ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

JANAINA DE PAULA NOGUEIRA

A IMPORTÂNCIA DA DESTINAÇÃO ADEQUADA DO LODO GERADO PELAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

PALMAS – TO

2021

JANAINA DE PAULA NOGUEIRA

A IMPORTÂNCIA DA DESTINAÇÃO ADEQUADA DO LODO GERADO PELAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Centro Universitário Católica do Tocantins –UNICATÓLICA

Orientador: Prof. Sebastião Nolêto Júnior

PALMAS –TO

2021

JANAINA DE PAULA NOGUEIRA

A IMPORTÂNCIA DA DESTINAÇÃO ADEQUADA DO LODO GERADO PELAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Centro Universitário Católica do Tocantins – UNICATÓLICA

Aprovada em / /

BANCA EXAMINADORA

_____

Sebastião Nolêto Júnior
Prof. Orientador

_____

Eliene Gomes dos Santos
Prof. Avaliador

_____

Thiago Oliveira Bandeira
Prof. Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e saúde para conseguir concluir o curso e este trabalho.

A minha mãe Emília por sempre me apoiar e incentivar a não desistir diante das dificuldades.

Ao meu irmão Macelo pelo apoio em muitos momentos.

Ao meu pai Manoel.

A Dra. Edna (in memorian) que teve a iniciativa de contribuir financeiramente para eu pudesse realizar este curso.

Aos meus tios Márcia, Júnior, Mara, Valéria, Roger, que continuaram contribuindo financeiramente.

Ao meu professor orientador Sebastião Nolêto Júnior, pelas suas orientações que foram muito importantes para conclusão deste trabalho.

Aos meus professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pelos ensinamentos ao longo do curso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Adensador de lodo por gravidade 20
Figura 2 – Adensador de lodo por batelada 21
Figura 3- Adensador de lodo contínuo 22
Figura 4 - Adensador de lodo por flotação 23
Figura 5– Filtro rotativo a vácuo 24
Figura 6– Filtro prensa 25
Figura 7- Prensa Desaguadora ("Belt Filter") 26
Figura 8– Centrífuga 27
Figura 9 – Leitos de secagem de areia 28
Figura 10 – Lagoas de desidratação de lodo 29
Figura 11- Blocos cerâmicos fabricados a partir do lodo 30
Figura 12- Aterro sanitário para disposição do lodo 31
Figura 13- Blocos de concreto para fabricação de calçadas a partir do lodo 31
Figura 14- Disposição do lodo na agricultura 32
Figura 15 - Aplicação do lodo no solo 33
Figura 16- Aplicação do lodo em mudas de viveiros 34
Figura 17 – Disposição do lodo em estações de Tratamento de Esgotos 34
Figura 18 – Lodo na compostagem 35
Figura 19 - Lançamento do lodo em cursos d' água 36

RESUMO

O lodo produzido durante o processo de potabilização da água numa Estação de Tratamento de Água (ETA) é constituído de resíduo sólidos orgânicos e inorgânicos (argilas e areias) provenientes da água bruta e principalmente grandes concentrações de metais, decorrentes da adição de produtos químicos e polímeros condicionantes do processo. A destinação deste material residual é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas. Assim, o presente trabalho tem por objetivo descrever a importância da destinação adequada do lodo gerado pelas estações de tratamento de água para minimização dos impactos ao meio ambiente. Para isso, utilizou-se de pesquisa bibliográfica, pesquisa básica, pesquisa qualitativa, pesquisa descritiva. O lodo de ETA é um resíduo com grandes concentrações de metais. De acordo com o artigo 3º da Lei 12.305/2010, por causa de suas particularidades tornam inviáveis o lançamento em corpos d' água, por isso exigem soluções adequadas para sua destinação final. Assim, as alternativas são: produção de cerâmica vermelha, aterro e construção civil, na agricultura, mudas em viveiros, disposição em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), compostagem e aplicação no solo.

Palavras-chave: Lodo de ETA. Problema Ambiental. Destinação Adequada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 8

2. OBJETIVOS 10

2.1. GERAL 10

2.2. ESPECÍFICOS 10

3. REFERENCIAL TEÓRICO 11

3.1. Importância da água potável 11

3.2. Classificação das águas doces 12

3.3. Processos de uma estação de tratamento de água 13

3.4. Características do lodo gerado em estação de tratamento de água 15

4. METODOLOGIA 18

4.1. Tipo de Pesquisa 18

4.2. Levantamento dos dados 19

4.3. População e amostra 19

4.4. Análise dos dados 19

5. RESULTADOS 20

5.1. Tecnologias para tratamento dos lodos de estação de tratamento de água 20

5.1.1. Destinações para o lodo produzido em estações de tratamento de água 29

5.1.1.1. Destinações do lodo no Brasil e em outros países 37

6. CONCLUSÃO 38

REFERÊNCIAS 39

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população nos centros urbanos, aumentou-se consequentemente, a demanda por serviços em vários setores; um dos setores mais afetados foi o saneamento básico (LIMA et al., 2016). E muitas cidades ainda não possuem estruturas adequadas e suficientes para atender a essa demanda de consumidores, causando muitos impactos no meio ambiente (VIANA et al., 2014).

Assim, com o aumento da demanda de água potável, mais recursos hídricos têm de ser extraídos para os devidos processos de tratamento, sendo que em todos esses processos são gerados resíduos (AMÂNCIO, 2012).

O lodo produzido durante o processo de potabilização da água numa Estação de Tratamento de Água (ETA) é constituído de resíduo sólidos orgânicos e inorgânicos (argilas e areias) provenientes da água bruta e principalmente grandes concentrações de metais, decorrentes da adição de produtos químicos e polímeros condicionantes do processo (BARBOSA et al.,2000).

Uma vez que, o LETA (Lodo de Estação de Tratamento de Água) é classificado como resíduo sólido, de acordo com a norma técnica NBR 10004 (2004), deve ser tratado e disposto adequadamente (DI BERNARDO e SABOGAL, 2008).

Conforme suas características, o LETA pode ser utilizado para recuperação de áreas degradadas (condicionador de solo), fabricação de materiais da construção civil como tijolos e fabricação de materiais cerâmicos (SOARES et al., 2009 a; CORNWEEL, 1999; BIDONE et al., 2001; DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Além disso, segundo Richter (2001), pode ser utilizado na pavimentação de estradas e na produção de cimento. Tsutuya e Hirata (2001) citam que o lodo também pode ser utilizado no cultivo de grama comercial, sendo aplicado na fase líquida ou após sua desidratação proporcionando aumento na aeração e na capacidade de retenção de líquido no solo, além de fornecer nutrientes às plantas.

A destinação deste material residual é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas. Quando deixados ao acaso, pode ocorrer o desperdício hídrico, pois parte da água se perde nos rios e em outros canais de escoamento, e o resíduo sólido não tratado contaminaria o meio ambiente onde é descartado (SUGUINO et al.2013).

A disposição sem tratamento do LETA pode causar efeitos negativos: no solo (salinização, acúmulo de metais, lixiviação de nitrato); na água (elevação de turbidez, consequente comprometimento dos processos fotossintéticos, elevação da concentração de matéria orgânica e consequentes incidentes de mortandades de organismos aquáticos); além de comprometer a flora e fauna aquática. Há que se ressaltar, ainda o potencial tóxico atribuído a muitos elementos que compõem o LETA tais como alumínio (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2009).

Além disso, legislações cada vez mais restritivas, altos custos de transporte e disposição final, bem como a escassez de áreas adequadas em regiões altamente urbanizadas, têm levado pesquisadores e técnicos à busca de soluções mais econômicas e inteligentes para o uso e disposição final dos lodos (JANUARIO et al., 2007).

O presente estudo busca contribuir para uma melhor compreensão da forma adequada que deve ser realizada a destinação do lodo gerado pelas estações de tratamento de água para minimização dos danos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Verificar através de estudos bibliográficos a importância da destinação adequada do lodo gerado pelas estações de tratamento de água para minimização dos impactos ao meio ambiente.

2.2. ESPECÍFICOS

- Apontar as tecnologias existentes para o tratamento do lodo;
- Indicar as destinações para o lodo produzido em estações de tratamento de água;
- Contextualizar como são as destinações do lodo no Brasil e em outros países.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Importância da água potável

A água é um recurso natural essencial para sobrevivência de todas as espécies que habitam a Terra. No organismo humano a água atua, entre outras funções, como veículo para troca de substância e para a manutenção da temperatura, representando cerca de 70% de sua massa corporal. Além disso é considerada solvente universal e é uma das poucas substâncias que encontramos nos três estados físicos: gasoso, líquido e sólido. É impossível imaginar como seria o nosso dia-a-dia sem ela. A quantidade de água existente no planeta é a mesma há centenas de anos; somente alternando-se em termos de distribuição e estado (evaporação, transpiração, precipitação e infiltração, respiração e combustão). Isso porque a água é um recurso natural reciclável por excelência, fenômeno esse conhecido como Ciclo Hidrológico (MMA,2002).

A água potável é o tipo ideal para consumo humano, pois se encontra livre de qualquer tipo de contaminação, ela pode ser de uma fonte natural, desde que não haja nenhum tipo de poluição em sua nascente ou percurso, pode ser também obtida através de processos de tratamento físico e químico (VIEIRA, 2006).

A ingestão desta água tratada é um dos mais importantes fatores para conservação da saúde, é considerada um solvente universal, auxilia na prevenção das doenças, melhora a digestão, controla a temperatura do nosso corpo, atua na proteção do organismo contra o envelhecimento, é responsável pela formação da maior parte do volume de uma célula e auxilia no controle e na prevenção de doenças. Diante desses fatos podemos notar a sua importância no funcionamento dos organismos vivos. Populações sem aceso a água tratada estão expostas a doenças e má qualidade de vida (RIDER, 2006).

3.2. Classificação das águas doces

De acordo com a Resolução CONAMA 357, de 17 de Março de 2005 no seu artigo 4° as águas doces são classificadas:

- Classe especial: águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e

c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

- Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;

d) á irrigação de hortaliças que não são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

- Classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

- Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) à dessedentação de animais.

- Classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

3.3. Processos de uma estação de tratamento de água

As estações de tratamento de água para abastecimento público tem como objetivo fundamental de produzir água biologicamente e quimicamente segura para o consumo humano, bem como esteticamente agradável. Para isso utiliza vários processos e operações que, mediante a introdução de produtos químicos, transformam a água bruta, normalmente inadequada para consumo humano, em água de acordo com os padrões de potabilidade exigidos. Todo este processo gera, como subprodutos, uma elevada quantidade de resíduos (JANUARIO et al.,2007).

Os principais processos utilizados nas ETA são: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (SABESP,2012).

Coagulação: resulta de ações físicas e reações químicas entre o coagulante, usualmente o sulfato de alumínio, a água e as impurezas presentes, sendo um processo muito rápido, com duração de segundos (SANTOS et al., 2011). Desse modo, a coagulação assume o objetivo de proporcionar os mecanismos necessários para a desestabilização das partículas coloidais, promovendo uma aproximação entre as mesmas, a fim de agregá-las formando flocos, que devido suas dimensões e densidades irão se separar seja por flotação, sedimentação ou filtração (LIBÂNIO, 2010).

Floculação: é o processo físico que tem por finalidade promover a aglutinação das partículas já coaguladas, facilitando o choque entre elas devido à agitação lenta imposta à água (BRASIL,2002).

Decantação: Os decantadores são unidades onde a água permanece retida para que os flocos, que contém algas, ovos de parasitas e alguns tipos de microrganismos, se sedimentem e formem o lodo (CAVINATTO, 2003).

Filtração: É um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. Visa a remoção das impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso (RICHTER, 1991).

Desinfecção: Tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes). A

desinfecção é a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogênicos. A desinfecção é necessária, porque não é possível assegurar a remoção total dos microrganismos pelos processos físico-químicos, usualmente utilizados no tratamento de água (RICHTER, 1991).

Fluoretação: Onde a ela será adicionados produtos químicos a base de flúor, podendo ser o ácido fluossilícico que irá atuar na redução da cárie dentária (BRITO et al., 2018).

As estações de tratamento de água (ETAs) brasileiras, o tratamento convencional é mais utilizado para remoção das impurezas presentes na água bruta e é composto por três processos básicos: clarificação (coagulação, floculação e decantação/flotação), filtração e desinfecção (LIBÂNIO, 2010; SOARES et al., 2009b).

Coagulação e floculação – A coagulação ocorre a partir da mistura rápida do coagulante e do alcance do pH ideal, em quem uma grande energia de agitação é empregada para possibilitar a uniformidade na geração do polímero gerado pelo coagulante. A energia de agitação é reduzida, então, para que as impurezas da água bruta, associadas ao agente coagulante, passem a formar flocos incialmente pequenos que, em função dos choques continuamente promovidos pela agitação controlada, tornam-se maiores, mais consistentes e mais densos, permitindo sua sedimentação na etapa seguinte (BITTENCOURT et al.,2014).

Decantação – Tem o objetivo de separar os sólidos agrupados no processo de coagulação e floculação por sedimentação da água destinada ao abastecimento (BITTENCOURT et al.,2014).

Filtração – A eficiência do processo de decantação não é absoluta ou determinante ao consideramos a potabilidade como critério, fato que permite a existência de flocos remanescentes na água, os quais serão removidos por meio da filtração. Os filtros rápidos de areia são constituídos por camada, suporte, brita e areia (BITTENCOURT et al.,2014).

Fluoretação – A fluoretação é obrigatória no Brasil, pois, com o passar do tempo, observou-se a diminuição da incidência de cáries em crianças em áreas

onde o flúor ocorria naturalmente em determinadas concentrações (BITTENCOURT et al.,2014).

Desinfecção - É a remoção de microrganismos patogênicos, ou seja, potencialmente prejudiciais à saúde (BITTENCOURT et al.,2014).

Nos sistemas de tratamento de água geram um resíduo denominado lodo de água, e é originado, na maioria das vezes, na fase de decantação e filtração (TAKADA et al.,2013).

3.4. Características do lodo gerado em estação de tratamento de água

Este lodo é o resultado do aglomerado das substâncias retiradas da água durante o processo de tratamento, que pode variar de acordo com o tipo de coagulante utilizado durante o processo de tratamento, em razão de diferentes locais de retirada de água bruta garantem propriedades distintas e, logo, diferentes dosagens de coagulantes. Quanto maior for a deterioração da água, maior será a quantidade de produtos utilizados durante o tratamento (OLIVEIRA et al.,2016).

Os lodos provenientes da coagulação para remoção de cor e turbidez com sais de alumínio e ferro, os flocos resultantes são removidos nas unidades de decantação (ou flotação) e nos filtros. Dependendo da natureza físico-química da água bruta, da eficiência hidráulica das unidades de processo e do tipo e dose de coagulante aplicado, entre 60 a 95% do lodo gerado é acumulado nos tanques de decantação (flotação) e o restante nos filtros (RICHTER, 2001).

A remoção de lodos dos tanques de decantação pode ser contínua ou intermitente. A primeira forma preferida para instalações de grande capacidade e/ou do tipo de manto de lodos. A concentração de sólidos no lodo decantado aumenta com o tempo em que fica acumulado, pelo efeito de adensamento. Tanques de decantação horizontal de limpeza manual podem ter o lodo acumulado por 2-3 meses ou mais. Neste caso a concentração de sólidos no lodo é geralmente alta, enquanto que as unidades de remoção contínua apresentam as menores concentrações, aproximando-se dos valores típicos para a água de lavagem dos filtros. Os filtros são usualmente lavados por curtos períodos a cada 24-72 h, utilizando grandes volumes de água. A concentração de sólidos na água de lavagem podem ser 6 h ou menos, porém a composição de sólidos não deve variar com a

frequência da lavagem, porque a capacidade de retenção de sólidos é uma característica fixa de um determinado tipo de leito filtrante (RICHTER, 2001).

O lodo de sulfato de alumínio é um líquido não-newtoniano, gelatinoso, cuja fração de sólidos é constituída de hidróxido de alumínio, partículas inorgânicas, coloides de cor e outros resíduos orgânicos, inclusive bactérias e outros organismos removidos no processo de coagulação. Existe pouca informação a respeito da quantidade e composição de sólidos nos lodos provenientes da coagulação. Em geral, o conteúdo de sólidos totais no lodo de tanques de decantação varia entre 1.000 a 40.000 mg/l (0,1 a 4%) e entre 40 a 1.000 mg/l (0,004 a 0,1%) na água de lavagem dos filtros. Normalmente, 75-90% destes valores representam sólidos suspensos e 20-35% compostos voláteis. Geralmente apresenta uma pequena proporção de biodegradáveis e valores de pH próximos ao neutro (RICHTER, 2001).

Os lodos provenientes da coagulação com sais de ferro apresentam características semelhantes às do lodo de sulfato de alumínio. Os coagulantes férricos mais utilizados são o cloreto férrico – $FeCl_3.6H_2O$ e o sulfato férrico – $Fe_2(SO_4)$. As reações com a alcalinidade presente ou adicionada na água são semelhantes às do sulfato de alumínio:

a) Sulfato férrico

Alcalinidade natural:

$$2FeCl_3.6H_2O+3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow +3CaCl_2 + 6CO_2 + 6H_2O$$

Cal:

$$2FeCl_3.6H_2O + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CaCl_2 + 6H_2O$$

Os comentários feitos para as reações com sulfato de alumínio são válidos para os coagulantes férricos, devendo ser salientado que 1 mg/l de cloreto férrico produz 0,40 mg/l de $Fe(OH)_3$ enquanto que o sulfato férrico forma 0,56 mg/l de hidróxido (RICHTER, 2001).

O lodo formado no processo de abrandamento por cal apresenta um conteúdo de sólidos totais que varia entre 2 a 25%. É constituído principalmente do carbonato de cálcio precipitado e praticamente isento de matéria orgânica, com DBO e DQO próximas ou iguais a zero. A composição, a massa e o volume variam com a dureza removida e outras características físico-químicas da água bruta. Para cada mg/l de dureza removida, serão formados 2 a 3 mg/l de lodo. O uso de um coagulante de alumínio ou ferro pode aumentar consideravelmente o volume de lodo produzido (RICHTER, 2001).

Segundo o artigo 3º da Lei 12.305/2010 resíduos sólidos são: Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

De acordo com a norma técnica NBR 10.004/2004, que classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, o lodo gerado na indústria de produção de água potável é enquadrado como resíduo sólido. Ainda segundo essa norma, os resíduos sólidos podem ser definidos como resíduos nos estados sólidos ou semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

O lodo de ETA se enquadra como resíduos classe II A – resíduos não inertes: são aqueles que não apresentam periculosidade, mas apresentam características tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004).

Conforme o artigo 4º da Lei 3.614/2019 resíduos sólidos são: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d' água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Segundo Souza et al. (1999) e Soares et al. (2009b) é nos decantadores que ocorre a remoção dos sólidos presentes na água e por tal motivo, são nessas unidades que se gera o lodo. As características quantitativas e qualitativas desse resíduo variam de acordo com a qualidade da água bruta, o tipo e a quantidade de coagulante adicionado na etapa de coagulação, da eficiência dos floculadores e decantadores. O LETA pode também ser composto por resíduos provenientes dos clarificadores, lavagem de filtros, recuperação da água de lavagem ou uma combinação dessas operações.

Os lodos provenientes de decantadores possuem alto teor de umidade, geralmente superior a 95%, apresentando-se em estado fluido, podendo também,

conter elevada concentração da matéria orgânica (CORDEIRO, 1999). Dessa forma, o LETA é desidratado antes da disposição final, podendo esse processo ocorrer em leitos de secagem, adensadores, dentre outros mecanismos (MOREIRA et al., 2017).

4. METODOLOGIA

4.1. Tipo de Pesquisa

Este trabalho refere-se ao método dedutivo, que é um método racionalista, que pressupõe a razão como a única forma de chegar ao conhecimento verdadeiro; utiliza uma cadeia de raciocínio descendente, da análise geral para a particular, até a conclusão; utiliza o silogismo: de duas premissas retira-se uma terceira logicamente decorrente (GIL, 1994).

Para realização do trabalho foram utilizados os seguintes tipos de pesquisas:

A pesquisa básica que objetiva gerar conhecimentos novos para avanço da ciência sem aplicação prática prevista (GIL, 1994).

De acordo com GIL (1994), a pesquisa qualitativa que considera que existe uma relação entre o mundo e o sujeito que não pode ser traduzida em números; a pesquisa é descritiva, o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente.

Já a pesquisa descritiva que objetiva escrever as características de certa população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis; envolvem técnicas de coleta de dados padronizadas (questionário, observação); assume em geral a forma de levantamento (GIL, 1994).

Foi utilizada a pesquisa bibliográfica que é elaborada a partir de material já publicado, como livros, artigos, periódicos, internet, etc (GIL, 1994).

Para Manzo (1971:32) a bibliografia pertinente “oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente” e tem por objetivo permitir ao cientista “ o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações (Trujilo, 1974:230). Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras (MARCONI E LAKATOS, 2003).

Também foi usado o levantamento que é uma pesquisa onde envolve questionamento direto das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer (GIL, 1994).

4.2. Levantamento dos dados

A base de dados: Google Scholar (Google Acadêmico) para encontrar os artigos, Livros, Leis e monografia serviram como instrumento para coleta de dados, para os artigos a partir dos seguintes descritores: Lodo de Estação de Tratamento de água; Destinação adequada do lodo; Lodo de água (GONÇALVES, 2010).

4.3. População e amostra

A população do estudo foi composta por toda a literatura relacionada ao tema de estudo, indexada nos bancos de dados Google Scholar (Google Acadêmico) para encontrar os artigos, Livros e Leis e monografia. Quanto á amostra dos artigos, foram selecionados a partir da variável de interesse. A seleção foi realizada a partir de leitura criteriosa dos artigos, livros, leis encontradas nas bases de dados, sendo selecionada apenas a literatura que atendia aos critérios de inclusão definidos neste estudo. Foram incluídas apenas a literatura que respondeu á questão do estudo, publicadas no período de 1971 a 2019; no idioma português, todos os tipos de delineamentos metodológicos foram aceitos (GONÇALVES, 2010).

4.4. Análise dos dados

Após a coleta dos dados, foi feita a leitura de todo material, as principais informações foram compiladas. Posteriormente foi realizada uma análise descritiva das mesmas buscando estabelecer uma compressão e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado e elaborar o referencial teórico (GONÇALVES, 2010).

5. RESULTADOS

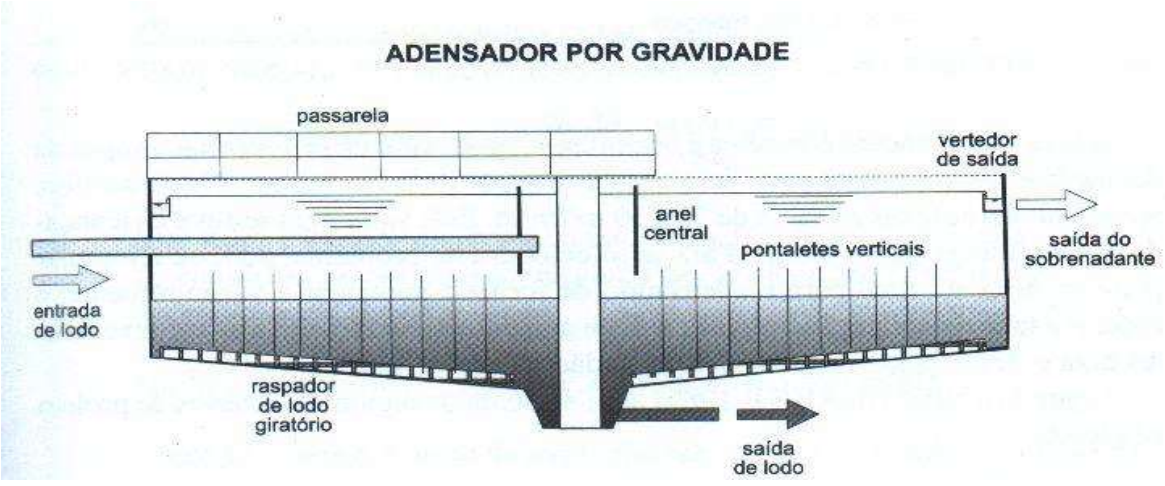
5.1. Tecnologias para tratamento dos lodos de estações de tratamento de água

O tratamento dos lodos de uma estação de tratamento de água visa obter condições adequadas para sua disposição final, como obter um estado sólido ou semi-sólido, e, assim, envolve a remoção de água para concentrar os sólidos e diminuir o seu volume (RICHTER, 2001).

Depois de removidos de um decantador, os lodos normalmente necessitam ser adensados antes dos tratamentos que seguem. A viabilidade do adensamento consiste na produção de um lodo concentrado, mais adequado para as etapas seguintes de desidratação ou na possibilidade ser transportado economicamente para uma aplicação no solo como disposição final. O adensamento é feito para remover o máximo de água possível antes da desidratação final do lodo. Usualmente é realizado por decantação ou por flotação e produz um lodo concentrado, com consequente redução de volume pela remoção da água. Essa é a finalidade do processo (RICHTER, 2001).

O adensamento por gravidade é normalmente um processo contínuo, porém em menores instalações pode ser vantajosa a alternativa por batelada (tipo “enche e drena). Ele é dividido em:

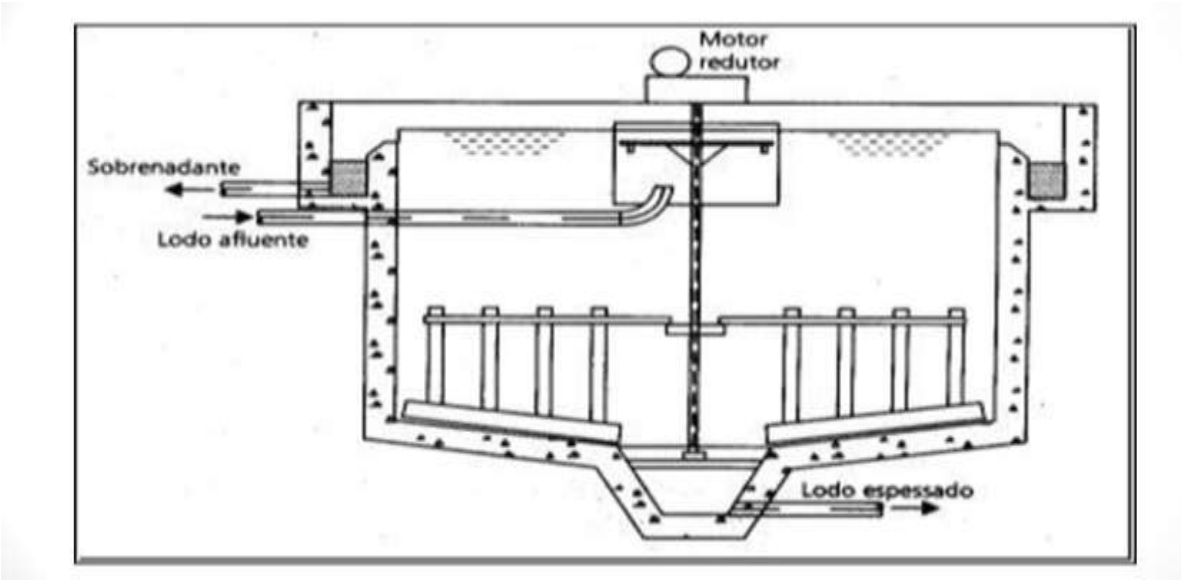
Figura 1- Adensador de lodo por gravidade



Fonte: Google imagens (2021)

Adensamento por batelada – Uma porção de lodo é conduzida a um tanque onde é deixada decantar por algumas horas e, então, o sobrenadante clarificado é removido e, em seguida, o lodo adensado depositado no fundo. O sobrenadante pode ser pouco a pouco removido a diversos níveis por meio de tubo telescópio ou por canalizações fixas sobrepostas, a medida que o lodo decanta e se adensa até alcançar a concentração desejada, ou até que já não se observe mais a decantação do lodo. Os adensadores por batelada geralmente têm o fundo em forma de tronco de pirâmide ou de cone invertido, com a finalidade acumular e facilitar a retirada do lodo adensado (RICHTER,2001).

Figura 2 – Adensador de lodo por batelada



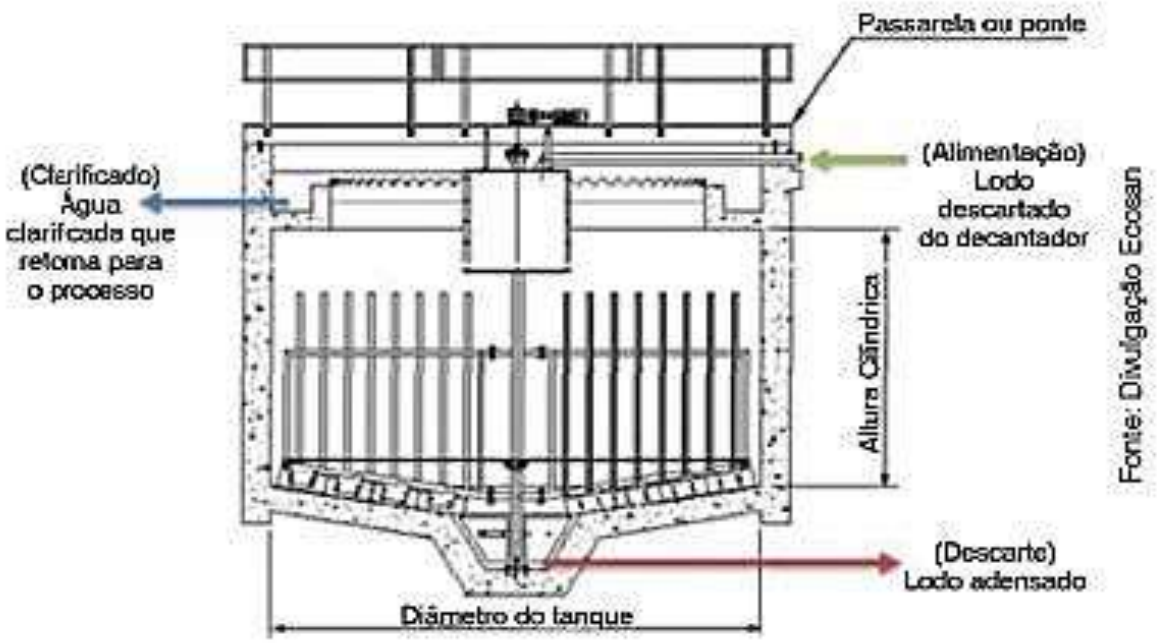
Fonte: Google imagens (2021)

Adensadores contínuos – Os adensadores contínuos são geralmente circulares, assemelhando-se aos clarificadores ou decantadores de manto de lodos, o que de fato são. Os componentes principais dos adensadores incluem:

1. Entrada central com um defletor de distribuição;
2. Um raspador de lodo para remover os sólidos decantados para um poço de onde o lodo é removido;
3. Paletas verticais fixadas no raspador;

4. Vertedor e canalização de saída de água clarificada (RICHTER, 2001).

Figura 3- Adensador de lodo contínuo

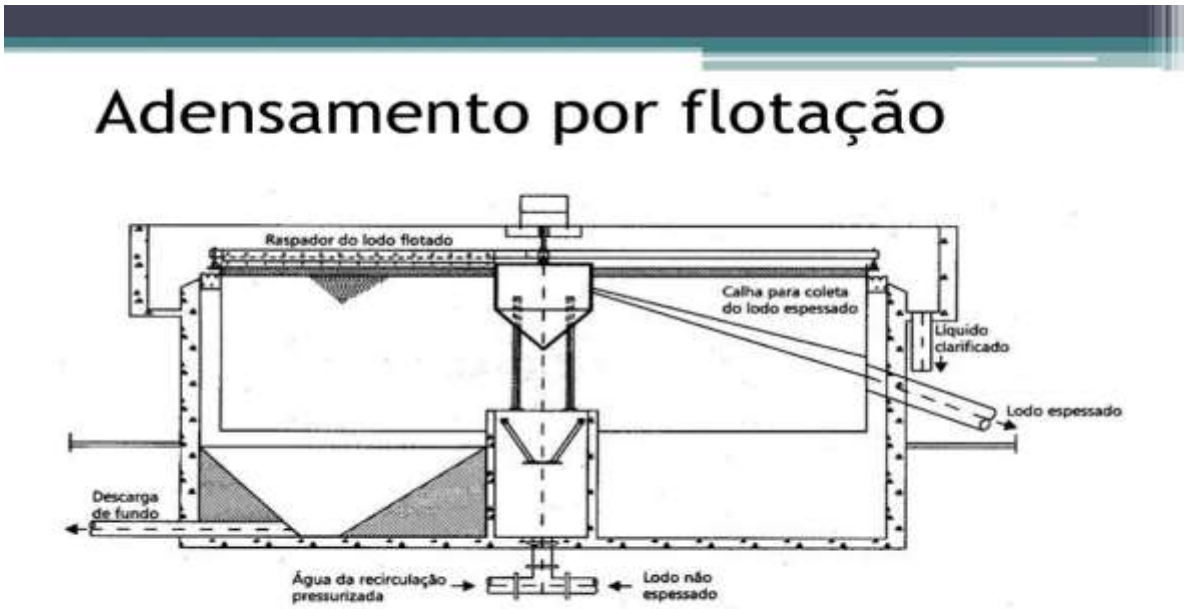


Fonte: Google imagens (2021)

Adensamento por flotação

A flotação é o processo no qual a fase sólida, com uma densidade menor que o líquido de suspensão, é separada permitindo-lhe flutuar para a superfície. O processo é aplicado há 100 anos na indústria de mineração. Para separar minérios de uma mistura heterogênea. Tem sido usada também no adensamento de lodos domésticos e industriais (RICHTER, 2001).

Figura 4 - Adensador de lodo por flotação



Fonte: Google imagens (2021)

Métodos de desidratação mecânica

Entre os diversos equipamentos de desidratação atualmente disponíveis no mercado brasileiro, podem ser citados os seguintes, em ordem crescente de custo, e que atendem à torta com um mínimo de 20% de sólidos:

- Prensa desaguadora (“ Belt Filter”)
- Centrífuga
- Filtro prensa
- Filtro rotativo a vácuo (RICHTER, 2001).

As tecnologias disponíveis para secagem de lodos usam um ou uma combinação dos seguintes princípios:

1. Separação por sedimentação em um campo de forças (gravitacional, centrífugo), quando os sólidos são mais densos que o líquido que os contém. O adensamento por flotação que permite a separação de sólidos menos densos é também possível e é uma alternativa atraente por sua eficiência e baixo custo.
2. Filtração, quando os sólidos são grandes o suficiente para serem retidos num meio ou superfície filtrante (RICHTER, 2001).

Filtração a vácuo – O filtro rotativo a vácuo não funciona bem com lodos leves como o de sulfato de alumínio, mesmo com o condicionamento por polímeros. O lodo não é retido pelo tecido do filtro e os poros da tela são obstruídos muito rapidamente (“blinding”). Fazendo-se um pré-revestimento da tela com terra diatomácea, por exemplo, pode-se aumentar sua eficiência, porém o custo operacional torna-se proibitivo. Por isso é muito pouco usado na desidratação de lodos de estações de tratamento (RICHTER, 2001).

Figura 5– Filtro rotativo a vácuo



Fonte: Google imagens (2021)

Filtro prensa – O filtro prensa ganhou popularidade por sua capacidade de tratar lodos provenientes da coagulação da água, porque foi o primeiro sistema a produzir uma torta com um teor elevado de sólidos, adequada à disposição direta em aterro sanitário. A introdução de prensas automáticas ou semi-automáticas renovou o interesse na utilização desse processo (RICHTER, 2001).

Os filtros prensa mais utilizados na desidratação de lodos de estações de tratamento de água são o tipo câmara, de volume fixo, e o de membrana ou diafragma, de volume variável. Este último é mais recente e eficiente, porém seu custo inicial é da ordem de três vezes o de câmara (RICHTER, 2001).

O filtro prensa de câmara é mais simples e econômico. Consta de uma série de placas tipo câmara, dispostas entre uma meia placa fixa e uma meia placa móvel nas extremidades. Cada placa tem uma secção reentrante ou recesso que forma o espaço que será ocupado pela torta final. O meio filtrante é instalado contra as paredes internas das placas e retém os sólidos, deixando passar o filtrado (RICHTER, 2001).

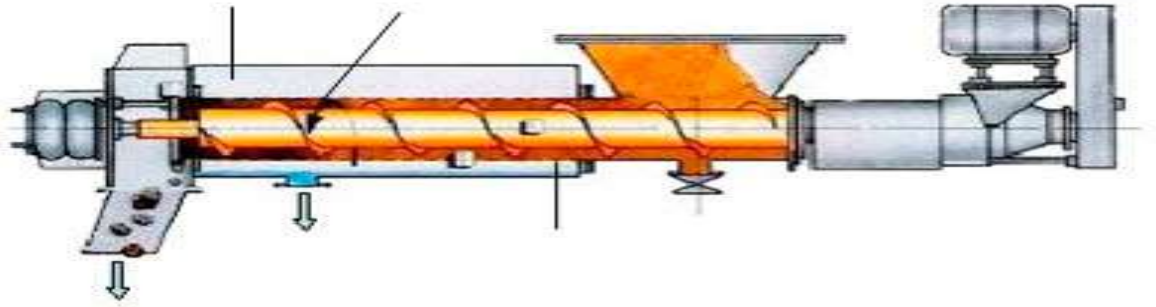
Figura 6– Filtro prensa



Fonte: Portal Tratamento de Água, 2017

Prensa desaguadora – A prensa desaguadora ou filtro prensa de correia (“Belt Filter Press”), é apropriada para secagem de lodos provenientes da coagulação da água e é capaz de produzir uma torta com uma consistência adequada para disposição em aterro sanitário. O filtro prensa de correia combina características tanto do filtro rotativo a vácuo como o filtro prensa e, sob certas circunstâncias, oferece vantagens sobre aqueles processos (RICHTER, 2001).

Figura 7- Prensa Desaguadora ("Belt Filter")



Fonte: Atlantica Sepadora (2021)

Decantadores centrífugos – Os decantadores ou centrífugas de tambor (“decanters”) têm tido larga aplicação na secagem dos lodos de usinas de tratamento de água, com a maior parte das aplicações em lodos de abrandamento a cal, mais fáceis de tratar. Aperfeiçoamentos recentes no projeto dessa máquinas, paralelamente com o uso de polímeros no condicionamento, têm expandido seu emprego no tratamento de lodos de coagulantes metálicos, com resultados satisfatórios (RICHTER, 2001).

Uma centrífuga consta de um tambor cilíndrico de eixo horizontal com uma secção cônica convergente em uma extremidade, que gira em torno de seu eixo a 3000 – 4000 rpm. Um transportador tipo parafuso no interior do tambor gira a uma velocidade ligeiramente diferente do tambor, raspando, assim, o lodo centrifugado para a máquina (RICHTER, 2001).

Figura 8– Centrífuga



Fonte: Centrífugas Brasil (2021)

Métodos não mecânicos de desidratação

A desidratação não mecânica, como seu nome indica, é aquela que não utiliza acessórios mecânicos, tais como prensas ou centrífugas, para a desidratação dos lodos, apenas agentes naturais, como a gravidade e evaporação (RICHTER, 2001).

Os dispositivos não mecânicos de desidratação mais comuns são as lagoas e os leitos de secagem. Devido ao seu alto custo, são mais indicados para pequenas estações de tratamento, usualmente com capacidade menor que 200 l/s. A indisponibilidade de terreno limita seu uso em instalações maiores (RICHTER, 2001).

Leitos de secagem de areia - Os mecanismos de desidratação dos leitos de secagem de areia ou, simplesmente, leitos de secagem, consistem essencialmente em decantação, percolação (drenagem) e evaporação para obter a concentração desejada. A operação de um leito de secagem completa-se um ciclo de duas fases: enchimento e secagem. A fase de enchimento depende do número de unidades, ou seja, da capacidade de cada leito, e, geralmente, dura de 15 a 30 dias, e a fase de secagem três semana ou mais, dependendo do clima e da concentração final desejada. Os leitos de secagem são dimensionados para um período de

armazenamento total de três a quatro meses, ou seja, um número de três a quatro aplicações por ano mesmo leito (RICHTER, 2001).

Figura 9 – Leitos de secagem de areia



Fonte: CESTESP (2021)

Lagoas – As lagoas de desidratação e os leitos de secagem trabalham com mesmas cargas superficiais. A diferença entre elas reside na profundidade líquida que, nos leitos de secagem, não passa de 60 cm e, nas lagoas, chega a 1,80 m. Assim, as lagoas podem suportar picos de carga com maior facilidade que os leitos de secagem e o número de limpezas por ano é consideravelmente reduzido. Para lodos procedentes da coagulação por sais de alumínio ou ferro, as cargas usualmente aplicadas variam entre 10 e 60 kg/m^2. Os resíduos do abrandamento a cal e soda aceitam cargas entre 50 e 75 kg/m^2. Portanto, é necessária uma grande área e, deste modo, os métodos não mecânicos são mais adequados para pequenos sistemas (RICHTER, 2001).

Figura 10 – Lagoas de desidratação de lodo



Fonte: Cidades (2019)

5.1.1. Destinações para o lodo produzido em estações de tratamento de água

A destinação do lodo de uma estação de tratamento de água é uma das atribuições mais difíceis para o administrador do serviço de água, pois envolve custos elevadíssimos e restrições ao meio ambiente (RICHTER, 2001). Dentre alternativas, podem-se destacar a produção de cerâmica vermelha, aterros sanitários e construção civil e utilização na agricultura e produção de mudas (CUNHA, 2019). E entre outras a seguir:

Produção de cerâmicas vermelha – No segmento da construção civil, o lodo pode ser utilizado na fabricação de cimento e concreto, e pode ser aplicado na confecção de peças cerâmicas, tais como tijolos, telhas e outros blocos (TALLINI JUNIOR, 2009). Algumas destas ideias surgiram em países da Europa, Japão e Austrália, e com algumas ressalvas, quase todas mostram-se viáveis, e eficientes, muitas das vezes, trazendo economia significativa, quando usadas para substituir a disposição em aterros sanitários (KATAYAMA, 2012).

Figura 11- Blocos cerâmicos fabricados a partir do lodo



Fonte: Sabesp (2021)

Aterro e construção civil – O lodo pode ser utilizado na construção civil, em contrapisos, blocos de placas de vedação, como decoração de estai para rede de distribuição de energia elétrica, tampas de concreto para cobertura de fossas, calçadas e pavimentos residenciais, porém sua incorporação dentro do limite de 4 a 8% não reduz matéria prima, como areia, cimento e brita (HOPPEN et a., 2006). O aterro sanitário é considerado, por muitos, como o melhor meio de disposição final do lodo, no sentido de conter a contaminação ao ambiente (CUNHA, 2019). Porém, deve-se considerar que, no Brasil, a maioria dos aterros, já não é capaz de receber os resíduos sólidos (CUNHA, 2019).

Além das altas taxas cobradas pelos aterros para receber o lodo, torna recomendável o estudo de alternativas de destinação do lodo de ETAs (TALLINI JUNIOR, 2009).

Figura 12- Aterro sanitário para disposição do lodo



Fonte: Google imagens (2021)

Figura 13- Blocos de concreto para fabricação de calçadas a partir do lodo



Fonte: Google imagens (2021)

Agricultura e aplicação no solo – O lodo pode ser usado na recuperação do solo, a fim de reabilitá-lo para o crescimento de plantas, ao contrário do uso na agricultura, onde ele funciona como um condicionador (TALLINI JUNIOR, 2009). A

técnica de esparramar o lodo no solo natural ou na agricultura, é considerada uma alternativa de disposição viável, principalmente quando o lodo aplicado é de sulfato de alumínio ou de cal, atua-se como condicionador do solo, tornando-se o solo poroso, permitindo mais umidade e coesividade (RICHTER, 2001).

O lodo aplicado no solo pode ser na forma líquida, semi-sólida ou sólida, dependendo do meio de transporte. O transporte por caminhões exige uma torta sólida. A aplicação em forma líquida é desejável, porém impõe o bombeamento e, assim a proximidade da estação de tratamento com a área de aplicação. Os custos de transporte e a pouca aceitação pelos lavradores são os principais obstáculos para um maior desenvolvimento deste método de disposição (RICHTER, 2001).

Figura 14- Disposição do lodo na agricultura



Fonte: Google imagens (2021)

Figura 15 - Aplicação do lodo no solo



Fonte: Google imagens (2021)

Mudas em viveiros – Segundo Padilha et al. (2017) avaliou a aplicação do lodo para cultivo de mudas mostra-se relevante, principalmente do ponto de vista da recuperação de nutrientes presentes no lodo, podendo, contudo, se tornar uma alternativa de valorização deste tipo de resíduo.

Porém, deve-se destacar que as mudas utilizadas não podem ter relação com a cadeia alimentar, devido à capacidade das plantas em absorver metais tóxicos (CUNHA, 2019).Sendo assim, a utilização de espécies madeireira como eucalipto e espécies ornamentais como ipê pode ser uma excelente alternativa (CUNHA, 2019).

Figura 16- Aplicação do lodo em mudas de viveiros



Fonte: Google imagens (2021)

Disposição em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) – De acordo com Reali (1999) as ETEs consistem em uma das maneiras mais baratas de disposição de lodos de ETA.

O lodo de água pode ser disposto na ETE desde que a vazão e quantidade de lodo sejam reguladas, pois podem interferir no tratamento e alterar de forma relevante a capacidade da rede de recepção deste material, além de ser necessária a verificação da rede coletora de esgoto de atender o aumento da vazão de efluente (DI BERNARDO; CARVALHO; SCALIZE,1999).

Figura 17 – Disposição do lodo em estações de Tratamento de Esgotos



Fonte: Google imagens (2021)

Compostagem – Pesquisas estão sendo realizadas para utilização de lodos de ETAs em compostagem, utilizando-se o sistemas em leiras, juntamente com restos vegetais, resíduos sólidos domésticos e biossólidos (TAKADA et al. 2013).

O lodo de ETA em compostagem de biossólidos e resíduos de poda tem a finalidade de aumentar o teor de umidade nas leiras (SILVA e FERNANDES, 1998)

Carvalho (2006) afirma que a compostagem do lodo de ETA elimina seu caráter poluidor, podendo assim, o composto, ser utilizado sem prejuízo algum ao meio ambiente, diferentemente de lodo ser disposto in natura no ambiente.

Figura 18 – Lodo na compostagem



Fonte: Google imagens (2021)

Lançamento em cursos de água – O lançamento em rios pode ser feito em certas condições e dependendo de permissão das autoridades do meio ambiente em função das características e do volume do curso de água onde o lodo é descarregado. É o método mais barato de disposição e, usualmente, se está devolvendo ao rio os materiais dele removidos nos processos de tratamento. As principais restrições são atribuídas ao coagulante e outros produtos químicos aplicados que aumentam a sedimentabilidade destes resíduos e, assim, podem formar depósitos indesejáveis (RICHTER, 2001).

Figura 19 - Lançamento do lodo em cursos d’ água



Fonte: Google imagens (2021)

5.1.1.1. Destinações do lodo no Brasil e em outros países

Na Holanda, desde 1989, apenas 2% do lodo gerado pelas estações de tratamento era lançada nos cursos d'água, enquanto 12% eram utilizados na agricultura e 7% utilizado no controle de gás sulfídrico (PEREIRA, 2011). Os EUA apresentam uma proporção maior na utilização do lodo de ETA na agricultura, sendo 25% da geração, e 11% são tidos como destino os corpos hídricos, 24% descarga no sistema público de esgoto, 20% em aterros sanitários e 20% em outros tipos de destinação (AWWA, 2012).

Na França, 6% tem destino a aplicação no solo, 53% é utilizado na construção civil, 29% vão para o sistema público de esgoto, 13% aterro sanitário (ADLER,2002). No Brasil o aproveitamento do lodo ainda não se tornou uma prática entre os responsáveis pela geração desse resíduo, e seu aproveitamento possui índices insignificantes (ROCHA, 2016).

Segundo dados do IBGE (2010), cerca de 62% do lodo gerado pelas estações de tratamento são dispostos em curso d'água, e apenas 5,9% possui uma destinação adequada, tais como aterro sanitário, incineração ou reaproveitamento.

Achon et al. (2013) realizou um trabalho em cinco ETAs localizadas em São Paulo, e concluiu que todas elas refletem um quadro comum no Brasil, não dimensionam a quantidade de resíduos gerados, poucas avaliam as características do lodo produzido e não destinam corretamente esses resíduos o que dificulta e em, muitos casos podem impossibilitar o uso de indicadores como ferramentas de gestão.

6. CONCLUSÃO

O estudo bibliográfico possibilitou compreender a importância da destinação adequada do lodo gerado pelas estações de tratamento de água. Para atingir o entendimento deste assunto definiram-se três objetivos específicos.

O primeiro, de apontar as tecnologias existentes para o tratamento do lodo. O segundo, de indicar a destinação para o lodo produzido em estações de tratamento de água. O terceiro, de contextualizar como são as destinações do lodo no Brasil e em outros países. Os objetivos propostos foram respondidos.

O lodo de ETA (Estação de Tratamento de Água) é um resíduo com grandes concentrações de metais. De acordo com o artigo 3º da Lei 12.305/2010, por causa de suas particularidades tornam inviáveis o lançamento em corpos d' água, por isso exigem soluções adequadas para sua destinação final.

O tratamento do lodo é de grande relevância para que se tenha condições adequadas para sua disposição final, para obter o estado sólido ou semi-sólido, envolve a remoção de água para concentrar os sólidos e diminuir o seu volume.

Mediante a perspectiva desse trabalho, conclui-se que o LETA(Lodo de Estação de Tratamento de Água) necessita ser tratado e disposto adequadamente para minimização da contaminação do meio ambiente onde ele é descartado.

Dentre as alternativas para a destinação são: produção de cerâmica vermelha, aterro e construção civil, na agricultura, mudas em viveiros, disposição em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), compostagem e aplicação no solo.

Assim, este trabalho será mais uma importante contribuição para acadêmicos que se interessarem pelo tema. Já para sociedade mostrar como é fundamental o tratamento e a destinação apropriada, para que o LETA (Lodo de Estação de Tratamento de Água) não contamine o meio ambiente. Com isso, consegui adquirir novos conhecimentos deste assunto tão interessante que serão significativos tanto para minha carreira acadêmica quanto profissional.

REFERÊNCIAS

AMÂNCIO, D.V. *et al*. **Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água.** Sustentare, Três Corações, v.1,n.1, p.29-44, 2017.

AMÂNCIO, D.V. **Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água: influência da sazonalidade.** Formiga: UNIFOR-MG, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária). Centro Universitário de Formiga,2012.

ACHON, C.L.; BARROSO, M.M; CORDEIRO, J.S.; **Resíduos de estações de tratamento de água e a ISSO 24512: desafio do saneamento brasileiro.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.18, n.2, p.115-122, 2013.

AWWA. American Water Works Association. **For the Examination of Water and Wastewter.** Denver: AWWA, 2012.

ADLER, C. Centrality dependence of high Thadronsuppression in Au+ Aucollisionsatsqrt (sNN)= 130 GeV. **ArXiv**, v.1, 2002.

ANDREOLI, C.V. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento.** Curitiba: Rio de Janeiro: ABES, 2006. 398p. (PROSAB).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos sólidos: Classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação – referências – elaboração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BARBOSA, R.M.; POVINELLI, J.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E.L.G.: **A toxicidade de despejos (lodos) de estações de tratamento de água à Daphnia similis (cladocera, crustácea).** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. Anais. Porto Alegre: ABES,2000. Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua//ii-008.pdf. Acesso em: 03 set. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 nov. 2000.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, do Conselho Nacional de Meio Ambiente.** Diário Oficial da União, Brasília, DF,17 mar.2005.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Lei 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 Ago. 2010.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M.A.S. **Tratamento de água e Efluentes: Fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos.** 1.ed. São Paulo: Érica,2014.

BIGONE, F., SILVA, A.P., MARQUES, D.M. Lodos produzidos nas Estações de Tratamento de água (ETAs): Desidratação em Leitos de Secagem e Co-disposição em Aterros Sanitários. In: ANDREOLI, Cleverson Vitórtio (coordenador). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio Janeiro: RiMa, ABES, 2001. p.215-244.

BELO HORIZONTE. Procuradoria-Geral de Justiça/CEAT- Centro de Apoio Técnico. Setor de Meio Ambiente. **Orientações Básicas acerca do Impacto do Lodo Gerado nas ETAs, Alternativas de Tratamento/Disposição e Legislação Correlata.** Belo Horizonte/MG, 2009. Orientações.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de saúde/Ministério da Saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 450 p.

BRITO, K. P. *et al*. **A água como fator indispensável à vida e a importância da química na estação de tratamento.** Encontro Regional de Química, Caderno Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável , v.8,n.2, 2018.

CAVINATO, V.M. **Saneamento Básico: fonte de saúde e bem-estar.** São Paulo: Moderna. 2003. 88 p.

CARVALHO, J.V.S. **Co- Compostagem de lodo de ETA e sua viabilidade agronômica. In: XLVI Congresso Brasileiro de Química.** Anais. Salvador. 2006. Disponível em: http:www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/13/32-IC-617-802-13-T2.htm. Acesso em: 09 jan 2012.

CUNHA, G.D. *et al*. **Caracterização e destinação ambientalmente corretas do lodo gerado pelas estações de tratamento de água.** Nature and Conservation, v.12, n.2, p.19-30, 2019.

CORNWELL, D.A. Water treatment plant residuals. In: AWWA. **Water Quality and treatment.** 5.ed. Denver, USA:AWWA,1999.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ,L.P. **Seleção de tecnologia de Tratamento de Água.** Editora LDiBe LTDA.2008.878p.

DI BERNARDO; CARVALHO; SCALIZE. **Disposição de Resíduos líquidos de ETAs em ETEs.** In: REALI, M.A.P.(Coord.). Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. P.169-202.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. DI BERNARDO. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2 .ed., vol. 1, São Carlos: RiMa. 2005. 510 p.

FERREIRA, A. C. *et al*. **Avaliação do desenvolvimento do capim Tifton cultivado em latossolo adubado com lodo de ETA.** Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro, v.07, n.01, p.64-83, 2017.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

GONÇALVES, S.L.V, **A família e o portador de transtorno mental: Estabelecendo um vínculo para reinserção à sociedade.** Monografia (Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família). Universidade Federal de Minas Gerais, Manhuaçu – Minas Gerais. 2010

HOPPEN, C.; PORTELLA, K.F.; JOUKOSKI, A.; TRINDADE, E.M.; ANDREÓLI, C.V.. **Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental.** Química Nova, v.29, n.1, p.79, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JANUARIO, F.G.; FILHO, S.S.. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.12, n.2, 2007.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água**. Campinas, São Paulo: Editora Átomo. 2010. 3ª ed. 494 p.

LIMA, R.S.R.; LIMA, R.; OKANO, N.H. **Saneamento ambiental**. Curitiba: CREA-PR, 2016. Disponível em: http://177.92.30.55/ws/wp-content/uploads/2016/12/saneamento-ambiental.pdf. Acesso em: 03 set.2017.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica.** 5 ed.. São Paulo: Atlas, 2003.

MOREIRA, V.T.G.; PAIVA, G.S; SOARES, A.F.S. **Lodo de estação de água (LETA): resíduo ou insumo?.** Revista Petra, v.3, n.1, p.17-37, 2017.

Manzo, A.J. **Manual para la preparación de monografias: uma guia para presentar informes y tesis.** Buenos Aires: Humanitas, 1971.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Manual de Educação para Consumo Sustentável (2002)** – Disponível em: http://www.mma.gov.br/. Acesso em: 12/03/2016.

NASCIMENTO, V.C. *et al*. **Quantificação e proposta de destinação final do lodo de decantador da estação de tratamento de água (ETA) em Itabirito, MG.** Revista Petra,v.3, n.1, p.38-56, 2017.

OLIVEIRA, I .Y. **Lodo de estação de água e a lei 12.305/2010: desafio no gerenciamento de resíduos.** Revista Diálogos &Ciência (D&C),v.2, n.41(18), p.50-59, 2018.

OLIVEIRA, I.Y.Q.; RONDON, O.. **Diagnóstico da gestão de lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul.** Interações, Campo Grande, v.17, n.4, p.687-698, 2016.

PAIVA, W.M.; PARREIRA, R.L.T. **Resíduos das Estações de Tratamento de Água (ETA).** Linguagem Acadêmica, Batatais, v.2, n.2, p.83-96, 2012.

PEREIRA, S.L.M.. **Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da ETA Gramame.** Dissertação (Mestrado) – Universidades Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PADILHA, F.T.; MODOLO, R.C.E.. **Utilização de lodo de estação de tratamento de água como substrato para produção de mudas.** In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Anais. São Paulo: FAPESP, 2017.

RODRIGUES, F.N. *et al*. **Avaliação da eficiência do leito de secagem no processo de desidratação de lodo gerado nos decantadores da estação de tratamento de água.** Sustentare, v.2, n.2, p.183, 2018.

RICHTER, C.A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água.** 1.ed.São Paulo: Blucher, 2001.

ROCHA, M.A.F.. **Uso do tratamento de resíduo da estação de tratamento de água de Ji-Paraná/ RO como material cimentício.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

REALI, M.A.P.(Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999.p.169-202.

SILVA, G.A.; SANTOS, M.J.; CARNIELLO, M.F.; SILVA,J.L..**Caracterização do Sistema de Abastecimento de Água de Porto Velho/RO.** In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, X ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO E IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA JUNIOR, 14. Anais. João Pessoa: UFPB,2010.

SILVA, S.M.; FERNANDES, F**. Co- Compostagem de biossólidos, lodo de tratamento de água e resíduos de podas de árvores.** In: XXVI Congresso Interamericano de Ingeníera Sanitaria Y Ambiental, Lima, Peru, Anais. 1998.

Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/brares187.pdf. Acesso em: 09 jan.2012.

SOARES, A.F.S.; CUNHA, A.B.L.; MACHADO, A.O.V.; LAGES, F.A.E.. **Métodos e Custos de Disposição de Lodo de ETA.** In: Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, 8.,/ Simpósio de Engenharia Ambiental do Espírito Santo, 4., Vitória/ES. As cidades brasileiras e seus problemas ambientais: oportunidades e desafios, 2009a.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Tratamento de Água.** Disponível em: https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47. Acesso em: 09 jan.2012.

SANTOS, S.S.A. **Caracterização e utilização de resíduo sólido: lodo de eta, como matéria prima para confecção de elementos da construção civil.** Salvador, 87p. Dissertação (Mestrado), UFB, 2011. Disponível em: http:// repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/10930. Acesso em: 05 abr.2015.

SOARES, A.F.S.; CUNHA, A.B.L.; MACHADO, A.O.V.; LAGES, F.A.E.. **Caracterização físico-química do lodo gerado na ETAs e impactos ambientais associados ao lançamentos em corpo d' água.** In: Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, 8.,/ Simpósio de Engenharia Ambiental do Espírito Santo, 4., Vitória/ES. As cidades brasileiras e seus problemas ambientais: oportunidades e desafios, 2009b.

SOUZA, A.G. et al. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. In: **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** ABES, 1999.

SUGUINO, E.; FREITAS, A.P.; VASQUES, H.. **Potencial de Uso do Lodo de Estações de Tratamento de Água e Esgoto.** Pesquisa e Tecnologia. Apta Regional, São Paulo, 2013.

TAKADA, C.R.S. *et al*. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas - TO.** Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.10, n.2, p.157-165, 2013.

TRUJILLO FERRARI, A. **Metodologia da Ciência.** 3 ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

TSUTUYA, M.T.; HIRATA, A.Y. **Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. Anais. João Pessoa: ABES, 2001.

TALLINI JUNIOR, W.M. **Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir do lodo de estações de tratamento de água, microesfera de vidro de jateamento, sais de neutralização de ácidos de baterias e areia de fundição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TOCANTINS. Lei nº 3.614, de 18 de Dezembro de 2019. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos – PERS, e adota outras providências.** Tocantins, Palmas, 18 dez.2019.

VIEIRA, A.; RIDDER**. Água para Vida, Água para todos: Livro das Água.** Brasília: WWF- Brasil, 2006. Disponível em: http://www.redeambientalescoteira.org.br/arquivos/wwf_livro_das _aguas.pdf. Acesso em: 02 fev.

VIANA, C.C.; RODRIGUES, F.N.; RIBEIRO, K.D. **Caracterização físico-química e biológica do lodo gerado em Estação de Tratamento de Água (ETA).** In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o meio ambiente. Anais. Bento Gonçalves: UCS, 2014. Disponível em: https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=388&ano=_quarto. Acesso em: 03 set.2017.

KATAYAMA, V.T.. **Quantificação da Produção de lodo de Estações de Tratamento de Água de Ciclo Completo:** uma análise crítica. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.