênicos como oocistos de *Cryptosporidium parvum*. Falhas neste processo inicial resultam em falhas ao longo do sistema de tratamento como sedimentação, flotação, filtração e desinfecção (HURST *et al.*, 2004).

A desinfecção de água para consumo humano foi introduzida como etapa de tratamento desde o início do século XX nos países em desenvolvimento. Este fato levou a uma drástica redução dos casos de doenças de veiculação hídrica como cólera e febre tifóide (HAAS, 1999). Por sua excelente ação como desinfetante e oxidante o cloro é amplamente utilizado no mundo inteiro em tratamento de água. O maior problema da aplicação de cloro é sua reatividade com MON e a conseqüente formação de SPO (SINGER & RECKHOW, 1999).

Nas ETA's busca-se a retirada do ferro e manganês para a diminuição da cor da água, podendo ser feita através da pré-oxidação ou pré-cloração, processo que pode favorecer a formação de THM. Esses elementos também são retirados da água quando estão associados aos flocos, sedimentando ou ficando retido nos filtros (BERNARDO e PAZ, 2010; LIBÂNIO, 2010; MEYER, 1994).

A necessidade de conhecer as características do lodo de ETA, nada mais é do que a preocupação de propor alternativas sustentáveis para reciclagem e/ ou destinação final deste resíduo que segundo a NBR 10.004/04 são classificados como “resíduos sólidos” e, portanto, deveriam ser tratados e dispostos dentro dos critérios estabelecidos pela norma da ABNT (REALI, 1999).

Por se tratar de resíduo sólido o lodo não pode ser disposto ao meioambiente, porém sabe-se que algumas ETAs lançam esse resíduo nos corpos d'água, após realizarem a lavagem ou descargas nos decantadores, agredindo assim o meio ambiente. O lodo de ETA, segundo Gradin, et al(1993) contém resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos provenientes da água

bruta, como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, colóides, areias, argila, silte, cálcio, magnésio, ferro, manganês, entre outros.

A caracterização de lodo de ETAs, Reali (1999) cita os principais parâmetros físico-químicos analisados são eles: sólidos totais (ST), sólidos voláteis (ST), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), concentração de fósforo e nitrogênio total, além de índices bacteriológicos e biológicos de interesse sanitário. Por causar efeito negativo ao meio ambiente, cresce a preocupação no descarte, tratamento e disposição desses resíduos. Segundo Di Bernardo e Centurione Filho (2002), quando se adota um sistema de tratamento e disposição dos resíduos, algumas considerações são importantes como: condição financeira, localização, disponibilidade de área, existência de mão de obra qualificada para manutenção e operação, quantidade de lodo produzida e qualidade da água bruta.

O lodo das Estações de Tratamento de Água são um dos principais problemas operacionais da indústria da água, daí a importância de se conhecer as características desses resíduos, conhecidos como lodo, e classificados segundo a NBR 10.004/04 como RESÍDUOS SÓLIDOS pertencentes à classe II- não perigosos, devendo ser tratados e dispostos segundo normas exigidas, pois geram riscos potenciais ao meio ambiente e saúde pública.

## **5.2 Resíduos gerados no processo de tratamento de água**

Os resíduos denominados de lodo, foram incluídos na definição de resíduos sólidos, pela Norma Brasileira NBR 10004 de 2004. O destino do lodo das ETAs no Brasil, em muitos casos tem sido o meio ambiente, prática proibida por órgãos ambientais, mas ainda muito comum no país, apesar das leis brasileiras, que visam o controle de emissões de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento de efluentes em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida. O potencial tóxico do lodo de ETAs depende principalmente da concentração de elementos tóxicos, além das características físico-químicas e das condições em que estes resíduos são dispostos. Outros fatores que também influenciam a toxicidade do lodo são as reações sofridas durante o processo de tratamento, forma e tempo de retenção dos contaminantes no lodo, características da água que é tratada na estação, composição e impureza dos coagulantes e outros produtos químicos utilizados no tratamento da água.

Brasil, a implantação de sistemas de tratamento de água está sujeita ao licenciamento ambiental, conforme a Resolução 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) (BRASIL, 1997b). Esta é uma obra de utilidade pública causadora

de impactos ambientais negativos, com o lançamento de resíduos provenientes dos decantadores e da ALAF em corpos d'água. A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Lei 9.433/97) estabelece que:

O lançamento de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final em corpos d'água, além de outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água, está sujeita à outorga do Poder Público (BRASIL, 1997a).

No Brasil, a frequência de remoção de lodo nos decantadores de ETA convencional de ciclo completo pode ser realizada em intervalos de até seis meses, pode gerar acúmulo de lodo com elevada concentração de contaminantes orgânicos e inorgânicos e também pode dificultar a remoção e disposição final. Assim, em algumas ETAs, é necessária a utilização de água em alta pressão a fim de auxiliar a remoção do lodo e raspadores manuais (rodos de madeira), que implica no contato direto de funcionários com este resíduo (ACHON, 2008).

Quanto às características, alguns trabalhos têm mostrado que a concentração de metais nos resíduos das ETAs pode ultrapassar limites impostos pelo padrão de emissão (CORDEIRO, 1993; 2001; BARROSO & CORDEIRO, 2002). Isso pode influenciar a qualidade da água tratada e comprometer ainda mais as condições de lançamento do lodo em corpos d'água. Portanto, os gestores responsáveis por sistemas que lançam resíduos in natura nos corpos d'água devem iniciar ações que permitam avaliar a forma de geração e destino dos mesmos e definir estratégias para essa solução. A forma de remoção de lodo das ETAs pode ser considerada um dos principais problemas de gestão deste resíduo, pois influencia diretamente em sua quantidade e qualidade.

Ainda hoje a maioria das ETAs lança diretamente seus lodos nos corpos d'água mais próximos; o setor de saneamento ambiental precisa ter uma visão mais abrangente do sistema de tratamento de água. Atualmente ela é horizontal [...]; há tendência internacional em se reduzir a quantidade de lodo produzido nas ETAs; o restante deve ser reciclado ou reusado e somente o que não puder ser aproveitado deve ser disposto (IE/SP, 2008).

Quando o lodo é retirado das unidades operacionais da ETE (filtro ou decantador) apresentasse em estado líquido e ocupa grande volume devido á grande quantidade de água presente. Para que seja transportado é necessário retirar a maior parte da água constituinte do lodo, desta forma aumentando a concentração de sólidos no resíduo, caso contrário o custo de transporte deste material tornar-se-ia excessivo. Existem vários processos para realizar o desaguamento, e a desidratação do lodo produzido na ETA, os principais modelos são (DI-BERNARDO,2008).

### 5.3 Lagoas de secagem

Lagoas de secagem, também conhecidas como lagoas de evaporação ou lagoas de secagem ao sol, são estruturas usadas para o tratamento de resíduos líquidos ou sólidos. Essas lagoas são projetadas para permitir a evaporação natural da água contida nos resíduos, resultando na concentração dos sólidos e na redução do volume do líquido residual.

As lagoas de secagem são comumente utilizadas em processos de tratamento de águas residuais industriais, onde os efluentes líquidos precisam ser processados antes de serem descartados ou reutilizados. Elas também podem ser empregadas no tratamento de resíduos sólidos, como lodo de esgoto, onde a redução de volume é desejável antes do descarte final.

### 5.4 Centrífugas

As centrífugas utilizadas para separar o lodo nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) são conhecidas como centrífugas de desidratação de lodo ou centrífugas de decantação. Essas centrífugas desempenham um papel fundamental no processo de tratamento de água, permitindo a remoção eficiente do lodo gerado durante as etapas de coagulação, floculação e decantação.

O lodo nas ETAs é composto por partículas sólidas, como argila, areia, matéria orgânica e microorganismos, que se acumulam no processo de tratamento de água. Essas partículas têm uma densidade maior do que a água e, portanto, tendem a se depositar no fundo dos tanques de decantação ou de sedimentação.

As centrífugas de desidratação de lodo funcionam girando rapidamente o lodo em um recipiente cilíndrico, criando uma força centrífuga que empurra as partículas sólidas para a parede externa do recipiente. À medida que o lodo é submetido à força centrífuga, a água presente no lodo é expelida, permitindo que as partículas sólidas sejam separadas do líquido.

## 5.5 Leitões de secagem

Os leitões de secagem são estruturas utilizadas nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) para realizar a desidratação e secagem final do lodo gerado durante o processo de tratamento de água. Esses leitões consistem em áreas abertas e rasas, geralmente feitas de concreto, onde o lodo é espalhado em uma camada fina para permitir que a água restante seja evaporada, resultando na redução do teor de umidade do lodo.

Após a separação inicial do lodo nas etapas de coagulação, floculação e decantação, o lodo ainda contém uma quantidade significativa de água. Para facilitar o manuseio, transporte e disposição adequada do lodo, é necessário reduzir seu teor de umidade. É aí que entram os leitões de secagem.

O lodo é bombeado ou transportado até os leitões de secagem, onde é distribuído uniformemente em camadas de espessura controlada. O lodo é então deixado exposto ao ar e à luz solar, permitindo que a água evapore gradualmente. A evaporação ocorre ao longo de um período de tempo, geralmente várias semanas, durante o qual o lodo é regularmente virado e misturado para promover a secagem uniforme.

À medida que a água evapora, o teor de umidade do lodo diminui e ele se transforma em uma consistência sólida. Uma vez que o lodo atinge o nível de umidade desejado, ele pode ser removido dos leitões de secagem e destinado a um local de disposição final, como um aterro sanitário ou uma instalação de compostagem.

Os leitões de secagem são uma etapa importante no gerenciamento do lodo nas ETAs, pois permitem a redução de volume e o aumento da estabilidade do material. Além disso, a secagem do lodo contribui para a redução do odor e dos riscos de contaminação ambiental associados ao armazenamento e transporte de lodo úmido.

É importante ressaltar que a eficácia dos leitões de secagem pode depender das condições climáticas locais, como a disponibilidade de luz solar e temperatura. Também é necessário seguir práticas adequadas de manejo do lodo durante o processo de secagem para garantir a conformidade com as regulamentações ambientais e minimizar os impactos negativos ao meio ambiente.

## 6 OUTORGA DE ÁGUA

### 6.1 Processos de outorga

A outorga de água é um instrumento de gestão dos recursos hídricos que visa regulamentar e controlar o uso da água, garantindo sua utilização de maneira sustentável, equitativa e eficiente. Ela envolve a concessão de direitos de uso da água por parte das autoridades competentes, como agências reguladoras ou órgãos ambientais, aos usuários que necessitam dela para suas atividades. (LEI DAS ÁGUAS N° 9.933/1997).

Principais pontos sobre a outorga de água:

**Objetivos:** A outorga tem como objetivo principal equilibrar a oferta e demanda de água, prevenindo a sobre exploração e garantindo a disponibilidade do recurso a longo prazo. Também busca preservar os ecossistemas aquáticos e assegurar o acesso à água para diversos usos, como abastecimento público, irrigação, geração de energia, indústria e lazer.

**Processo de Solicitação:** Os interessados em obter uma outorga de água precisam submeter um pedido às autoridades competentes. Esse pedido deve conter informações detalhadas sobre a finalidade do uso da água, quantidade requerida, período de utilização e localização.

**Análise Técnica e Ambiental:** As solicitações passam por análises técnicas e ambientais para avaliar os impactos potenciais do uso da água na região e nos ecossistemas. Isso inclui considerações sobre disponibilidade hídrica, qualidade da água, possíveis conflitos de uso e impactos ambientais.

**Critérios de Concessão:** A concessão da outorga é baseada em critérios pré-estabelecidos, levando em conta a quantidade de água disponível na fonte hídrica, as prioridades de uso, a sustentabilidade do recurso e a legislação vigente.

**Quantidade e Prazo:** A outorga especifica a quantidade de água que o usuário está autorizado a utilizar e o período de validade da concessão. É importante respeitar esses limites para evitar multas e penalidades.

**Monitoramento e Fiscalização:** As autoridades responsáveis monitoram o uso da água para garantir que os termos da outorga sejam cumpridos. A fiscalização é essencial para prevenir extrapolações e garantir a preservação dos recursos hídricos.

**Renovação e Revisão:** As outorgas têm prazos de validade e podem ser renovadas mediante análise do desempenho do usuário em relação ao uso da água. Também é possível revisar ou revogar outorgas caso haja mudanças nas condições ou prioridades de

uso. Importância Econômica e Ambiental: A outorga de água desempenha um papel crucial na gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a prevenção de crises de escassez, conflitos entre diferentes usuários e danos aos ecossistemas aquáticos.

Envolvimento da Comunidade: Muitas vezes, o processo de outorga envolve consultas públicas e participação da comunidade local para garantir que diferentes interesses sejam considerados e que a tomada de decisão seja transparente e justa.

## **6.2 Importância da Outorga**

Em resumo, a outorga de água é uma ferramenta essencial para a gestão responsável dos recursos hídricos, promovendo o equilíbrio entre as necessidades humanas, econômicas e ambientais relacionadas à água.

O objetivo fundamental da outorga de água é estabelecer um equilíbrio sensato e sustentável no uso dos preciosos recursos hídricos. Trata-se de uma medida essencial para assegurar que a água, elemento vital para a vida em todas as suas formas, seja gerenciada de maneira responsável e eficiente, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA).

A outorga de água desempenha um papel crucial na prevenção de cenários de escassez e desequilíbrio, ao regular a quantidade de água que pode ser retirada de fontes como rios, lagos e aquíferos. Esse controle ajuda a evitar a sobre exploração, onde as demandas humanas superam a capacidade natural de regeneração dos sistemas aquáticos. Além disso, a outorga busca salvaguardar os ecossistemas aquáticos, que são intrincados e delicados, sustentando uma diversidade de espécies e habitats. Através de um processo criterioso de análise técnica e ambiental, as autoridades competentes podem garantir que os usos da água estejam em harmonia com a preservação desses ecossistemas vitais. (LEI DAS ÁGUAS Nº 9.433/1997).

Outro objetivo importante é a distribuição justa e equitativa da água entre os diferentes setores e usuários. A outorga considera as prioridades estabelecidas pelas leis e regulamentos, garantindo que a água seja alocada de forma a atender às necessidades prioritárias, como abastecimento público e segurança alimentar, sem negligenciar outros usos importantes, como a indústria e o lazer.

Por fim, o objetivo mais amplo da outorga de água é garantir a disponibilidade contínua da água para as gerações presentes e futuras. Ao estabelecer limites de uso, monitorar a extração e promover práticas sustentáveis, a outorga contribui para a preservação desse recurso finito, permitindo que ele continue a cumprir seu papel vital na

vida humana, na natureza e no desenvolvimento socioeconômico. Portanto, a outorga de água transcende a mera alocação de direitos; é um compromisso com a prosperidade duradoura e a saúde dos ecossistemas aquáticos e das comunidades que dependem deles.

### **6.3 Disposição final dos resíduos**

Após a retirada de grande parte da água contida no lodo, este pode ser transportado para outro local onde possa ocorrer o aproveitamento em outro processo produtivo economicamente e ecologicamente viável ou ser enviado para um destino final que não ofereça riscos ao meio ambiente e à sociedade.

Os métodos de disposição final utilizados são (DI-BERNARDO,2008): Aterros; Estações de tratamento de esgotos; Disposição em corpos d'água. As alternativas técnicas viáveis para aproveitamento do lodo de ETA são os seguintes (DI-BERNARDO,2008): Fabricação de blocos cerâmicos e tijolos; Fabricação de cimento e incorporação de lodo em matriz de concreto; Recuperação de solos agrícolas; Recuperação de coagulantes; Auxiliar na decantação de água com baixa turbidez; Recirculação de águas na ETA.

Diante de todas estas alternativas para destino final do lodo é preciso analisar criteriosamente cada solução e para isto é necessário conhecer as características físico-químicas e reológicas do resíduo da ETA.

## 7 METODOLOGIA

### 7.1 Área de estudo

Nossa área de estudo será a Estação de Tratamento de água – ETA, que fica localizada no Município de Laranjal do Jari que possui área territorial de 30.966,177 km<sup>2</sup> e localiza-se na latitude 00°50'31”S e longitude 52°30'57”O. É o terceiro município mais populoso do estado, com 52.302 habitantes, conforme estatísticas de 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A estação de tratamento de água de Laranjal do Jari está localizada na continuação da Rua Nelson Gama, a noroeste da zona urbana do município.

O reservatório de água tratada do SAA Sede de Laranjal do Jari, localizado ao lado da ETA, foi construído em concreto armado e possui uma capacidade total de armazenamento de 4.000 m<sup>3</sup>.

A Figura abaixo apresentam a localização da cidade de Laranjal do Jari e da ETA no município.

Figura 01 – Mapa de Localização da ETA de Laranjal do Jari – AP.



Fonte: Adaptado a partir de imagens do google earth (2023).

## 7.2 Coleta de dados

Informações coletadas através de pesquisas junto a CAESA, no ano de 2016 foram captados 5.407.430,40 m<sup>3</sup> de água bruta, e que equivale a uma média mensal de 450.620 m<sup>3</sup>. Destaque-se que estes volumes são estimativos, visto que não há qualquer forma de medição da vazão captada. A metodologia utilizada para estimativa da vazão captada, segundo informações obtidas, é baseada no tempo de operação da unidade operacional e na sua capacidade nominal. Ainda, analisando o relatório apresentado pela CAESA, constata-se que ao longo do ano a variação do volume de água captada é pouco significativa, caracterizando assim uma uniformidade da vazão de captação.

O Rio Jari é um importante contribuinte da margem esquerda do rio Amazonas. A bacia hidrográfica do rio Jari tem cerca de 57.000 km<sup>2</sup> de área de drenagem e ocupa uma extensa área praticamente intacta da floresta amazônica.

A bacia hidrográfica do rio Jari é delimitada ao norte pelo Suriname e pela Guiana Francesa, ao sul pelo rio Amazonas, a leste pelo Estado do Amapá, e a oeste pelo Estado do Pará. Encontra-se nas unidades geológicas denominadas Colinas do Amapá, Planaltos Residuais do Amapá, Depressão Periférica da Amazônia Setentrional, Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas, Planalto do Uatumã – Jari e Planície Amazônica (HYDROS, 2010).

## 7.3 Análise de dados

Levando-se em consideração os objetivos propostos para o desenvolvimento do projeto, a pesquisa é de caráter qualitativo e quantitativo, em que a abordagem ocorreu através de revisão bibliográfica temática e estudo da legislação (ISO 24512, sendo realizada análise comparativa das atividades desenvolvidas na ETA e as exigências da legislação vigente .

Foram realizadas visitas técnicas para melhor registro dos processos envolvidos na ETA para análise de comparação com a legislação. Os resultados são apresentados de forma descritiva demonstrando as etapas e discussões em torno do que está e não está de acordo com a legislação.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de captação de água bruta utilizado pelo SAA Sede do município de Laranjal do Jari é realizado superficialmente sobre o leito do rio e apresenta dispositivo e recalque até a Estação de Tratamento de Água. A captação de água bruta é realizada de forma superficial. O acesso é feito por uma passarela de madeira e se encontra localizada a cerca de 50 metros aos fundos da ETA. Os componentes do sistema de captação consistem em uma passarela construída em madeira, que dá acesso a uma estrutura de proteção dos Conjuntos Moto Bombas (CMB's). Esses equipamentos são responsáveis pelo bombeamento da água bruta à Estação de Tratamento de Água.

Tradicionalmente, o tratamento convencional de águas de abastecimento tem empregado sais de alumínio e ferro como coagulantes, sendo que os mais comumente disponíveis no mercado são o sulfato de alumínio, sulfato férrico e cloreto férrico. Uma das maiores preocupações existentes com respeito à operação de estações de tratamento de água (ETAs) tem sido a necessidade de compatibilização da melhoria do processo de coagulação e a minimização da formação de resíduos oriundos da precipitação de sais metálicos na forma de hidróxidos de alumínio ou ferro (FERREIRA FILHO E WAELKENS, 2009).

Segundo Tavares (2003), o lodo formado nos decantadores das ETAs tem a mesma composição química dos sedimentos carregados pelas águas dos mananciais de captação acrescido dos cátions utilizados no processo de floculação.

Na estação de tratamento de água de Laranjal do Jari, diversos processos são empregados para assegurar a qualidade da água potável fornecida à população. Contudo, esses procedimentos não são isentos de gerar resíduos, cujo manejo responsável é essencial para mitigar impactos ambientais.

O lodo de sedimentação figura como um dos principais subprodutos, resultante da remoção de partículas sólidas durante a clarificação da água. Além disso, os resíduos de filtração, compostos por impurezas retidas nos filtros, representam uma parcela significativa dos subprodutos gerados.

Durante os processos de desinfecção, materiais orgânicos e inorgânicos são eliminados, resultando em resíduos que demandam tratamento especializado. Ademais, os subprodutos químicos utilizados, como coagulantes e desinfetantes, podem gerar resíduos que requerem gestão cuidadosa.

Em virtude da importância ambiental, a conscientização sobre a necessidade de práticas sustentáveis na gestão desses resíduos é crucial. Estratégias eficazes de reciclagem,

reutilização e disposição adequada são fundamentais para minimizar o impacto ambiental associado às operações de tratamento de água. A destinação final dos resíduos provenientes de estações de tratamento de água é um aspecto crucial para preservar o meio ambiente e garantir a saúde pública. Estes resíduos, muitas vezes resultantes da floculação, decantação e desinfecção da água, requerem um gerenciamento adequado para minimizar impactos ambientais.

Conforme as legislações ambientais vigentes, o descarte desses resíduos deve seguir normas específicas estabelecidas pelos órgãos competentes. Em muitos casos, a opção é encaminhá-los para aterros sanitários devidamente licenciados, onde são depositados de forma controlada. Esse processo visa prevenir a contaminação do solo e da água subterrânea, protegendo ecossistemas sensíveis.

Além disso, a legislação muitas vezes incentiva práticas sustentáveis, como a busca por alternativas de reuso ou reciclagem desses resíduos, sempre que possível. O enfoque é direcionado para a redução do impacto ambiental, promovendo a economia circular e a gestão responsável dos recursos naturais.

É crucial que as empresas e entidades responsáveis pelo tratamento de água estejam cientes e em conformidade com as normativas locais, implementando medidas que assegurem a destinação final dos resíduos de maneira ambientalmente responsável. Dessa forma, contribui-se para a preservação dos ecossistemas e para a promoção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

Alguns dos principais desafios no tratamento de água na Estação de Tratamento de Água de Laranjal do Jari - AP, incluem a remoção eficiente de poluentes, como sedimentos, microrganismos patogênicos e substâncias químicas; a garantia de padrões de qualidade da água; a gestão sustentável dos recursos hídricos; e a adaptação a condições climáticas variáveis que podem afetar a disponibilidade e qualidade da água bruta. Além disso, a manutenção adequada da infraestrutura da ETA é crucial para assegurar a eficácia do tratamento ao longo do tempo.

A ABNT NBR ISO 24512 desempenha um papel crucial no setor de tratamento de água ao estabelecer diretrizes específicas para o desenvolvimento e implementação de sistemas de monitoramento de desempenho e controle operacional em Estações de Tratamento de Água (ETAs). Essa norma visa assegurar a qualidade da água tratada, promovendo práticas eficientes e consistentes. No âmbito do monitoramento de desempenho, a norma abrange aspectos essenciais, incluindo a amostragem representativa da água ao longo do processo de tratamento. Isso permite a detecção precoce de variações ou desvios que possam

comprometer a eficácia do tratamento. Além disso, a ABNT NBR ISO 24512 fornece orientações detalhadas sobre a seleção de parâmetros de controle, métodos analíticos e frequência de monitoramento.

No que diz respeito ao controle operacional, a norma oferece diretrizes para a manutenção de condições operacionais ideais nas ETAs. Isso inclui a gestão de processos, a calibração de equipamentos e a implementação de ações corretivas em caso de não conformidades. O objetivo é garantir que as ETAs operem de maneira eficiente, atendendo aos padrões de qualidade da água exigidos para consumo público.

A aplicação diligente da ABNT NBR ISO 24512 é fundamental para garantir a conformidade com normas de qualidade da água e para proporcionar água tratada segura e confiável à população. A constante atualização e adesão a essa norma contribuem significativamente para a sustentabilidade e eficácia das operações de tratamento de água, promovendo a saúde pública e o bem-estar ambiental.

Segundo informações coletadas através da antiga fornecedora de água do município de Laranjal do Jari - AP (CAESA), não havia coleta do lodo gerado pelo tratamento de água no SAA Sede de Laranjal do Jari - AP. Atualmente a ETA do município é gerenciada pela empresa privada CSA Concessionária de Saneamento do Amapá, diante das visitas técnicas foi observado que os resíduos gerados através do tratamento de água são despejados na margem do Rio Jari, estando assim em desconformidade com as normas vigentes, caso que é recorrente em todo o estado do Amapá.

Normalmente, os resíduos sólidos provenientes de ETAs podem incluir lodos resultantes de processos de coagulação, floculação e sedimentação, entre outros subprodutos. Esses resíduos muitas vezes são considerados resíduos especiais e requerem manejo adequado. Portanto, fazer a destinação final corretamente aplicando as leis e normas, trazem benefícios extremamente importantes ambientalmente, preservando assim os recursos naturais existentes no município de Laranjal do Jari - AP.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em relação as questões ambientais, o atendimento a legislação é um fator extremamente importante para assegurar a qualidade dos serviços a população, e no que tange as ETAs, a aplicação diligente é fundamental para garantir a qualidade da água e para proporcionar água tratada segura e confiável.

Novos estudos devem ser feitos e a fiscalização deve ser mais ativa para garantir melhor segurança a população, muitas exigencias da legislação ainda não estão sendo atendidas e é necessário adequação a legislação principalmente na disposição dos rejeitos oriundos do processo de tratamento para evitar que acabem contaminando a água.

## REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Resíduos de ETA-Maneio e Destinação Final**. Rio de Janeiro: ABES, 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004) **NBR 10.004: 2004**. Rio de Janeiro, 48 p.

**ABNT/NBR ISO 24512**. Norma fornece diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. 2007.

ACHON, C.L. (2008) **Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água a luz dos conceitos da ISO 14.001**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 230 p.

AMORIM, C. L. C.; GOMES, H. M.; SOUZA, C. P.; FRANCO, R. B.; QUEIROZ, M. I. **Caracterização do lodo proveniente de ETA e avaliação do potencial de recuperação de água**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 389-398, 2015.

AMORIM, C. L. C.; SANTOS, H. F.; SOUZA, C. P.; QUEIROZ, M. I.; PEREIRA, E. S.; FRANCO, R. B. **Caracterização físico-química e microbiológica de lodo gerado em ETA no município de Montes Claros-MG**. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 37-46, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 24512:2021**. Qualidade da água - Diretrizes para a caracterização de matéria orgânica natural em água e materiais de estações de tratamento de água e lodos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BORTOLETO, A. P.; MENDES, C. S.; CHERNICHARO, C. A. L. Waste management from a water treatment plant in Brazil: **A case study**. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 1, p. 353-360, 2009.

BRASIL. (1997a) Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. (1997b) Resolução **CONAMA Nº 237** de 19 de dezembro de 1997. Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental como instrumento de gestão ambiental. Brasil: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. (2007) Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. *Política Nacional do Saneamento Básico*. Brasília, DF: Congresso Nacional.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da União, Brasília, 8 jan. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 9 jun. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab)**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/saneamento-basico/planos-e-programas-de-saneamento-basico/plano-nacional-de->

saneamento-basico-plansab. Acesso em: 9 jun. 2023.

BRASIL. Ministério 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, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, edá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e alteraa Resolução CONAMA nº 357/2005. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CALDEIRA, C. M. M.; PALHARES, J. C. P.; LEMOS, A. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L. **Proposição de critérios para projeto e operação de secadores solares de lodo de ETA no Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 1, p. 33-44, 2018.

CASTRO, J. E. Saneamento básico no Brasil: panorama atual e desafios futuros. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 17, n. 2, p. 307-325, 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

CONAMA, **Resolução Nº 357/2005**, Ministério do meio ambiente, capítulo 4, artigo 34, & 5, [www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama).

COSTA, R. H. R.; SCHIRMER, W. N.; BENEDETTI, V. L. **Resíduos sólidos gerados nas estações de tratamento de água para abastecimento público: avaliação e perspectivas**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, n. 4, p. 337-346, 2011.

CUNHA, M. S.; GONÇALVES, M. Saneamento básico: desafios e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1263-1283, 2017.

FERNANDES, R. M.; ARAÚJO, J. C. A.; COSTA, R. H. R. **Análise comparativa de diferentes metodologias para determinação do teor de matéria seca de lodo de ETA**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 3, p. 413-424, 2015.

FERNANDES, R. M.; ARAÚJO, J. C. A.; COSTA, R. H. R. **Análise comparativa de diferentes metodologias de digestão anaeróbia para lodo de ETA**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 1, p. 79-88, 2015.

FERNANDES, R. M.; ARAÚJO, J. C. A.; COSTA, R. H. R. Benefícios do uso do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água na recuperação de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 201-214, 2014.

FERNANDES, R. M.; ARAÚJO, J. C. A.; COSTA, R. H. R. **Potencialidades de uso do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água para abastecimento público**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 157-166, 2012. FERREIRA, V. M. Saneamento básico: fundamentos e aplicação. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

GOMES, H. M.; AMORIM, C. L. C.; SOUZA, C. P.; FRANCO, R. B.; QUEIROZ, M. I.

**Remoção e disposição de lodo proveniente de ETA por sistemas de filtração em série.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 2, p. 123-130, 2013.

LIMA, E. C.; NUNES, M. L. S.; RODRIGUES, M. I.; WANG, S.; XU, J. J. **Tratamento de água e esgoto: princípios básicos e tecnologias avançadas.** Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

LOPES, L. F. P. Saneamento básico no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista de Administração Pública**, v. 48, n. 6, p. 1449-1475, 2014.

MARCHETTI, L. C.; PALHARES, J. C. P.; LEMOS, A. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L. **Desidratação do lodo de ETA utilizando prensa de parafuso: aplicação de aditivos poliméricos.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 535-544, 2017.

OLIVEIRA, S. V.; AMORIM, C. L. C.; FRANCO, R. B.; QUEIROZ, M. I. **Caracterização física e química do lodo proveniente de ETA e impactos na qualidade do efluente final.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 2, p. 131-140, 2014.

OLIVEIRA, S. V.; AMORIM, C. L. C.; FRANCO, R. B.; QUEIROZ, M. I. **Potencial de aplicação agrícola do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 4, p. 439-448, 2015.

PALHARES, J. C. P.; CHERNICHARO, C. A. L. **Destino do lodo de ETA.** In: ABES. Resíduos de ETA - Manejo e Destinação Final. Rio de Janeiro: ABES, 2018. p. 109-145.

PINTO, I. S.; AMORIM, C. L. C.; SOUZA, C. P.; QUEIROZ, M. I.; FRANCO, R. B. Caracterização físico-química do lodo gerado em ETA e sua aplicação como adubo orgânico. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 171-180, 2014.

RIBEIRO, M. L. B.; TEIXEIRA, A. C. S.; CHERNICHARO, C. A. L. **Caracterização de lodo gerado em ETA tratado biologicamente e em reatores anaeróbios.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 59-68, 2017.

SABESP. **Saneamento básico: um direito de todos.** São Paulo: Sabesp, 2018. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/uploads/file/educacaoambiental/0807195541554cartilha\\_saneamento\\_basico.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/educacaoambiental/0807195541554cartilha_saneamento_basico.pdf). Acesso em: 9 jun. 2023.

SANCHEZ, L. E. G. Saneamento básico no Brasil: histórico, desafios e perspectivas. **Revista Eletrônica de Direito Ambiental**, n. 20, p. 81-93, 2010. SANTOS, A. B. Saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

SILVA, A. F.; DUARTE, I. C. S.; MONTENEGRO, S. R.; PEREIRA, N. C. G. Caracterização do lodo gerado em ETA e proposta de tratamento preliminar para disposição final. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 319-327, 2018.

SILVA, O. R. L.; SILVA, E. A.; SILVA, A. S. **Tratamento de Água: Princípios, Tecnologias e Sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

SILVA, R. R.; DUARTE, I. C. S.; MONTENEGRO, S. R.; PEREIRA, N. C. G. Caracterização físico-química do lodo gerado em uma ETA de pequeno porte. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 172- 180, 2019.

SILVA, V. A. Saneamento básico: uma análise comparativa dos países desenvolvidos. **Saúde em Debate**, v. 39, n. 105, p. 1075-1086, 2015.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, 2008.

VIEIRA, L. M.; PALHARES, J. C. P.; LEMOS, A. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L. **Desidratação de lodo de ETA utilizando filtros de tambor rotativo a vácuo: efeitos da adição de fibras sintéticas**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 2, p. 299-308, 2018.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2018.

**Plano Municipal de Saneamento Básico de Laranjal do Jari** disponível em ><https://consultapublica.portal.ap.gov.br/storage/files/1250-plano-municipal-de-saneamento-basico-de-laranjal-do-jari.pdf>.