

**Universidade de Ribeirão Preto  
Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental**

**ALEXANDRE FONSECA PRADO**

APRESENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE  
DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO DE LODOS GERADOS EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO E UTILIZAÇÃO DOS  
SOFTWARES GIMP E HOT POTATOES COMO OBJETO DE ENSINO  
APRENDIZAGEM

RIBEIRÃO PRETO

2018

**ALEXANDRE FONSECA PRADO**

APRESENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE  
DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO DE LODOS GERADOS EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO E UTILIZAÇÃO DOS  
SOFTWARES GIMP E HOT POTATOES COMO OBJETO DE ENSINO  
APRENDIZAGEM

Dissertação apresentada a  
Universidade de Ribeirão  
Preto – UNAERP, como  
requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre  
em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes

RIBEIRÃO PRETO

2018

**ALEXANDRE FONSECA PRADO**

**“ APRESENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE  
DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO DE LODOS GERADOS EM  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO E UTILIZAÇÃO DOS  
SOFTWARES GIMP E HOT POTATOES COMO OBJETO DE ENSINO  
APRENDIZAGEM”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Luciano Farias de Novaes

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

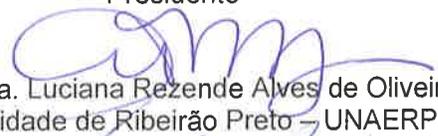
Data de defesa: 23 de fevereiro de 2018

Resultado: aprovado

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes  
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP  
Presidente



Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira  
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP



Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Ribeirão Preto  
2018

Dedico este trabalho a minha esposa, Aline Mendonça, pela força e companheirismo. A minha filha, Maria Helena, mesmo não estando conosco me deu forças para seguir em frente. Amor eterno. Aos meus pais, Paulo Roberto e Maria de Lourdes, pelos diversos exemplos positivos que me deram na vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, meu especial agradecimento à Prof. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira, coordenadora do Mestrado em Tecnologia Ambiental da UNAERP, pelo apoio dados nos momentos mais difíceis. Sempre presente e pronta a ajudar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Faria de Novaes, pelo companheirismo, amizade e paciência.

Ao prof. Dr. Celso Luiz Franzotti por aceitar participar da avaliação de meu trabalho.

Aos professores do Mestrado em Tecnologia Ambiental da UNAERP pelos ensinamentos.

Aos meus queridos amigos do Instituto Federal, campus Barretos, Ana Paula Mendes, Demétrius Mendes, Sergio Azevedo, Andresa Bertachini, Rodrigo Camilo, Alessandra Vetorelli, Claudinéia Soares, Tiago Barreto, Abraão Damião, Carol Primiano, Veridiana Nunes , Admilson Nunes e Paulo Henrique Ribeiro.

A Deus, sobretudo, por proporcionar discernimento nos momentos mais difíceis desta caminhada.

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 01</b> - Parâmetros físico-químicos para o lodo das Ete's São Carlos, Araraquara e Rio Claro.....	14
<b>TABELA02</b> - Estimativas do volume de efluentes domésticos por fonte/pessoa/dia.....	15
<b>TABELA 03</b> - Processos de tratamento de lodos e seus objetivos.....	17
<b>TABELA 04</b> - Índice de voláteis e teor de sólidos no lodo desaguado.....	57

## **LISTA DE QUADROS**

**QUADRO 01** - Vantagens na utilização dos objetos de ensino aprendizagem..24

**QUADRO 02** - Vantagens e Desvantagens da Compostagem..... 45

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 01</b> - Interface inicial do GIMP.....	28
<b>FIGURA 02</b> - Exemplo de exercício em elaboração.....	30
<b>FIGURA 03</b> - Centrífuga para desidratação de lodos.....	35
<b>FIGURA 04</b> - Filtro Prensa de Esteira.....	39
<b>FIGURA 05</b> - Leito de secagem com a formação de torrões.....	42
<b>FIGURA 06</b> - Lodo de leito de secagem pavimentado sendo recolhido depois de seco.....	44
<b>FIGURA 07</b> - Bag de deságue vertical.....	50
<b>FIGURA 08</b> - Bag de deságue horizontal.....	50
<b>FIGURA 09</b> - Bag's dispostos em estação de tratamento de esgoto.....	52
<b>FIGURA 10</b> - Estufa de secagem de lodo de ETE.....	53
<b>FIGURA 11</b> - Caçamba do tipo Brock.....	62
<b>FIGURA 12</b> - Interface Inicial do Conteúdo .....	65
<b>FIGURA 13</b> - Exemplo de utilização da Ferramenta GIMP.....	66
<b>FIGURA 14</b> - Exemplo de utilização da ferramenta GIMP.....	67
<b>FIGURA 15</b> - Exemplo de utilização da ferramenta.....	69
<b>FIGURA 16</b> - Exercício de disposição final de lodo com lacunas.....	68
<b>FIGURA 17</b> - Utilização do JCloze no Word .....	69
<b>FIGURA 18</b> - Exemplo de utilização de JQuiz híbrido.....	70
<b>FIGURA 19</b> - Exemplo de JCross .....	71
<b>FIGURA 20</b> - JMatch utilizando a associação de palavras .....	72

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia em Saneamento Básico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETEs - Estações de Tratamento de Esgoto

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR – Norma Brasileira

NTS – Norma Técnica Sabesp

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNAD - Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto

SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SST - Sólidos Suspensos Totais

TSS - Teor de Sólidos em suspensão

UGL – Unidade de Gerenciamento de Lodo

USEPA - *United States Environmental Protection Agency*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	13
3.1. GERAÇÃO E TRATAMENTO DE LODOS EM ETE´S.....	13
3.1.1 Generalidades .....	13
3.1.2. Fontes de Lodos de Esgoto.....	15
3.1.3. Tratamento de Lodo.....	16
3.1.4. Condicionamento do Lodo.....	17
3.1.5 Desidratação do Lodo.....	18
3.2. NORMATIZAÇÃO DO LODO NO BRASIL.....	18
3.3. OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM.....	19
3.3.1.O processo de ensino aprendizagem.....	18
3.3.2.Objeto de Ensino Aprendizagem.....	23
3.3.3.Ferramentas virtuais de apoio ao objeto de ensino aprendizagem.....	26
3.3.4. Software de Ensino Aprendizado GIMP.....	27
3.3.5. Software de Ensino Aprendizado Hot Potatoes.....	29
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS ESPECÍFICOS DE DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO DE LODOS DE ETE.....	31
4.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE DESAGUAMENTO E SECAGEM DE LODO DE ETE E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS.....	32
4.3. UTILIZAÇÃO DOS SOFTWARES GIMP E HOT POTATOES COMO	

OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM.....	33
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>34</b>
5.1.IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS ESPECÍFICOS DE DESAGUAMENTO E SECAGEM DE LODO DE ETE E SEUS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO.....	34
5.1.1. Centrífugas.....	34
5.1.1.1. Parâmetros de Dimensionamento de Uma Centrífuga.....	35
5.1.2. Filtro Prensa de Esteira.....	38
5.1.2.1 Parâmetros de Dimensionamento de Filtro Prensa de Esteira.....	40
5.1.3 Leitos de Secagem.....	41
5.1.3.1 Leitos de Secagem Pavimentados.....	43
5.1.3.2 Leitos de Secagem a Vácuo.....	44
5.1.3.3 Leitos de Secagem Rápida.....	45
5.1.3.4 Parâmetros de Dimensionamento do Leito de Secagem..	46
5.1.4 Secagem por Bags.....	49
5.1.4.1 Parâmetros de Dimensionamento para Implementação de Bags na Secagem/Desaguamento de Lodo.....	50
5.1.5 Uso de Estufas no Leito de Secagem.....	52
5.1.5.1. Parâmetros de Dimensionamento de Estufa.....	53
5.2 APLICAÇÕES EXISTENTES NO BRASIL PARA SISTEMAS DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	55
5.2.1. Utilização de Leitos de Secagem.....	56
5.2.2. Utilização de Filtros Prensa de Esteira.....	57
5.2.3. Utilização de Mantas Geotêxteis e Secagem Térmica.....	57
5.3. DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ETE´S.....	58

5.3.1. Disposição Final de Lodo de ETE.....	62
<b>5.4. EXEMPLIFICAÇÃO DE OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM .....</b>	<b>64</b>
5.4.1. Exemplos de utilização do programa GIMP.....	64
5.4.2. Exemplos de aplicação na ferramenta Hot Potatoes.....	68
5.4.3 JCloze.....	68
5.4.4 JQuiz.....	70
5.4.5 JCross.....	71
5.4.6 JMatch.....	72
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>

## RESUMO

O Brasil há muito vem lidando com a problemática da geração de esgoto, especialmente na coleta e tratamento destes resíduos, um dos pré-requisitos básicos na busca pelo equilíbrio ambiental. Ocorre que a geração de lodo de esgoto, que resulta deste tratamento, é outro problema que demanda soluções urgentes. Objetiva-se que este trabalho reúna, em um único documento, informações importantes sobre tecnologias para sistemas de desaguamento, secagem e disposição de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento. Os exemplos de utilização das ferramentas GIMP e Hot Potatoes como objeto de ensino aprendizagem podem ser úteis para professores e pesquisadores em geral no apoio ao ensino em diversos níveis. Neste trabalho foram levantadas informações sobre desaguamento, secagem e disposição de lodos na literatura, escritas em diversos documentos diferentes, porém, desconectados uns dos outros. Todo este acervo, que incluía dissertações, teses, artigos e livros, foi consultado e colocado neste trabalho para facilitar o acesso de professores, pesquisadores e alunos. Para fundamentar e apresentar os parâmetros de dimensionamento dos equipamentos que realizam a secagem e o desaguamento, foi consultada a literatura e, principalmente, empresas que vendem e montam estas máquinas. O resultado é que a experiência prática está presente neste trabalho, aliada à literatura de apoio. O uso de equipamentos adequados na secagem e desaguamento de lodos de ETE permite o correto descarte do lodo produzido. Além disso, também permite um transporte mais seguro e menos dispendioso. A disposição final dos resíduos provenientes do tratamento de lodo é um dos assuntos mais atuais da área, haja vista a pouca disposição de espaço e recursos nos municípios brasileiros para a construção de novas áreas de descarte. Para a exemplificação do objeto de ensino aprendizagem, foram pesquisados os softwares mais utilizados e escolhidos dois deles, que se complementam na tarefa de ensinar o aluno sobre o tema. GIMP e Hot Potatoes são ferramentas importantes, em um contexto que abrange várias outras, criadas para fins de fortalecimento do ensino. Os ambientes virtuais de aprendizagem, reforçados pela consolidação do Ensino a Distância (EAD), proporcionaram aos professores e alunos um ambiente totalmente interativo, destoando da sala de aula clássica. Este trabalho, ao reforçar esta tendência e apresentar formas de se trabalhar um assunto complexo como lodo de esgoto, também objetiva trazer mais luz ao tema, colocando em discussão na comunidade acadêmica. O assunto de desaguamento e secagem de lodo, assim como sua disposição final, pode representar uma nova fronteira de pesquisa e ensino, e este trabalho poderá ser uma primeira contribuição para o aprofundamento da temática.

**Palavras-chave:** Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto. Desaguamento de Lodo. Objeto de Ensino e Aprendizagem.

## **ABSTRACT**

Brazil has long been dealing with the problem of sewage generation, especially in the collection and treatment of these wastes, one of the basic prerequisites in the quest for environmental equilibrium. It occurs that the generation of sewage sludge, which results from this treatment, is another problem that demands urgent solutions. The objective of this work is to gather, in a single document, important information about technologies for drainage systems, drying and disposal of sewage sludge generated in treatment plants. Examples of learning object learning may be useful for teachers and researchers in general in supporting teaching at various levels. In this work, information about drainage, drying and disposal of sludge in the literature was written, written in several different documents, but disconnected from each other. All this collection, which included dissertations, theses, articles and books, was consulted and placed in this work to facilitate the access of teachers, researchers and students. The literature and, mainly, the companies that sell and assemble these machines were consulted in order to establish and present the parameters for the dimensioning of the equipment that performs drying and dewatering. The result is that practical experience is present in this work, coupled with supporting literature. The use of adequate equipment in the drying and dewatering of ETE sludge allows the correct disposal of the sludge produced. In addition, it also allows safer and less expensive transportation. The final disposal of waste from sludge treatment is one of the most current issues in the area, due to the lack of space and resources available in Brazilian municipalities for the construction of new disposal areas. For the exemplification of the object of teaching learning, the most used software was searched and two of them were chosen, which complement each other in the task of teaching the student about the subject. GIMP and Hot Potatoes are important tools, in a context that encompasses many others, created for the purpose of strengthening teaching. Virtual learning environments, reinforced by the consolidation of Distance Learning (EAD), provided teachers and students with a totally interactive environment, unlike the classic classroom. This work, by reinforcing this trend and presenting ways of working on a complex subject as sewage sludge, also aims to bring more light to the theme, putting in discussion in the academic community. The issue of dewatering and sludge drying, as well as its final disposal, may represent a new frontier of research and teaching, and this work could be an initial contribution to the deepening of the theme.

**Keys-Word:** Sewage treatment Plant Sludge. Sludge dewatering. Object of Teaching and Learning.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas os principais agentes poluidores de águas são os esgotos, que na maioria das vezes são lançados diretamente nos corpos de água. Frente à degradação intensa dos recursos hídricos, os esgotos de diversas cidades brasileiras vêm sendo tratados em estações de tratamento de esgoto (ETEs), que operam com diferentes sistemas tecnológicos. Nestes sistemas de tratamento de águas residuárias, a água retorna aos mananciais com bom grau de pureza. No entanto, ocorre a geração de um resíduo semissólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, chamado de lodo de esgoto (ANDRADE, 1999). A destinação deste lodo residual que é gerado nas ETEs é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas (METCALF e EDDY, 2010).

O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo, que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (LUDUVICE, 2001). O termo “lodo” tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgotos. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo biológico ou secundário, composto principalmente de sólidos biológicos. O termo biosólidos é utilizado apenas quando o lodo apresenta características que permitam o seu uso agrícola (ANDREOLI, 2011).

Com o crescimento urbano acelerado, a produção de lodo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) também aumenta, principalmente no Estado de São Paulo, onde se encontra a maior parte da população urbana do país. Embora esse resíduo represente em média 1% a 2% do volume total do esgoto tratado, seu gerenciamento é bastante complexo e demanda custos elevados (ANDREOLI, 2011).

O processamento e a disposição final do lodo podem representar até 60% do custo operacional de uma ETE (VON SPERLING, 2001). Geralmente para destinação final do lodo são utilizados os aterros sanitários, no entanto, alguns estudos vislumbram sua aplicação como insumo agrícola, fertilizante ou mesmo na construção civil.

Segundo o IBGE, com dados da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD), em 2015, 24 milhões de lares ainda não tinham acesso à rede de esgoto no Brasil, o que representa 34,7% do número de moradias. Ainda segundo a pesquisa, o Sudeste é a região com melhor índice de cobertura, com 88,6% dos lares atendidos. As demais regiões, Sul (65,1%), Centro-Oeste (53,2%), Nordeste (42,9%) e Norte (22,6%), ainda apresentam baixos índices de interligações.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em sua Planilha de Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto, com dados de 2016, o índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água era de 51,92% dos municípios brasileiros. Quando este índice se refere apenas ao atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água, tem-se uma leve alta, 59,74%.

As informações contidas na planilha do SNIS (2016) revelam, assim como o PNAD (2015) que o Brasil aumentará tanto o número de moradias atendidas por rede de esgoto, quanto as cidades que vão de fato tratar os esgotos que produzem. Certamente estes aumentos farão aumentar exponencialmente a produção de lodo de esgoto, o que vai implicar a adoção de estudos para atenuar tal problemática.

A quantidade gerada de lodo de esgoto cresce proporcionalmente ao aumento dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, que, por sua vez, deve acompanhar o crescimento populacional. Em 2010, estimativas apontavam uma produção nacional de 150 a 220 mil toneladas de matéria seca por ano (PEDROZA et al., 2010).

Os dados da PNAD (2015), assim como os dados do SNIS (2016), nos trazem informações importantes, haja vista que o aumento de interligações de esgoto no país implicará, necessariamente, no aumento de lodo gerado. Tal fato faz com que a preocupação em encontrar formas de lidar com este problema seja discutida agora, de forma preventiva.

Assim, este trabalho, a partir das informações levantadas acerca da problemática do lodo, tem por objetivo a montagem de um objeto de ensino-aprendizagem para apoio ao ensino em sala de aula dos processos de desaguamento, secagem e disposição final de lodo de ETE's..

O processo de aprendizagem, segundo Libâneo (1994), é a assimilação de qualquer forma de conhecimento, desde o mais simples onde a criança

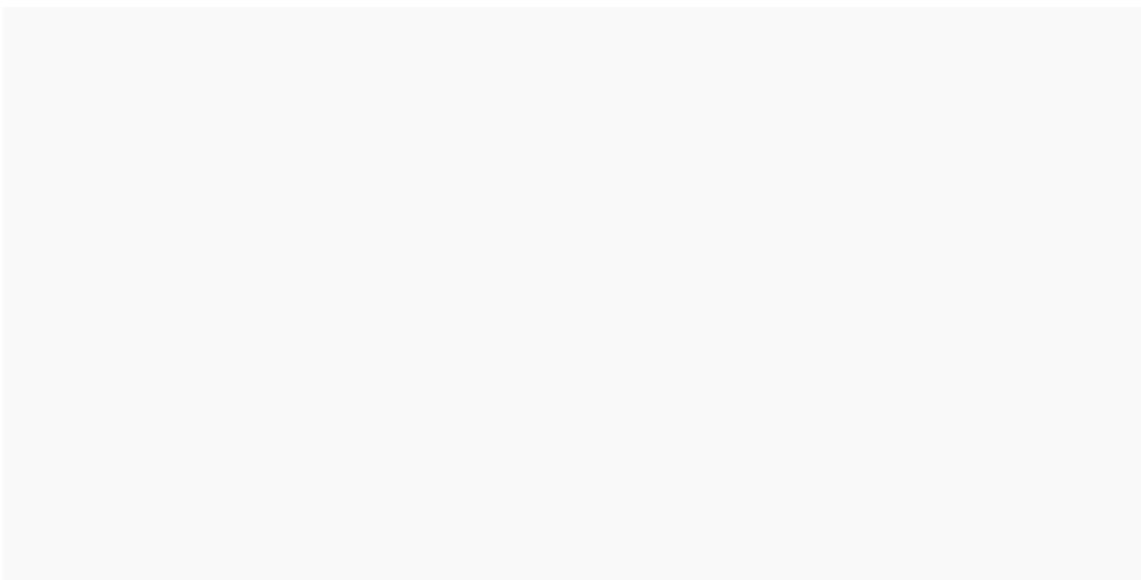
aprende a manipular os brinquedos, a fazer contas, lidar com as coisas, nadar, andar de bicicleta etc., até processos mais complexos onde uma pessoa aprende a escolher uma profissão, lidar com as outras. Dessa forma as pessoas estão sempre aprendendo.

O processo de ensino, segundo Libâneo (1994), é a atividade que tem por finalidade que o outro obtenha o conhecimento. Para que haja ensino de forma a realmente agregar valor é preciso que o professor, como transmissor de conhecimentos, se utilize de métodos e técnicas adequadas que tenham base no contexto geral e local. Assim, a necessidade básica do aluno será encarada como uma ponte para o ensino e não como um obstáculo.

Ainda segundo o autor, a relação ensino aprendizado não é mecânica, mas sim uma relação recíproca na qual se destacam o papel dirigente do professor e as atividades do aluno. Nesse sentido, o ensino visa estimular, dirigir, incentivar, impulsionar o processo de aprendizagem dos alunos.

Assim, um objeto de ensino aprendizado, de acordo com Gutierrez (2004), pode ser conceituado como sendo todo objeto que é utilizado como meio de ensino/aprendizagem, como um cartaz, uma maquete, uma canção, um ato teatral, uma apostila, um filme, um livro, um jornal, uma página na web etc. A maioria destes objetos de aprendizagem pode ser reutilizada, modificada ou não e servir para outros objetivos que não os originais.

Este trabalho servirá para fins didáticos pedagógicos como forma de apoio ao ensino em diversas ocasiões onde o assunto for tratado em sala de aula, podendo ser utilizado também em palestras, páginas de web, disponibilizado para fins de educação a distância e outros.

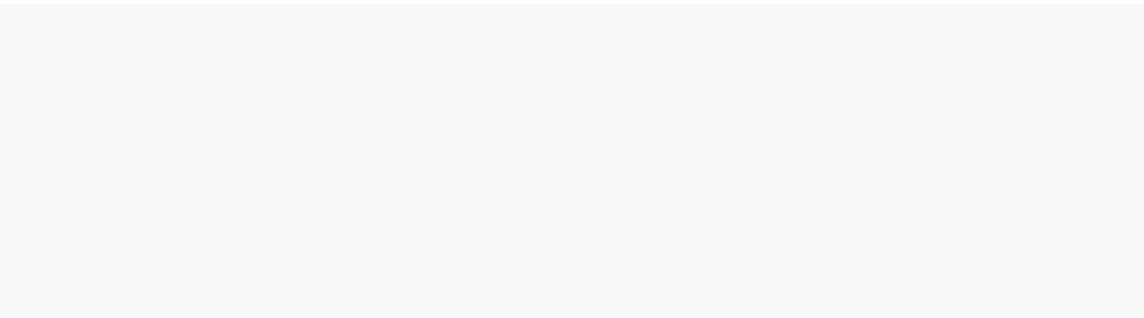


## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

- Apresentação das tecnologias para sistemas de desaguamento, secagem e disposição de lodos gerados em estações de tratamento de esgoto (ETE's).

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os tipos específicos de desaguamento e secagem do lodo produzido em ETE;
  - Apresentar os parâmetros de dimensionamento das unidades de desaguamento e secagem de lodo de ETE;
  - Apresentar os tipos de disposição final de lodo de ETE;
  - Utilização dos softwares GIMP e Hot Potatoes como objeto de ensino aprendido para apoio ao ensino de desaguamento, secagem e disposição final de lodos de ETE's.
- 

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

A apresentação desta revisão da literatura está dividida em duas partes. A primeira apresenta a geração, o tratamento do lodo e sua normatização. A segunda parte revisa o objeto de ensino aprendizagem.

#### 3.1 GERAÇÃO E TRATAMENTO DE LODO EM ETE'S

##### 3.1.1 Generalidades

Os esgotos municipais sanitários são constituídos basicamente de uma mistura de água e sólidos orgânicos minerais. Segundo Von Sperling (1996), do total de sólidos, cerca de 70% são constituídos de materiais orgânicos, como carboidratos, proteínas e gordura. Os 30% restantes são constituídos de materiais inorgânicos, como areia, sais e minerais.

Segundo van Haandel e Alem Sobrinho (2006) o tratamento de esgotos, de maneira geral, consiste na separação de materiais sólidos e redução da carga orgânica presente, através de processos químicos e biológicos. Esse tratamento é dividido em duas fases: a líquida, na qual as matérias orgânicas e minerais suspensas e dissolvidas no meio líquido vão sendo removidas; e a sólida, na qual estes materiais vão sendo estabilizados e concentrados.

Como resultado deste tratamento, tem-se no final o efluente líquido e o lodo. No caso do efluente líquido, trata-se de água com teores reduzidos de materiais poluentes, podendo ser lançado nos corpos d'água, de acordo com a classe do corpo receptor e a carga remanescente CETESB, (2011). O lodo contendo o material sólido, resultante do processo de tratamento de esgoto precisa ser ainda tratado para destinação final em aterros sanitários ou na agricultura.

Os lodos resultantes dos processos de tratamento de esgotos são constituídos de materiais orgânicos (sólidos voláteis) e minerais (sólidos fixos), além de água. Suas propriedades, características e composição variam dependendo da origem do efluente e do processo de tratamento empregado.

Para cada processo de tratamento adotado na ETE, o lodo pode ser

submetido a diferentes tipos de desidratação, estabilização, condicionamento e adensamento, o que pode resultar em diferentes características físicas e químicas no lodo final. São essas características que, devidamente aproveitadas, podem conferir ao lodo um valor agrícola, por exemplo, (METCALF e EDDY, 2001).

Segundo TSUTIYA (2001), o custo para o tratamento e disposição final dos lodos gerados em uma estação de tratamento de esgotos é muito alto em relação às demais operações, sendo da ordem de 20% a 40% do custo operacional de toda a estação.

A utilização na agricultura, executada com critérios bem estabelecidos, pode ajudar a reduzir os custos de gerenciamento dos lodos, além de ser uma medida de menor impacto ambiental.

A Tabela 01 mostra a composição físico-química média do lodo de esgoto urbano de três cidades do interior do estado de São Paulo.

TABELA 1: Parâmetros físico-químicos para o lodo das Ete's São Carlos, Araraquara e Rio Claro

Parâmetros	ETE – São Carlos	ETE – Araraquara	ETE – Rio Claro
Teor Médio de Umidade	98%	97%	97%
Conc. de Sólidos (%)	4,68	0,14	5,49
pH	7,2	8,93	7,35
Cor (U.C.)	4.300.000	10.650	250.000
Turbidez (U.T.)	800.000	924	36.000
DQO (mg/L)	4.800	140	5.450
Sólidos Totais (mg/L)	58.630	1.620	57.400
Sólidos Suspensos (mg/L)	23.520	775	15.330
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	32.110	845	42.070
Alumínio (mg/L)	11.100 (18,93%)	2,16	30
Zinco (mg/L)	4,25	0,10	48,53
Chumbo (mg/L)	1,60	0,00	1,06
Cádmio (mg/L)	0,02	0,00	0,27
Níquel (mg/L)	1,80	0,00	1,16
Ferro (mg/L)	5.000 (8,53%)	214	4.200
Manganês (mg/L)	60,00	3,33	30
Cobre (mg/L)	2,06	1,70	0,091
Cromo (mg/L)	1,58	0,19	0

Fonte: (CORDEIRO,2000)

### 3.1.2 FONTES DE LODOS DE ESGOTO

Nos processos convencionais de tratamento de esgoto, os lodos gerados são classificados de acordo com a fonte geradora. Assim, o lodo gerado no decantador primário é classificado como lodo primário. Os lodos gerados pelo tratamento de conversão biológica são classificados como secundários.

No caso do lodo primário, este é gerado com concentração de sólidos entre 1 e 6%, sendo mais comum a concentração em 3%. Nessa fase do processo, o lodo primário passa por processo de adensamento por gravidade para diminuir seu volume em água e aumentar o volume de sólidos totais. Este processo facilita o tratamento posterior, haja vista o lodo primário ser altamente poluente, com grandes concentrações de seres patogênicos, (METCALF e EDDY, 2002).

O lodo secundário é aquele originado nos processos de conversão biológica e separados nos decantadores secundários. Seu adensamento é feito por flotação, na qual a concentração de sólidos se situa entre 1 e 6%. Ambos os lodos, primário e secundário, são chamados de lodos brutos. Após serem gerados, são misturados e enviados para a digestão.

A Tabela 02 mostra a estimativa média de esgoto por fonte geradora.

Tabela 2 – Estimativas do volume de efluentes domésticos por fonte/pessoa/dia

<b>Fonte</b>	<b>Contribuição</b>
<b>Casas populares ou rurais</b>	<b>150 l/pessoa/dia</b>
Residenciais e apartamentos	200 l/pessoa/dia
<b>Escolas – internato</b>	<b>150 l/pessoa/dia</b>
Escolas - semi-internato	100 l/pessoa/dia
<b>Escolas – externato</b>	<b>50 l/pessoa/dia</b>
Hospitais	250 l/pessoa/dia
<b>Hotéis (exceto lavanderia e cozinha)</b>	<b>150 l/pessoa/dia</b>
Edifícios comerciais e/ou escritórios)	50 l/pessoa/dia
<b>Restaurantes e/ou similares</b>	<b>25 l/pessoa/dia</b>
Cinemas, teatros, templos e auditórios	2 l/pessoa/dia
<b>Quartéis</b>	<b>150 l/pessoa/dia</b>
Fábricas (só despejos domésticos)	70 l/pessoa/dia
<b>Alojamento provisório</b>	<b>80 l/pessoa/dia</b>

Fonte: (NBR 7229 – ABNT, set. 1992)

### 3.1.3 TRATAMENTO DE LODO

O tratamento dos lodos de estações de tratamento de esgotos (ETEs) vem ganhando cada vez mais expressão no Brasil, em razão do aumento do número de ETEs instaladas e da necessidade de se atender às exigências ambientais. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias é o resultado dessa crescente demanda pela disposição segura e com pequeno impacto ambiental desse lodo gerado, garantindo maior segurança e bem-estar para as populações envolvidas (VAN HAANDEL, 2006).

O tratamento de lodos, também chamado de tratamento da fase sólida, é um conjunto de etapas dispendiosas e complexas realizadas, na maioria das vezes, na própria estação de tratamento. Inicia-se o processo na retirada dos lodos primário e secundário dos decantadores, sendo posteriormente encaminhados para os processos de adensamento, estabilização, condicionamento e desidratação, (VON SPERLING, 2001).

Dentre os processos que constituem a fase sólida do tratamento, os usualmente empregados nas ETEs são os seguintes:

- 1) Processos físicos para concentração do teor de sólidos:
  - adensamento por gravidade e por flotação;
- 2) Processos de estabilização:
  - biológico, através de digestão aeróbia e anaeróbia;
  - químico, através da adição de cal;
- 3) Processos de condicionamento para a desidratação:
  - químico, através de adição de cal, cloreto férrico ou polímeros;
- 4) Processos de desidratação:
  - desidratação natural em leitos de secagem ou lagoas de lodo;
  - desidratação mecanizada com filtros prensa de placas, centrífugas, e filtros prensa de esteira;
- 5) Processos térmicos de secagem ou condicionamento:
  - secagem térmica;
  - incineração.

A Tabela 03 mostra, de forma resumida, os tipos de tratamento de lodo e seus objetivos.

Tabela 03 – Processos de tratamento de lodos e seus objetivos

<b>PROCESSO</b>	<b>TIPO</b>	<b>OBJETIVO</b>
Adensamento	Por gravidade Flotação Centrifugação	Redução de Volume Redução de Volume Redução de Volume
Estabilização	Digestão Aeróbica Digestão Anaeróbica Estabilização Química Tratamento Térmico	Estabilização e redução de sólidos Estabilização e redução de sólidos Estabilização Estabilização
Desaguamento	Filtro Prensa Prensa Desaguadora Centrífuga Leitos de Secagem Lagoas de Lodo	Redução de Volume Redução de Volume Redução de Volume Redução de Volume Armazenamento e redução de volume
Redução Térmica	Incineração  Co-incineração Oxidação Úmida	Estabilização, redução de volume e recuperação de energia Estabilização, redução de volume Estabilização, redução de volume

Fonte: [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br) (2012)

### 3.1.4 CONDICIONAMENTO DE LODO

O condicionamento é a preparação do lodo, pela adição de produtos químicos, visando o aumento de sua habilidade ao desaguamento e melhorando a captura de sólidos nos sistemas de desidratação.

Segundo Piropo, Vieira Neto, Cunha e Ramos (2008), o condicionamento envolve o tratamento químico, e/ou térmico do lodo para aumentar a remoção da água. Em suma, alguns processos de condicionamento também desinfetam os lodos, afetam os odores, alteram fisicamente, e melhoram a recuperação de sólidos.

Conforme Haug (1998), o condicionamento do lodo neutraliza ou desestabiliza as forças químicas ou físicas atuantes nas partículas coloidais e no material particulado em suspensão, imersos em meio líquido. Esse processo de desestabilização permite que as partículas pequenas se juntem para formar agregados maiores, ou seja, os flocos. Essa formação de flocos vai beneficiar significativamente o processo seguinte, que é a desidratação dos lodos.

### 3.1.5 DESIDRATAÇÃO DO LODO

A desidratação ou desaguamento do lodo é uma etapa física do processo de tratamento. Segundo Metcalf e Eddy (2003), é realizado pelas seguintes razões:

- a) redução do volume para tratamento posterior;
- b) diminuição do valor do custo de transporte e disposição final;
- c) facilidade para o manuseio da massa de lodo;
- d) redução do uso de espaço para secagem por solarização ou energia para secagem térmica;
- e) redução da produção de lixiviado nos aterros onde serão dispostos.

No processo de desaguamento, à medida em que a água é retirada do lodo, este sai do estado aquoso para uma pasta, depois para uma torta de lodo e, finalmente, para grãos de lodo (OUTWATER, 1994).

Existem diversas técnicas de desidratação ou desaguamento do lodo, sendo possível o uso da luz solar em leitos de secagem, centrífugas, filtros prensa, estufas e mantas geotêxtil, ou bags. O dispositivo de desidratação deve ser escolhido de acordo com o espaço disponível, tipo de lodo a ser tratado e disposição final que será dado ao lodo (METCALF e EDDY, 2003).

Em estações de pequeno porte, onde geralmente o espaço é mais disponível, leitos de secagem são mais comuns, tendo em vista serem menos dispendiosos e exigirem mão de obra menos qualificada. Em grandes estações de tratamento de esgotos, geralmente com menos espaço disponível, são utilizados dispositivos mecânicos de desaguamento, que ocupam menos espaço, mas exigem mão de obra mais qualificada e gastos com energia elétrica, dentre outros.

### 3.2 NORMATIZAÇÃO DO LODO NO BRASIL

A normatização do lodo no Brasil é abrangida pela Resolução 375 de 29 de agosto de 2006, que define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodo de esgoto.

Além desta, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 02 de Agosto de

2010, abrange o trabalho de aproveitamentos diversos dos resíduos sólidos, caso do lodo de esgoto, instituindo os processos que os cercam. Além disso, define os atores públicos, união, estados e municípios, que, sendo geradores de resíduos, deverão fazer seu Plano de Resíduos Sólidos.

A NBR 12209/1992, da ABNT, sob o título “Projeto de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários”, apresenta, no item 7.6, parâmetros de desaguamento de lodo via leito de secagem e também uma descrição dos tipos de lodo produzidos em uma ETE, entre os itens 3.7 e 3.12. Tal NBR é tratada neste trabalho mais à frente.

### 3.3. OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM

Para entendimento do objeto de ensino aprendizagem é necessário, primeiramente, trabalhar o conceito de ensino-aprendizado, para ai buscar entender o conceito e as aplicações do objeto ensino aprendizado.

#### 3.3.1. O processo de ensino-aprendizagem

O processo ensino-aprendizagem é um nome para um complexo sistema de interações comportamentais entre professores e alunos. Mais do que “ensino” e “aprendizagem”, como se fossem processos independentes da ação humana, há os processos comportamentais que recebem o nome de “ensinar” e de “aprender” (Libâneo, 1994).

Tais processos são constituídos por comportamentos complexos e difíceis de perceber, principalmente por serem constituídos por múltiplos componentes em interação. Os próprios comportamentos são passíveis de percepção e de definição científica a partir da identificação dos seus componentes e das interações que estabelecem entre si, os quais constituem os fenômenos que recebem os nomes de “ensinar” e de “aprender” (Kerbaudy,1983).

A interdependência dos dois conceitos é fundamental para entender o que acontece sob esses nomes. Sua percepção e entendimento constitui algo crucial para o desenvolvimento de qualquer trabalho de aprendizagem, de educação ou de ensino.

Aprender é o processo de assimilação de qualquer forma de conhecimento. Segundo Libâneo (1994), trata-se de processo de concepção do aprendizado mais simples, como crianças aprendendo a manusear brinquedos, até alguns mais complexos como a educação de jovens e adultos.

Para haver aprendizagem é necessário que haja todo um processo de assimilação, tendo o aluno a devida orientação do professor para compreender, refletir e aplicar os conhecimentos que foram obtidos por meios diversos.

Assim, a aprendizagem é observada quando o aluno coloca em prática os conhecimentos que foram transmitidos durante uma aula ou atividade (Libâneo, 1994).

Ainda, para a efetivação da aprendizagem é preciso um processo de assimilação ativa, que para ser efetivo necessita de atividades práticas em várias modalidades e exercícios, nos quais se pode verificar a consolidação e aplicação prática de conhecimentos e habilidades (Libâneo, 1994). É de conhecimento, entretanto, que tal prática não anula as outras, mas que o processo de assimilação ativo é composto de diversos componentes como os objetivos, conteúdos, métodos e formas organizativas.

Ensinar envolve toda uma estrutura que tem por finalidade alcançar a aprendizagem do aluno através de conteúdo. A relação de ensino e aprendizagem não deve ter como base a memorização, assim como não se recomenda que os alunos sejam deixados sozinhos procurando uma forma de aprender o assunto. O professor, nesse caso, passa a ser apenas um facilitador (LIBÂNEO, 1994).

Ainda segundo Libâneo (1994, p. 91),

“O processo de ensino, ao contrário, deve estabelecer exigências e expectativas que os alunos possam cumprir e, com isso, mobilizem suas energias. Tem, pois o papel de impulsionar a aprendizagem e, muitas vezes, a precede.”

Para que os alunos possuam um ponto de vista que fuja do empírico e do senso comum é preciso conteúdos com caráter científico e sistemático. Dentre diversos pontos citados, o autor destaca que o aluno precisa ter assimilado o conteúdo anterior antes que um novo seja transmitido. E o professor, ano após ano, necessita de aprimoramento e atualização das disciplinas que leciona (LIBÂNEO, 1994).

Outro fator problema na relação ensino-aprendizagem é a falta de conhecimento por parte dos alunos com relação ao que está lhe sendo exigido naquela disciplina, por isso é fundamental que o professor deixe claro o que pretende que os alunos absorvam com o conteúdo que está sendo passado.

Desta forma, o estudante poderá ser estimulado ao conteúdo. O ensino torna-se efetivado quando existe a assimilação de conhecimento. Assim, a assimilação de conhecimentos não é conseguida se os alunos não demonstram resultados sólidos e estáveis por um período mais ou menos longo (Libâneo, 1994).

Quando se compreende a relação ensino-aprendizagem na sala de aula como mediação, o ensino e aprendizagem são opostos entre si e se relacionam por meio de uma tensão dialética. Desse modo, esses termos, apesar de negarem-se mutuamente, se completam, no entanto, essa unidade não se estabelece de modo linear (Gramsci, 1985).

A ideia principal de conceito de ensino é a de que ele expressa a relação que o professor estabelece com o conhecimento produzido e sistematizado pela humanidade. Assim, segundo Hernández (1998), o ensino constitui-se de três atividades distintas a serem desenvolvidas pelo professor.

A primeira consiste em, diante de um tema, selecionar o que deve ser apresentado aos alunos; por exemplo, no tema Revolução Francesa, próprio da História, selecionar o que é mais importante ensinar aos alunos da 5ª série (nomenclatura brasileira). Já o professor do 1º ano do Ensino Médio deve defrontar-se com a mesma pergunta; a mesma situação se coloca ao professor universitário encarregado de abordá-lo.

Dessa forma, o docente deve preocupar-se em compatibilizar a seleção do conhecimento a ser ensinado com a possibilidade de aprendizagem dos alunos. Nos dias de hoje, é bastante comum que a seleção seja abrangente; e isso pode levar os professores a apresentarem aos seus alunos informações supérfluas, que, quando confundidas com conhecimento, não lhes permitem fazer as sínteses necessárias para a superação do cotidiano, produzindo neles uma erudição balofa que pode ao contrário encerrá-los na vida cotidiana, (Hernández, 1998).

Esse equívoco ocorre, por exemplo, quando o professor de História, ao abordar a Revolução francesa, preocupa-se com detalhes da vida privada de Maria Antonieta ou com a moda ditada por Luís XV. Ainda exemplificando, o

mesmo pode ocorrer com o professor de Literatura que expõe aos alunos os períodos literários e seus principais expoentes sem apresentar as relações entre os autores, bem como entre os períodos literários, ocultando assim a historicidade inerente à literatura.

A segunda atividade desenvolvida pelo professor é a organização, ou seja, diante da seleção feita a partir de um tema é preciso organizar esta seleção para apresentá-la aos alunos. Desde o momento em que fazemos a seleção já não se pode falar mais em temas; deve-se preocupar com os conceitos que os constituem, (Hernández, 1998).

Agora o que o professor deve fazer é organizar os conceitos e as relações entre eles. Esse processo, de acordo com Lefebvre (1983), implica dois movimentos: a retrospectiva e a prospecção.

A retrospectiva permite que o estudante compreenda o processo de formação e desenvolvimento do conceito abordado e a prospecção possibilita o entendimento do estado atual do conceito a partir das relações que o conceito estudado estabelece com outros, tanto com aqueles que o corroboram quanto com os que a ele se opõem. A prospecção do conceito permite o estabelecimento de relações interdisciplinares, a que temos chamado de interdisciplinaridade conceitual para distingui-la daquela que é corrente na escola, a interdisciplinaridade temática, (Lefebvre 1983).

Segundo o autor, não se deve ensinar por meio do tema, mas sim por meio do conceito, evitando-se o uso da expressão conteúdo de ensino em virtude da sua imprecisão, pois ela pode remeter a um conceito, a uma atividade de ensino, ou a um tema. Quando a organização do ensino é baseada nos processos de retrospectiva e prospecção de conceitos, o fundamental são as relações que se estabelecem nos dois processos.

A terceira tarefa do professor é transmitir aos alunos aquilo que foi previamente selecionado e organizado. Dessa forma, segundo Hernández (1998), a transmissão é a única etapa do processo de ensino que ocorre efetivamente na sala de aula.

Segundo Gramsci (1985), não é possível discutir a aprendizagem como se discute o ensino, porque ela é de cunho singular e, dessa forma, ocorre de modo diverso em cada estudante

Quando a relação ensino-aprendizagem é tomada na perspectiva da mediação no seu sentido original, ao mesmo tempo em que não há uma relação

direta entre ensino e aprendizagem, não há também uma desvinculação desses dois processos. Ou seja, para haver aprendizagem, necessariamente deve haver ensino. Porém, eles não ocorrem de modo simultâneo (Libâneo, 1994).

Dessa forma, o professor pode desenvolver o ensino – selecionar, organizar e transmitir o conhecimento – e o aluno pode não aprender. Para que o aluno aprenda, ele precisa desenvolver a sua síntese singular do conhecimento transmitido, e isso se dá pelo confronto, por meio da negação mútua, desse conhecimento com a vida cotidiana do aluno, (Hernández, 1998).

Como cada aluno tem um cotidiano, e o conhecimento é aprendido por meio de sínteses, o conhecimento não pode ser aprendido igualmente por todos os alunos, embora aquele transmitido pelo professor seja único, (Libâneo, 1994). Assim, a relação ensino-aprendizagem expressa o vínculo dialético entre unidade e diversidade.

Por isso, o conhecimento transmitido pelo professor pode ser uno e aquele aprendido pelo aluno pode ser diverso. A unidade e a diversidade são opostos que se completam, o que é próprio do humano.

### 3.3.2. Objeto de Ensino Aprendizagem

Objetos de Aprendizagem, ou objetos de ensino aprendizagem, são definidos como uma entidade, digital ou não digital, que pode ser usada e reutilizada ou referenciada durante um processo de suporte tecnológico ao ensino e aprendizagem (BALBINO, 2007).

Exemplos de tecnologia de suporte ao processo de ensino e aprendizagem incluem aprendizagem interativa, sistemas instrucionais assistido por computadores inteligentes, sistemas de educação à distância, e ambientes de aprendizagem colaborativa (DOWNS, 2001). Exemplos de objetos de aprendizagem incluem conteúdos de aplicação multimídia, conteúdos instrucionais, objetivos de aprendizagem, ferramentas de software e software instrucional, pessoas, organizações ou eventos referenciados durante o processo de suporte da tecnologia ao ensino e aprendizagem”.

Uma outra definição é feita por DOWNS (2001) como sendo o conjunto de informações que contêm rotinas e estruturas de dados que interagem com outros objetos. Nos Objetos de Aprendizagem, o ‘objeto’ serve para encapsular ou

‘armazenar’ materiais digitais, transformando-os em módulos reutilizáveis de fácil manipulação.

Dessas definições pode-se concluir que os Objetos de Aprendizagem são animações interativas que permitem estimular e despertar a curiosidade dos alunos, levando-os a resolverem desafios de forma colaborativa, desenvolvendo o raciocínio (BALBINO, 2007). Essas animações podem ser calculadoras, clips, vídeos, gráficos, mapas, etc.

Balbino (2007) afirma também que os objetos de aprendizagem não substituem nem subestimam o papel do professor. Sendo este um dos protagonistas do processo (juntamente com os alunos), pois é ele quem vai escolher quais objetos serão usados, visando atingir um determinado objetivo pedagógico.

A tarefa de definir e escolher um objeto podem ser bastante versáteis, pois esta ferramenta pode se adaptar às necessidades, habilidades, à formação, nível, interesses e estilos de aprendizagem (BETTIO e MARTINS, 2004).

Por serem flexíveis permitem a reutilização. Os objetos de aprendizagem são desenvolvidos com início, meio e fim, podendo ser aplicados em diversas situações de aprendizagem. Balbino (2007) escreve que existe também a possibilidade de se atualizar seus conteúdos, mesmo que o usuário não seja o autor (é preciso somente, que todos os dados a ele relativos estejam num mesmo banco de informações), customizando sua utilização.

Os objetos de aprendizagem podem servir também para “amarrar” um conteúdo, ou seja, fixá-lo e convertê-lo em aprendizagem significativa, dando maior sentido aos conceitos transmitidos.

O Quadro 01 mostra as vantagens da utilização dos objetos de ensino aprendizagem.

Quadro 01 – Vantagens na utilização dos objetos de ensino aprendizagem

<p><b>Vantagens da utilização dos objetos de ensino aprendizagem</b></p>	<p>Motivação do processo ensino-aprendizagem;</p> <p>Estimular o pensamento indutivo</p> <p>Estimular o pensamento dedutivo</p> <p>Estimular a construção de hipóteses</p> <p>Simulações de situações reais</p> <p>Aplicação a diferentes realidades e contextos</p>
--	--

Fonte: Balbino (2007)

Um objeto de aprendizagem pode ser usado em diferentes contextos (presenciais ou virtuais), em diferentes níveis e modalidades de ensino e em diferentes situações pedagógicas.

Wiley (2000), salienta que a utilização de objetos de aprendizagem fornece um aspecto lúdico ao conteúdo a ser abordado. Ainda segundo o autor em situações práticas e reais a aprendizagem é mais significativa, pois desperta a curiosidade e desafia os alunos a resolverem situações problema, interferirem e manipularem resultados e processos.

Torrão (2009), salienta que os objetos de ensino aprendizagem mostram-se uma ótima ferramenta para aprimorar o ensino, pois trabalha de maneira interativa diversos temas didáticos.

Um objeto de aprendizagem pode usar além de imagens e animações, outros recursos simples, como documentos em texto, Power Point e páginas da Internet. O que faz seu conteúdo interessante e independe de sua forma, mas sim, se faz pela apresentação e ao tratamento que dá ao conteúdo (BETTIO e MARTINS, 2004).

Segundo Bettio e Martins (2004), um objeto de aprendizagem pode ser dividido em três partes:

- Objetivos: tem como finalidade mostrar ao aprendiz o que ele poderá aprender com o estudo do Objeto. Pode, por exemplo, conter uma lista de conhecimentos prévios necessários para um bom aprendizado;
- Conteúdo instrucional: mostra todo o material didático que é preciso para que no final o aluno atinja os objetivos dispostos no item anterior;
- Prática e feedback: uma característica importante dos objetos de aprendizagem é que ao final dela coloca-se uma avaliação, para que o aluno veja se atingiu às expectativas, e se não, utilizá-lo novamente, quantas vezes for necessário.

Quando um Objeto de Aprendizagem é criado, o conteudista repassa todos os dados para a construção do metadados, assim qualquer pessoa pode procurar objetos em qualquer repositório.

Com isso, o professor pode planejar e avaliar corretamente sua prática, aplicando corretamente os Objetos em sala de aula (ou laboratório de informática), tornando os conteúdos didáticos mais estruturados e organizados, utilizando grupos e/ou duplas para sua manipulação.

### 3.3.3 Ferramentas virtuais de apoio ao objeto de ensino aprendizagem

Conforme ressaltam Thompson e Lamshed (2006), o crescimento de ferramentas gratuitas e livres tem contribuído para que os docentes criem seus próprios materiais educacionais, mais adequados ao seu contexto escolar.

Dessa forma, o professor deixa de ser somente um consumidor de conteúdos disponibilizados por outros e passa a ser também um produtor, o que Toffler (2001) chamou de *prosumer*, ou seja, a junção de produtor e consumidor de informações.

Conforme aborda Al-Shawkani (2010), a classificação de ferramentas de autoria pode basear-se em diversos aspectos como a complexidade, o custo e o propósito. Em relação à complexidade, as ferramentas podem variar entre simples até avançada.

As simples são aquelas que o usuário pode clicar e arrastar elementos e possui assistentes que auxiliam este usuário. Já as avançadas são aquelas que necessitam de recursos de programação para construir um material ou um curso completo, isto é, exigem um conhecimento técnico.

Quanto ao propósito, é possível citar ferramentas desenvolvidas especificamente para a criação de cursos. No entanto, há ferramentas que, apesar de não serem específicas para este fim, também podem ser utilizadas. Por fim, quanto ao custo, as ferramentas podem ser classificadas como gratuitas ou comerciais.

A escolha da ferramenta deve, portanto, basear-se nos critérios propostos por Al-Shawkani (2010) bem como atender à proposta pedagógica que embasará a criação do objeto. Para isso, durante a fase de planejamento, o professor deve elencar os recursos e estratégias que serão utilizados. Fenrich (2005) apresenta algumas estratégias que podem ser utilizadas no planejamento do OA e na pesquisa de ferramentas de autoria apropriadas:

- Incluir cursos, simulações, jogos educativos.
- Incorporar uma grande variedade de tipos de perguntas com opções de verdadeiro ou falso, escolha múltipla, resposta curta, associação, seleção de imagens ou parte de uma imagem, arrastar e soltar itens, etc.
- Elaborar questões que permitam julgamento e resposta reflexiva.
- Permitir mais de uma resposta correta.
- Fornecer *feedback* específico para cada tipo de resposta.

- Possibilitar o controle do número de tentativas por questão, entre outros.

Apoiado nas estratégias elencadas por Fenrich (2005), alguns programas, tanto gratuitos como pagos, podem ser ferramentas de auxílio importante na elaboração de conteúdos voltados à sala de aula.

Algumas ferramentas gratuitas que podem ser usadas por professores na criação de objetos de aprendizagem e que permitem a aplicação de estratégias como as mencionadas por Fenrich (2005). São elas:

- *GIMP* – ferramenta para edição de imagens e criação de animações.
- *WINK* – ferramenta para criação de tutoriais.
- *Audacity* – ferramenta para edição de áudio.
- *Picasa* – ferramenta de edição de vídeo.
- *Hot Potatoes* – ferramenta de criação de exercícios interativos.
- *eXeLearning* – ferramenta que permite a criação de cursos e a integração de diversos recursos, inclusive de recursos criados com as ferramentas mencionadas anteriormente.

Neste trabalho, duas ferramentas foram escolhidas pois atendem demandas de apresentação e avaliação do aprendizado. As ferramentas podem ser utilizadas separadamente, porém, optou-se por usá-las de forma sucessiva, o GIMP para ensinar e o Hot Potatoes para avaliação ou feedback.

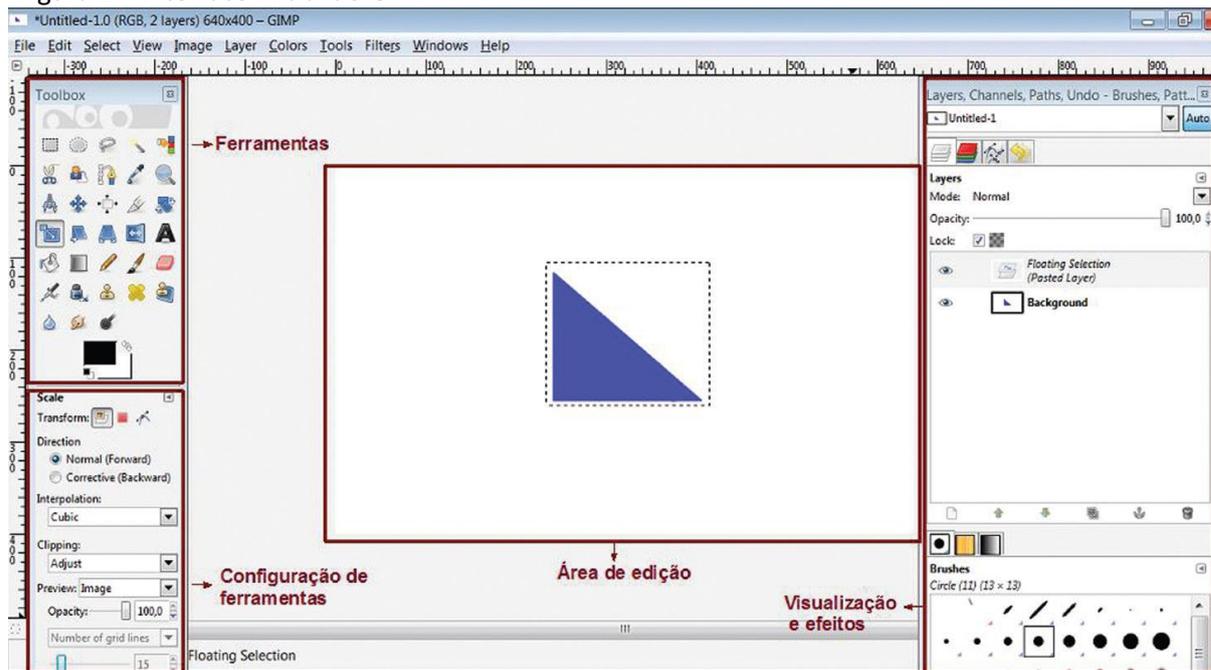
#### 3.3.4. Software de ensino aprendizado GIMP

O *GNU Image Manipulation Program* (GIMP) é uma ferramenta livre de edição de imagens e permite a criação de animações. A ferramenta é de fácil manipulação e oferece vários recursos para edição de imagens. A Figura 1 mostra a interface inicial do GIMP.

Conforme apresentado na Figura 1, a interface do *GIMP* disponibiliza ferramentas de edição, a configuração dessas ferramentas, modos de visualização, efeitos, entre outros.

As camadas disponíveis no *GIMP* permitem a criação de animações usando figuras. Para gerar uma animação, cada camada pode possuir alguma alteração na imagem (se for a mesma imagem) ou outra imagem, e todas as modificações realizadas geram a animação, que é executada quadro a quadro.

Figura 1 – Interface inicial do GIMP



Fonte: [www.gimp.com.br](http://www.gimp.com.br) > acessado em 10/07/2018

Reategui (2007) destaca que as animações podem ter funções semelhantes às de imagens estáticas, podendo ser usadas com função decorativa, representativa, organizacional ou explanatória.

Para o autor, as animações são mais adequadas à representação de conceitos e/ou elementos dinâmicos, onde as mudanças são observadas ao longo do tempo, assumindo, dessa forma, uma função explanatória.

Neste caso, as animações podem ser usadas para explicar o funcionamento de um sistema, um objeto, um componente, entre outros, de modo a facilitar o entendimento sobre um determinado conteúdo.

Conforme aborda Tavares (2006), uma animação interativa representa a evolução temporal de um modelo da realidade e torna possível a exibição da evolução temporal de objetos abstratos em sua representação concreta.

As animações também podem ser estrategicamente utilizadas para chamar a atenção do aluno para um determinado assunto. O professor deve atentar para o uso apropriado da animação com outros elementos para evitar a sobrecarga cognitiva, causada pelo excesso de informações.

Pensando que desaguamento, secagem, dimensionamento e disposição final de lodos de ETE é um conteúdo extenso, a disponibilização em ambiente virtual através do programa GIMP permite ao aluno a interação com figuras que exemplifiquem todos os processos de forma mais prática.

### 3.3.5 Software de Ensino Hot Potatoes

O *Hot Potatoes* é uma ferramenta que oferece vários tipos de exercícios interativos como a criação de textos com lacunas (JCloze), exercícios de associação de pares (JMatch), questionário de múltipla escolha (JQuiz), palavras cruzadas (JCross) e exercícios de frases ordenadas (Jmix).

Ainda possibilita a criação de uma unidade contendo vários exercícios (The Masher). Os exercícios criados no *Hot Potatoes* são compatíveis com os navegadores Internet Explorer e Firefox e com as plataformas Windows, Macintosh e Linux.

Todos os exercícios realizados no *Hot Potatoes* permitem ao professor fornecer dicas e *feedback*. De acordo com os eventos de instrução de Gagné (2005), deve-se prover orientação durante a aprendizagem (dicas) e a realimentação (*feedback*) com vistas a reforçar a aprendizagem.

Os exercícios criados nesta ferramenta também podem ser classificados quanto à interatividade. Com base nos estudos de Sims (1997), podemos identificar nos exercícios criados por esta ferramenta os seguintes níveis de interatividade:

- Interatividade objetiva – objetos são ativados com o uso do *mouse* ou outro dispositivo.
- Interatividade de suporte – ocorre suporte de desempenho que vão desde mensagens simples de ajuda a tutoriais para conteúdos complexos.
- Interatividade reflexiva – possibilidade de gravar as respostas dos alunos e depois compará-las com as de outros alunos.

Na criação das atividades é possível utilizar vídeos, imagens e animações, o que permite o uso deste software em diferentes áreas de conhecimento.

A Figura 02 mostra um exemplo de exercício de um *Hot Potatoes* em elaboração pelo professor.

Percebe-se que o professor, ao montar o exercício, fornece o *feedback* ao aluno através de comentários sobre as respostas erradas. Quando o aluno termina de realizar o exercício, recebe o *feedback* de erros e acertos, assim como os comentários postados pelo professor.

Figura 02 – Exemplo de exercício em elaboração

JQuiz: D:\Documents\Disseração\Disseração para qualificação\Quiz lodo.jqz

Arquivo Editar Inserir Organizar Perguntas Opções Ajuda

Título **Tipos de Desaguamento e Secagem de Lodo**

P 1 Nos processos de tratamento de esgoto convencionais, os lodos gerados são classificados de acordo com a fonte geradora. O lodo do decantador é chamado de \_\_\_\_\_, e o lodo gerado a partir do tratamento é chamado de \_\_\_\_\_.

Escolha múltipla

	Respostas	Comentário	Definições
A	Lodo gerado e lodo expulsado	Estas definições não existem	<input type="checkbox"/> correta
B	Lodo primário e lodo secundário		<input checked="" type="checkbox"/> correta
C	lodo secundário e lodo primário	Ao contrário	<input type="checkbox"/> correta
D	ambos são lodos primários	Lodo primário e secundário	<input type="checkbox"/> correta

Fonte: Autor, 2018

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, usou-se o método de pesquisa exploratória. Conforme Gil (2007),

“este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão. Essas pesquisas podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso”.

### 4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS ESPECÍFICOS DE DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO DE LODOS DE ETE.

Este trabalho desde seu início precisou contemplar diferentes etapas de desenvolvimento, até por falta de informações mais detalhadas de todos os processos de secagem, desaguamento, dimensionamento e disposição final de lodo de ETE. Na pesquisa bibliográfica verificou-se que os assuntos sempre são tratados isoladamente, cada qual de maneira segmentada.

Conforme proposto por Gil (2007), a primeira tarefa foi o levantamento de bibliografia do objeto de estudo. Assim, os livros de METCALF e EDDY, em todas as suas versões, Von Sperling, Alem Sobrinho e outros foram de grande valia para o entendimento inicial do tema. Também estes livros foram fundamentais para a descrição dos processos de desaguamento e secagem, listando prós, contras, os processos mais aplicados etc.

Juntamente com os livros dos autores já citados também foram grandes fontes de informações trabalhos de conclusão de cursos, teses e dissertações acerca do tema. Desta forma, foram utilizados trabalhos da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, FATEC de Guaratinguetá, Instituto Federal de São Paulo e Rondônia, Universidade de Brasília, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Universidade Federal do Paraná, dentre outros.

Tais documentos, teses e dissertações, trouxeram grande contribuição á

pesquisa, mesmo que os processos de desaguamento e secagem do lodo de ETE, em todas elas, sejam tratadas de forma isolada.

Ainda para subsidiar a discussão sobre desaguamento e secagem, foram acessados sites de empresas públicas e privadas prestadoras de serviços de saneamento e que produzissem discussões técnicas sobre o assunto.

O critério para seleção destes sítios eram os trabalhos ali publicados, os autores e a relevância do tema. Assim, sites como [tratamentodeagua.com.br](http://tratamentodeagua.com.br), [sabesp.com.br](http://sabesp.com.br), [caern.rn.gov.br](http://caern.rn.gov.br), [sanepar.com.br](http://sanepar.com.br), [saae.gov.br](http://saae.gov.br), portal de resíduos sólidos e outros foram fontes de informações.

#### **4.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE DESAGUAMENTO E SECAGEM DE LODO DE ETE E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS**

Ainda seguindo o processo de pesquisa exploratória proposta por Gil (2007), para o dimensionamento, foram levantados sites de empresas que comercializam equipamentos de desaguamento e secagem. Para a obtenção de dados práticos aplicados no mercado de dimensionamento e disposição final, foi feito, via internet, um levantamento das principais empresas brasileiras atuantes na área.

Assim, chegou-se às empresas Grupo Peralisi, Atlântica Separadores, Huber Tecnologia, Jiangsu Jiling Techonology, Luschi e DasBrasil Water Techonology. Todas estas empresas atuam no ramo de soluções para secagem, desaguamento, dimensionamento e disposição de lodo, tanto de ETE quanto de ETA. O interesse final, no entanto, era sobre os dados de dimensionamento e disposição final.

As diferenças pontuais entre as empresas são alguns equipamentos oferecidos e também alguns serviços. A empresa Luschi, por exemplo, oferece serviços de dragagem marítima, o que as demais empresas não oferecem. A empresa DasBrasil oferece aluguel de todos os equipamentos usados em uma estação de tratamento de esgoto, assim como a venda destes equipamentos.

O grupo Peralisi é especialista na área de decanters. A empresa também oferece um preparador de polímeros, maquinário utilizado para adensamento do lodo. Este equipamento, aliás, não é oferecido pelas demais empresas. A

empresa Jiangsu Technology é chinesa e tem representante no Brasil. Além das áreas tradicionais de secagem, desaguamento, dimensionamento e disposição final, é a única que trabalha na área de estufas.

Para a obtenção de dados sobre disposição final, foram de grande valia as consultas à resolução CONAMA 375/2006 e a lei 12.305, que instituiu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

#### **4.3. UTILIZAÇÃO DOS SOFTWARES GIMP E HOT POTATOES COMO OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM**

Para a exemplificação de um objeto de ensino aprendizagem, foram pesquisados diversos meios utilizados no Brasil e no mundo, bem como as experiências mais exitosas na área.

Como a interatividade e o feedback são fundamentais no processo de ensino aprendizagem e devem andar juntos, optou-se pela utilização de dois objetos combinados: as ferramentas GIMP e Hot Potatoes.

Ambas são descritas na literatura como as mais simples na utilização, podendo ser aplicadas desde a educação básica até o nível superior. A ferramenta GIMP disponibiliza imagens interativas aos alunos, de forma que o conteúdo vai sendo repassado através de figuras animadas, em um ambiente virtual de aprendizado.

Já o Hot Potatoes é um ferramenta de exercícios que podem ser disponibilizados aos alunos em ambiente virtual próprio. Funciona no objeto de ensino aprendizagem como feedback do aprendizado e permite ao professor reavaliar ou não seu uso. Ambos são softwares livres.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os métodos de secagem e desaguamento de lodo, bem como os parâmetros de dimensionamento dos equipamentos que fazem esse serviço.

Ainda, serão vistos exemplos de aplicação de Objetos de Ensino Aprendizagem deste conteúdo, através das ferramentas GIMP e Hot Potatoes, para utilização em sala de aula como reforço ao ensino.

### 5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS ESPECÍFICOS DE DESAGUAMENTO E SECAGEM DE LODO DE ETE E SEUS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

#### 5.1.1 Centrífugas

De acordo com Wang et al. (2006), a taxa de sedimentação dos sólidos em um líquido pode ser maximizada por meio da substituição da força gravitacional por uma força centrífuga. Miki et al. (2006) complementam que a força centrífuga se assemelha com o que ocorre em um decantador por gravidade. No entanto, utiliza uma força de 500 a 3.000 vezes maior que a força de gravidade.

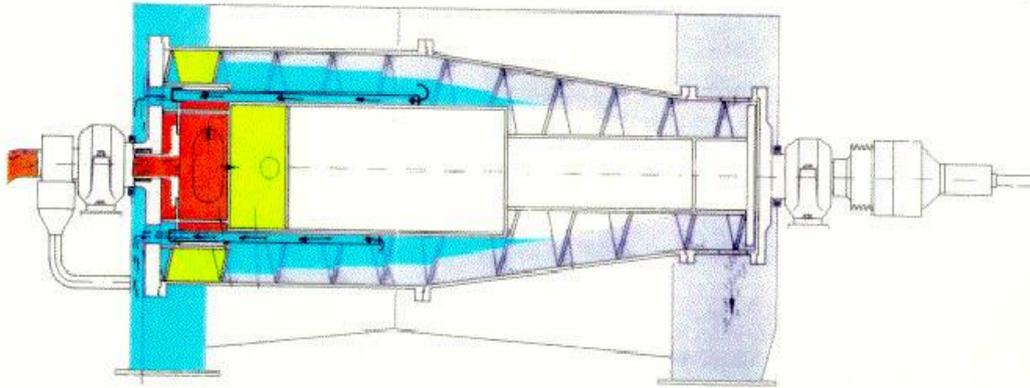
Em relação ao seu funcionamento, os sólidos são expulsos do eixo de rotação e o líquido é levado em direção ao centro da máquina. Para ganhos de eficiência um polímero pode ser utilizado.

Conforme Gonçalves et al. (2001), a primeira etapa do processo é conhecida como clarificação, onde as partículas sólidas presentes no lodo sedimentam por gravidade. Na segunda etapa ocorre a compactação deste lodo sedimentado, quando este perde água por ação prolongada do centrifugador. A terceira e última etapa é a remoção da torta de lodo.

Ainda conforme Gonçalves et al. (2001), no Brasil são utilizadas as centrífugas de eixo vertical e horizontal. A diferença entre elas está no tipo de alimentação, na força centrífuga aplicada e na forma como o líquido e o sólido são descarregados. Porém, o tipo de centrífuga mais utilizada no Brasil é a de

eixo horizontal, apresentada na figura 01.

Figura 03 - Centrífuga para desidratação de lodos



Fonte: Catálogo da Alfa Laval. Acessado em 15/12/2017

Segundo Metcalf e Eddy (1991), as vantagens do uso de centrífugas são a aparência com melhor acabamento, mínima geração de odores, tortas relativamente secas, rápido acionamento e desligamento, fácil de instalar e baixa relação de capital de investimento/capacidade.

As desvantagens, segundo os mesmos autores são o alto consumo de energia, o desgaste da rosca, que representa um problema potencial de manutenção, a necessidade de remoção de areia e possivelmente um triturador de lodo no sistema de alimentação e a necessidade de pessoal de manutenção qualificado.

#### 5.1.1.1 Parâmetros de Dimensionamento de Uma Centrífuga

Para dimensionamento de sistemas de desaguamento de lodo utilizando centrífugas do tipo decanter, a SABESP criou uma norma técnica, NTS 287/2011, com os requisitos técnicos necessários para projeto, aquisição e instalação de sistemas para desaguamento de lodos de estações de tratamento de água e esgoto sanitário, utilizando centrífuga tipo decanter.

A norma técnica, em seu capítulo 4 trata da compatibilidade com os demais componentes do sistema, ficando claro que “esta compatibilidade também implica em atender as especificações de capacidade nominal em kg sólidos secos por hora, captura de sólidos no centrado e teor de sólidos do lodo desaguado. O fornecimento dos demais componentes do sistema, se necessário, devem ser de responsabilidade do fornecedor da centrífuga”.

Em seu capítulo 5, trata a norma do material a ser processado, ou seja, diz que a faixa de variação de teor de sólidos do lodo de entrada determina as condições limites de dimensionamento para uma determinada carga de sólidos processada, a saber:

- valor mínimo de teor de sólidos determina a capacidade hidráulica da centrífuga, bem como da capacidade máxima da bomba de alimentação de lodo;
- valor máximo de teor de sólidos determina o torque máximo a ser suportado pela centrífuga.

No item 5.2, a norma determina os requisitos mínimos em função do índice de voláteis. A Tabela 04 mostra os índices de voláteis e teor de sólidos no lodo desaguado.

Tabela 06 - Índice de voláteis e teor de sólidos no lodo desaguado

Índice de voláteis SV/ST	Teor de sólidos no lodo desaguado
≤ 45%	≥ 30%
45 a 50%	≥ 28%
50 a 55%	≥ 27%
55 a 60%	≥ 25%
60 a 65%	≥ 23%
65 a 70%	≥ 21%
70 a 75%	≥ 18%
75 a 80%	≥ 16%
≥ 80%	≥ 13%

Fonte: Norma Técnica Sabesp – NTS 287/2011.

No item 6, denominado “informações técnicas a serem fornecidas”, a norma determina o que deve ser apresentado na proposta técnica do fabricante, a saber:

- descrição técnica dos equipamentos e de suas características construtivas e operacionais que permita o confronto da proposta com o solicitado nesta norma;
- teor de sólidos do lodo desaguado e captura de sólidos do centrado;
- fluxograma básico do processo e de instrumentação;
- capacidade nominal hidráulica da centrífuga (m<sup>3</sup>/h);
- capacidade nominal em carga de sólidos da centrífuga (kg/h em base seca);

- vazão de água necessária para a lavagem da centrífuga após cada parada;
- vazão máxima (L/h) x altura manométrica (m.c.a.) da bomba de aplicação da solução de polímero;
- vazão máxima (L/h) x altura manométrica (m.c.a.) da bomba de alimentação de lodo;
- desenho esquemático do sistema completo a ser fornecido, com detalhes e dimensões;
- lista de materiais empregados na construção dos principais componentes do sistema;
- cronograma preliminar de fornecimento;
- catálogos, desenhos e outras informações que auxiliem a análise técnica.

O item 7 trata das características do equipamento. Nas características gerais, a norma trata de todas as peças metálicas da centrífuga em contato com o lodo de processo, com exceção das vedações e das superfícies temperadas, devendo estas peças serem, no mínimo:

- aço inox AISI 304 (aço cromo níquel, possui resistência à oxidação até 850 graus celsius) para uso geral;
- aço inox duplex (resistência a tração mínima de 620 Mpa (Megapascal, unidade de medida de pressão) e dureza entre 240 e 270 HB (método Brinell de medição da dureza) quando da presença de areia ou outros materiais abrasivos e/ou utilização de cloreto férrico no processo de tratamento de água.

Ainda nas características gerais, alguns elementos estruturais são descritos, tais como:

- Todos os elementos de fixação (parafusos, porcas, arruelas, chumbadores, etc.) devem ser em aço inox AISI 304.
- A base da centrífuga deve apresentar, no mínimo, revestimento anticorrosivo.

- A centrífuga deve possuir um sistema de amortecimento de vibração de modo a reduzir a transmissão de esforços da máquina.
- Os mancais do tambor e os rolamentos do parafuso condutor devem ser lubrificados por graxa, além de possuírem dupla vedação, a qual deve assegurar que não haja contaminação externa.
- Vida útil mínima dos rolamentos - 10.000 horas.

Em relação às partes da centrífuga vistas isoladamente, o item 7.3 trata especificamente do tambor de rotação, trazendo especificações, tais quais:

1. Deve ser construído em aço inoxidável, AISI 304 ou AISI 316. Quando da presença de areia ou outros materiais abrasivos e/ou utilização de cloreto férrico no processo de tratamento de água, o tambor deve ser em aço inox duplex (resistência a tração mínima de 620 MPa e dureza entre 240 e 270 HB).
2. Deve possuir cabeçotes reguláveis de descarga dos líquidos, permitindo alterar a altura do líquido na máquina, otimizando os resultados de desaguamento do lodo e da clarificação do líquido.
3. Para proteção da descarga dos sólidos do tambor devem ser previstos elementos de desgaste substituíveis a base de carbetto de tungstênio.

A parte cilíndrica do tambor e o cone devem ser dotados de ripas ou ranhuras do mesmo material do tambor, para formação de uma camada de sólidos e proteção contra abrasão.

#### 5.1.2 Filtro Prensa de Esteira

O filtro prensa é um dispositivo de desaguamento de lodo largamente utilizado na Europa. Foi introduzido nos EUA na década de 1970, sendo hoje também neste país o método de desaguamento mais utilizado devido à sua eficiência em todos os tipos de lodo (METCALF e EDDY, 1991).

O desaguamento por filtro prensa consiste basicamente de quatro processos: condicionamento químico por polímeros, drenagem por ação da gravidade até uma consistência não fluída, zona de baixa pressão (compressão) e zona de alta pressão.

Segundo Jordão e Pessôa (2009), o condicionamento químico ocorre com a adição de um polímero para a floculação antes de o lodo entrar na máquina.

Em seguida o lodo é distribuído ao longo da esteira, onde grande parte da água é drenada.

Na fase seguinte, a da compressão, o lodo adensado é introduzido entre duas esteiras porosas, que se movimentam através de uma série de rolos, entre os quais é prensado. A torta de lodo desidratada final é removida das esteiras por pás raspadoras.

A Figura 04 apresenta um Filtro Prensa de Esteira:

Figura 04 – Filtro Prensa de Esteira



Fonte: ([www.vlcind.com.br](http://www.vlcind.com.br)). Acessado em 15/12/2017

As vantagens do uso deste dispositivo, segundo Jordão e Pessoa (2009), são o deságue de lodos com concentrações variadas de sólidos, sendo possível com concentração de 1% de sólidos, eficiente captura de sólidos de 95 a 99%, baixo investimento de capital, baixo custo operacional, baixo consumo de energia, facilidade de manutenção e operação contínua.

Ainda segundo os mesmos autores as desvantagens no uso deste dispositivo são emissão de aerossol, elevado nível de ruído, equipamento aberto, elevado número de rolamentos que exigem constante acompanhamento e baixa eficiência na remoção de umidade.

### 5.1.2.1 Parâmetros de Dimensionamento de Filtro Prensa de Esteira

O estudo, por parte dos responsáveis por uma ETE, da tecnologia mais adequada no desaguamento de lodo deve permear o processo de escolha no geral. Características peculiares ao local, como disponibilidade financeira, de espaço, tecnologia e mão-de-obra devem ser levadas em consideração para a aquisição da técnica mais adequada.

Quando da escolha do filtro prensa como alternativa de desaguamento para lodos, deve-se levar em consideração que esta tecnologia possui características muito particulares, que podem colocá-la como primeira opção em utilização nas ETE's. Alguns parâmetros, porém, devem ser observados:

- A estrutura deverá ser feita de aço inoxidável ou aço carbono com pintura anticorrosiva;
- O filtro prensa para lodos deve ser dotado de placas em polipropileno com elementos filtrantes;
- A bomba de lodo presente no filtro prensa para lodos deve ser do tipo pneumática de diafragma ou helicoidal e centrífuga multi estágio.
- O conjunto hidráulico de fechamento pode ser acionado através de eletrobomba e/ou painel elétrico.

Os filtros prensa foram desenvolvidos com o propósito de filtrar os sólidos nas estações de tratamento de efluentes. O conjunto hidráulico comanda as placas que prensam esses sólidos, transformando-os em "tortas" de lodo de baixa umidade.

O conjunto de operação de um filtro-prensa deve incluir:

- Sistema de recebimento e armazenagem do lodo;
- Sistema de transferência do lodo;
- Sistema de preparo e dosagem de produtos químicos;
- Sistema de condicionamento do lodo;
- Sistema de alimentação do filtro-prensa;
- Sistema de filtração e compressão do lodo;

- Sistema de transporte da torta;
- Sistema de lavagem dos tecidos.

### 5.1.3 Leitões de Secagem

O meio mais utilizado para desidratar o lodo naturalmente é o leito de secagem (PULKOW e AISSE, 1997). A secagem natural do lodo resulta em uma torta bastante sólida, com pouco teor de água. Devido ao tempo prolongado de exposição ao sol, entre 18 e 25 dias, até mesmo uma boa parte de organismos patógenos são removidos devido ao aquecimento do lodo.

O leito de secagem é um dos meios mais antigos de desaguamento de lodo, sendo aplicado, em grande parte, em pequenas e médias estações de tratamento de esgoto por sua simplicidade operacional e alta remoção de umidade (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

Os leitões de secagem foram as primeiras unidades utilizadas para secagem do lodo. Estas unidades podem ser construídas ao ar livre ou então serem cobertas. Nos EUA cerca de 2/3 das ETE's utilizam leitões de secagem para desidratação do lodo de esgoto gerado (CORDEIRO e CAMPOS, 1995).

O funcionamento dos leitões de secagem, basicamente, é dividido em duas etapas: drenagem da água por percolação e evaporação. Nos leitões de secagem a água é removida por percolação e evaporação. A taxa de evaporação depende de vários fatores, como clima, carga de sólidos aplicada e a própria natureza do lodo. Um lodo mais estabilizado, contendo menor fração de sólidos biodegradáveis será desaguado com mais facilidade (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

Os leitões de secagem são estruturas retangulares de concreto. Nestes tanques são incluídos dispositivos que auxiliam a drenagem, tais como a soleira drenante, camada suporte e sistema de drenagem. Segundo Gonçalves et al. (2001), a soleira drenante permite que o líquido presente no lodo percole por camadas sucessivas de areia e pedregulho com diferentes granulometrias. A camada suporte, composta de tijolos ou outros elementos de material resistente à operação do lodo seco, possibilita uma melhor distribuição do lodo, impede a colmatação e garante a retirada do lodo desaguado sem comprometer as camadas superficiais.

Com relação ao sistema drenante, são tubos assentados com juntas abertas ou perfuradas, colocados no fundo do tanque para recolherem todo o líquido percolado na soleira drenante. O sistema pode ser instalado fora do tanque para facilitar a manutenção das canalizações, mas, nesse caso, o fundo do tanque deverá ser bastante inclinado para possibilitar o escoamento do líquido.

De acordo com a secagem do lodo, começam a aparecer os torrões de lodo seco, permitindo ao calor chegar às camadas mais baixas, concluindo o processo de evaporação. Porém, a influência das condições climáticas é essencial para o processo. A evaporação é mais rápida quando a temperatura é alta, a umidade do ar é baixa e há vento suficiente para assegurar uma renovação adequada do ar acima do leito. Com relação à estabilização, quanto mais estável for o lodo, mais fácil será secar o lodo a uma taxa elevada (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

Na Figura 05 é apresentado um leito de secagem com a formação de torrões, etapa final do processo de desaguamento.

Figura 05 - Leito de secagem com a formação de torrões



Fonte: Sabesp ([www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)). Acessado em 15/12/2017

Segundo Metcalf e Eddy (1991), uma das grandes vantagens do leito de drenagem convencional é o fato de ser o investimento mais baixo em locais onde não há restrição de área. Além disso, requer pouca atenção do operador, bem

como pouca qualificação, mínimo consumo de energia, baixo ou nenhum consumo de produtos químicos, pouco sensível às variações na qualidade do lodo e apresenta a maior concentração de sólidos comparada aos outros métodos.

Ainda segundo os autores, uma das principais desvantagens é a necessidade de áreas extensas de implantação. Além disso, requer lodo estabilizado, influência significativa do clima no desempenho operacional do processo, retirada da torta seca é um processo lento e requer muita mão de obra, risco elevado de liberação de odores desagradáveis e proliferação de moscas, risco de contaminação do lençol freático caso o fundo dos leitos e o sistema de drenagem não sejam bem executados.

Além dos leitos de secagem convencionais, ainda existem outros dispositivos de desaguamento. Porém, por serem mais utilizados no Brasil, este trabalho falará de mais três tipos de leitos, tais quais os pavimentados, de secagem à vácuo e rápidos ou de filtragem rápida. A seguir serão apresentadas, em resumo, cada um dos leitos para conhecimento, haja vista no Brasil ser o leito convencional o mais utilizado.

#### 5.1.3.1 Leitos de Secagem Pavimentados

Os leitos de secagem pavimentados diferem dos leitos convencionais devido ao material utilizado no revestimento da base do tanque, permitindo o uso de concreto ou concreto betuminoso, enquanto nos leitos de secagem convencionais são utilizados tijolos maciços, (AMUDA et al. 2008).

A utilização de leitos pavimentados apresenta resultados de desaguamento em curto prazo e sua operação é mais econômica quando comparado com os leitos de secagem convencionais. Isso está relacionado ao uso de equipamentos mecânicos para a limpeza do lodo, pois com a utilização desses aparelhos é possível remover o lodo com maior teor de umidade (WANG et al., 2006).

Ainda segundo Amuda et al. (2008), os leitos de secagem pavimentados têm a vantagem de admitir a remoção do lodo com maior teor de umidade se comparado ao leito de secagem convencional. Além disso, admite equipamentos mecânicos para a remoção do lodo, exige pouca manutenção e é uma operação mais econômica comparada aos leitos de secagem.

Entre as desvantagens, o mesmo autor destaca a menor eficiência que os leitos de secagem convencionais para o desaguamento de lodos digeridos aerobiamente e a necessidade de uma área maior do que os leitos de secagem convencionais para uma mesma quantidade de lodo.

Na Figura 06 é apresentado um lodo de leito de secagem pavimentado sendo recolhido depois de seco.

Figura 06 - Lodo de leito de secagem pavimentado sendo recolhido depois de seco



Fonte: [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br). Acessado em 10/12/2017

#### 5.1.3.2 Leitos de Secagem a Vácuo

Segundo Turovskiy e Mathai (2006), o leito de secagem a vácuo é geralmente retangular e possui uma laje de concreto na parte inferior. Uma camada de agregado contendo vários milímetros de espessura é colocada em cima da laje, que por sua vez suporta uma cobertura rígida de meios filtrantes de poros múltiplos. A camada de agregado está ligada à câmara a vácuo e também a uma bomba de vácuo.

Segundo Turovskiy e Mathai (2006), a sequência da operação se inicia com o lodo sendo pré-condicionado com polímero. Logo após o lodo é lançado no leito de secagem a uma taxa de 9,4 L/s, até completar uma profundidade de 75mm. Na sequência, o lodo aplicado permanece cerca de uma hora tendo sua

fase líquida drenada por ação da gravidade. Após este período, a bomba de vácuo é ligada, mantendo-se assim até o lodo apresentar rachaduras. No processo seguinte o lodo permanece mais dois dias no leito de secagem, sendo, após este período, removido do leito. Por fim, as superfícies das chapas porosas são limpas com uma mangueira de alta pressão.

Segundo Metcalf e Eddy (2003), uma vantagem importante deste dispositivo é o fato de o lodo pode ser removido de forma manual (ancinho) ou mecânica. Neste sistema também há menor interferência do clima, e também necessidade de uma área menor. Além disso, a torta de lodo pode ser facilmente removida do leito e o tempo de desaguamento é reduzido se comparado ao leito convencional e ao pavimentado.

Ainda segundo os mesmos autores, as desvantagens estão na dependência de condicionamento químico, alto consumo de energia elétrica, maior custo de implantação que os outros leitos e sua utilização é viável somente para pequenas instalações.

#### 5.1.3.3 Leitos de Secagem Rápida

O dispositivo leito de secagem rápida centra o processo na utilização de polímeros de desidratação. A água livre é rapidamente drenada por gravidade e também por evaporação natural. Muito parecido aos leitos de secagem convencionais, os leitos de secagem rápida se diferem no uso de polímeros de desidratação para otimização do tempo do processo (METCALF e EDDY, 2003).

O leito de secagem rápida é basicamente uma série de tubos colocados na base do leito para permitir o escoamento da água e a pré-saturação antes da aplicação do lodo. Os tubos da base são cobertos com pedras de 20 a 25mm. Na próxima etapa, uma grade tipo colmeia é colocada, e, para concluir o leito, é adicionada uma camada de pedra de 10 a 15mm e uma camada de areia (USEPA, 2006).

Segundo a USEPA (2006), esse processo de desaguamento é baseado na drenagem por gravidade, com remoção adicional de água por evaporação. As forças de saturação nos leitos de secagem têm a finalidade de expulsar todo o ar que ficou preso no interior do meio filtrante, o que permite a uniformidade de fluxo em toda superfície do leito, promovendo melhor distribuição. O dispositivo de saturação previne a compactação do meio filtrante diferente do que ocorre

nos leitos de secagem convencionais.

Quando o dreno inferior é aberto, um efeito de vácuo ou sifão é criado e, juntamente com a fissura ou abertura, ocorre a circulação de ar, aumentando ainda mais o desaguamento. Cerca de 90% da água escoará em 12 horas devido ao vácuo, mas continuará a escorrer com o sistema desligado, enquanto o lodo permanecer no leito. O método pode ser comparado favoravelmente com sistemas de desaguamento mecânicos, tais como filtros prensas ou centrífugas (USEPA, 2006).

Ainda segundo a (USEPA, 2006) as vantagens dos leitos de secagem rápida são o menor tempo de operação, maior eficiência no teor de sólidos e o baixo custo se comparado aos processos mecânicos.

Ainda segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), as desvantagens são o consumo de polímeros, o que deixa o processo mais dispendioso e a necessidade de aplicação uniforme do lodo.

#### 5.1.3.4 Parâmetros de Dimensionamento do Leito de Secagem

Os parâmetros de dimensionamento que devem ser seguidos para a construção de uma unidade de leito de secagem estão dispostos na NBR 12209/1992, da ABNT, sob o título “Projeto de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários”.

A norma afere todos os pré-requisitos para a construção de uma unidade de tratamento de esgotos, incluindo os tratamentos físicos e químicos. Em seu item 7.6 a norma trás os parâmetros que tratam da desidratação do lodo, sendo o leito de secagem o único contemplado. A seguir, serão descritos e discutidos todos os pontos que integram o documento.

A desidratação do lodo pode ser realizada por processos naturais ou artificiais. Esta norma abrange apenas o processo natural de leito de secagem.

NBR 12209/1992: Leito de secagem deve ser empregado apenas para lodo estabilizado.

Por se tratar de meio de secagem natural, o lodo deve passar por um pré-tratamento, sendo estabilizado, ou seja, tendo reduzida a sua quantidade de patógenos, além da eliminação de maus odores e inibição, redução ou eliminação do potencial de putrefação. Segundo VAN HAANDEL e LETTINGA,

(1994), um lodo mais estabilizado, contendo menor fração de sólidos biodegradáveis será desaguado com mais facilidade

A área total de leito de secagem deve ser subdividida em pelo menos duas câmaras. A distância máxima de transporte manual do lodo seco no interior do leito de secagem não deve superar 10 m.

A área de leito de secagem deve ser calculada a partir de:

- a) produção de lodo;
- b) teor de sólidos no lodo aplicado;
- c) período de secagem para obtenção do teor de sólidos desejado;
- d) altura de lodo sobre o leito de secagem.

O período de secagem para obtenção de teor de sólidos desejado é importante parâmetro no cálculo do leito de secagem. Isso porque tempos muito longos de permanência do lodo no leito obrigam a ETE a ter mais leitos à disposição. Isso significa mais espaço para a construção dos mesmos, o que pode ser colocado como um dos grandes limitadores do projeto, especialmente em grandes cidades com grande produção de lodo.

Outro ponto importante que precisa ser destacado diz respeito a profundidade do leito, que geralmente é de 0,75cm, para que o calor do sol possa entrar pela massa de lodo evaporando-a, na medida do possível, de maneira mais regular. A baixa profundidade para grandes quantidades de lodo também leva a busca de mais espaços livres para a construção de leitos.

A descarga de lodo no leito de secagem não deve exceder a carga de sólidos em suspensão totais de 15 kg/m<sup>2</sup> de área de secagem, em cada ciclo de operação.

O valor de 15 kg/m<sup>2</sup> SST visa garantir a uniformidade da evaporação e também da percolação dos líquidos, haja vista a baixa profundidade do leito. Sendo superado este valor, pode ocorrer de a massa de lodo não atingir o teor de sólidos desejado.

O fundo do leito de secagem deve promover a remoção do líquido intersticial, através de material drenante constituído por:

- a) uma camada de areia com espessura de 7,5 cm a 15 cm, com diâmetro efetivo de 0,3 mm a 1,2 mm e coeficiente de uniformidade igual ou inferior a 5;
- b) sob a camada de areia, três camadas de brita, sendo a inferior de pedra de mão ou brita 4 (camada suporte), a intermediária de brita 3 e 4 com espessura

de 20 cm a 30 cm e a superior de brita 1 e 2 com espessura de 10 cm a 15 cm; não deve ser permitido o emprego de mantas geotêxteis;

c) sobre a camada de areia devem ser colocados tijolos recozidos ou outros elementos de material resistente à operação de remoção do lodo seco, com juntas de 2 cm a 3 cm tomadas com areia da mesma granulometria da usada na camada de areia; a área total de drenagem, assim formada, não deve ser inferior a 15% da área total do leito de secagem;

d) o fundo do leito de secagem deve ser plano e impermeável, com inclinação mínima de 1% no sentido de um coletor principal de escoamento do líquido drenado. Alternativamente pode ter tubos drenos ou material similar de diâmetro mínimo de 100 mm, dispostos na camada suporte e distantes entre si não mais que 3,00 m.

O item 7.6.6 traz as instruções para garantir um dos dois pilares da utilização dos leitos de secagem: a percolação da água. Os leitos de secagem são estruturas que trabalham como percolação e evaporação. As condições climáticas, chamadas de fatores incontrolláveis, são responsáveis pela evaporação. A percolação, sim, é um processo controlado no projeto e muito importante para a obtenção do teor de sólidos desejado.

O dispositivo de entrada do lodo no leito de secagem deve permitir descarga em queda livre sobre placa de proteção da superfície da camada de areia.

Dispositivo da norma que alerta para uma possível deformidade na camada de areia por impacto do lançamento do lodo de esgoto. A camada de areia é importante material constituinte do processo de percolação e sua integridade ajuda a permitir o sucesso da operação.

A altura livre das paredes do leito de secagem, acima da camada de areia, deve ser de 0,5 m a 1,0 m.

Norma que se refere a profundidade do leito, sendo esta baixa para garantir que o calor do sol possa chegar às partes mais baixas e garantir uniformidade no processo de evaporação.

No caso de emprego de processos mecanizados de desidratação do lodo, o líquido separado deve retornar ao processo de tratamento da fase líquida, em cujo dimensionamento deve ser considerada a carga correspondente.

Como o lodo do leito de secagem foi previamente estabilizado, seus parâmetros de patógenos são baixos ou inexistentes. Assim, o líquido que

percola através do leito de secagem pode ser jogado no corpo hídrico, enquanto que a massa de lodo seco é disposta em aterros sanitários. Nos processos mecânicos não há estabilização prévia, o que faz com que o líquido resultante tenha que passar pela ETE para ser desinfectado.

#### 5.1.4 Secagem por Bags

Os bags para desaguamento de lodo são utilizados nas mais variadas áreas, desde saneamento até mineração (METCALF e EDDY, 2003). No caso do saneamento, permite o descarte do lodo proveniente das ETEs ou ETAs dentro do TSS (Teor de Sólidos em suspensão) ou SST (Sólidos Suspensos Totais) da legislação de descarte.

O bag para desaguamento de lodo tem um baixo custo de implementação e viabiliza o transporte do material sólido sem a interferência do peso do líquido que chega a compor 95% do lodo. Tais características fazem com que o bag para desaguamento de lodo seja utilizado em muitos países, tendo este várias aplicações possíveis.

Segundo Metcalf e Eddy (2003), existem dois tipos de bag para desaguamento de lodo:

- Vertical, que necessita de uma estrutura de apoio para se manter na posição de deságue. Este bag possui como vantagem o espaço ocupado reduzido, são modulares, podem ser transportados facilmente por empilhadeiras ou outro tipo de veículo de movimentação de cargas e são mais leves; quanto às desvantagens necessitam de empilhadeira ou munk para fazer a troca do geotêxtil por um novo e exige manutenção contínua;
- Horizontal, quando o bag é instalado sobre uma superfície preparada para permitir o percolamento do líquido efluente. Possuem como vantagens o atendimento à altos volumes de efluentes e podem ser usados para reforço de estruturas costeiras após o seu volume máximo ser preenchido. Além disso, apresentam menor custo para grandes aplicações. Entre as desvantagens, devido ao seu peso e tamanho, não é possível realizar o transporte ou içamento, sendo necessário que o bag seja enterrado após o desaguamento. Também é necessário um leito de percolação preparado para receber o bag para desaguamento de lodo.

A Figura 07 apresenta um bag de deságue vertical.

Figura 07 – Bag de deságue vertical



Fonte: [www.dasbrasil.com.br](http://www.dasbrasil.com.br). Acessado em 15/12/2017

A Figura 08 apresenta um bag de deságue horizontal.

Figura 08 – Bag de deságue horizontal



Fonte: [www.dasbrasil.com.br](http://www.dasbrasil.com.br). Acessado em 15/12/2017

#### 5.1.4.1 Parâmetros de Dimensionamento para Implementação de Bags na Secagem//Desaguamento de Lodo

Por se tratar de grandes estruturas, os bags ou mantas Geotêxteis, em uma estação de tratamento de esgoto, devem ser posicionados lado a lado em estruturas construídas para esse fim. Sistemas de condução do lodo hidratado, porém já condicionado com polímeros para coagulação, que facilitam a

drenagem do líquido e a retenção do sólido, são ligados às entradas dos bags, abastecendo-os.

As estruturas que recebem os bags, como parâmetro para evitar possível escoamento do líquido drenado para o lençol freático exigem preparação prévia do terreno para instalação, para que não seja comprometida a drenagem do lodo quando acondicionado no mesmo. A terraplenagem usualmente é feita mantendo inclinação do terreno de 1%. Após acerto, o terreno necessita ser impermeabilizado com lona plástica de polietileno. Em cima da lona plástica é colocado 0,15 m de brita 2, mantendo a brita em nível.

O projeto executivo deve indicar critérios de recebimento, de aceitação do produto, de estocagem e de preparação da superfície que receberá a bolsa ou o tubo. Tais cuidados devem ser tomados para garantir a estabilidade do sistema durante o enchimento e o desaguamento. Ao mesmo tempo, devem ser definidos em projeto o tratamento do material retido, o método de enchimento, o controle do efluente e seu eventual tratamento, bem como as práticas de monitoramento ao longo do tempo.

Na hora de selecionar um fornecedor de geossintético para esses sistemas, a principal decisão a tomar é em relação à qualidade da matéria-prima e do sistema de costura empregado. Fatores como a estrutura do próprio geotêxtil (espessura, tipo e dimensão dos poros) podem alterar o processo de filtração.

A qualidade da costura em sistemas submetidos a elevados esforços de tração é um dos fatores limitantes no processo. Para a escolha do produto, são fundamentais o correto dimensionamento das solicitações de tração e uma especificação de projeto bem elaborada, indicando todas as solicitações previstas e tempos de atuação, bem como os fatores de redução desejados.

Como forma de preparo prévio do terreno, também são acopladas as canaletas de drenagem do deságue.

A figura 08 apresenta a disposição dos bags, assim como a estrutura de bombeamento do lodo.

Ainda neste tipo de drenagem, uma das grandes vantagens é o fato de que, após cheios, os bag's devem ser enviados a aterros sanitários para serem enterrados. Embora não tenha grande quantidade de água, estes bag's são muito pesados. Isso porque são estruturas enormes, com grande capacidade de

deságue, e, conseqüentemente, com grande capacidade de armazenamento de lodo sólido.

Figura 09 – Bag's dispostos em estação de tratamento de esgoto



Fonte: [www.soludraga.com.br/bag-desidratador-lodo](http://www.soludraga.com.br/bag-desidratador-lodo). Acessado em 12/01/2018

Caso a empresa não disponha de recurso financeiro no momento para fazer o transporte até o aterro, pode postergar o processo. Isso porque os bag's são estruturas que armazenam o material sem perigo de estourar, vazar, proliferar moscas ou roedores, mantendo sua integridade física por mais tempo.

#### 5.1.5 Uso de Estufas no Leito de Secagem

O sistema de secagem natural por meio de leitos de secagem é influenciado por dois processos físicos diferentes, a evaporação e a drenagem, extremamente afetadas pelo clima e pela estação do ano. O processo pode ser controlado com o objetivo de maximizar a velocidade de secagem por meio de práticas como cobertura do leito, injeção de calor no sistema, elevação da temperatura e renovação do ar (úmido por seco), movimentação do ar e exposição da superfície mais úmida (fundo) por meio do revolvimento.

Segundo Van Haandel & Lettinga (1994) o leito de secagem por estufas plásticas é mais difundido na Europa e EUA. Nesses locais, a temperatura média é significativamente menor e a umidade relativa média é maior que as observadas em nossas condições tropicais. Assim, o uso de estufas plásticas pode ser uma solução prática e viável tanto em climas mais quentes quanto em subtropicais como no sul do Brasil.

Ainda segundo Van Haandel & Lettinga (1994), a cobertura do leito por

estufas plásticas serve também para proteção contra chuva e as geadas ocorridas em climas frios. Ao cobrir o leito de secagem abre-se a possibilidade de usar a energia solar para aquecer o lodo durante a secagem, reduzindo, dessa maneira, a concentração de bactérias patogênicas. Esta “pasteurização solar” se torna particularmente importante se o lodo seco for utilizado na agricultura. A Figura 10 mostra uma estufa de secagem de lodo de ETE.

Figura 10 – Estufa de secagem de lodo de ETE



Fonte: Sabesp. ([www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)) Acessado em 10/01/2018

#### 5.1.5.1. Parâmetros de Dimensionamento de Estufa

O lodo de ETE, após os devidos tratamentos, pode ser utilizado como insumo agrícola para o cultivo de certas culturas. Após o monitoramento do desaguamento e higienização do lodo em leito de secagem, inicia-se a aplicação desse composto em culturas recomendadas pela Resolução CONAMA 375/2006, com utilização de cal virgem e análises do solo, para definição da quantidade de lodo a ser aplicada em cada área.

Ressalta-se que a Resolução restringe o uso do lodo como adubo para hortaliças e culturas que fiquem diretamente em contato com o solo, mas permite

a adubação de culturas como: mamão, café, goiaba, abacaxi, banana, eucalipto, açaí, seringueira, palmeira real, milho e cana-de-açúcar.

A utilização do lodo de esgoto como adubo apresenta benefícios, uma vez que restringe a utilização de fertilizantes químicos potencialmente tóxicos ao meio ambiente e aos seres humanos, além de apresentar ganhos para o agricultor.

Segundo a resolução CONAMA 375/2006, é necessária a construção de um leito de secagem para desague do lodo. Todo o leito apresenta cobertura de lona plástica, com o objetivo de evitar a entrada da água da chuva no lodo disposto em seu interior, desse modo, a cobertura visa reduzir a umidade no interior da estufa e aumentar a temperatura para otimização do desaguamento realizado.

Vale ressaltar que o leito de secagem precisa ser construído atendendo os requisitos da NBR 12209/1992 voltada a projetos de estações de tratamento de esgoto e demais estruturas, assim como todos os procedimentos aplicados na pesquisa seguem as orientações da Resolução CONAMA 375/2006, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto e seus produtos derivados.

Seguindo orientações da Resolução, o monitoramento segue quatro itens principais necessários para garantir o enquadramento dos parâmetros e a segurança na utilização do bio sólido. Desde modo são monitorados: agentes patológicos, como bactérias, ovos de helmintos e coliformes termotolerantes, substâncias inorgânicas como metais pesados que possam apresentar algum risco de contaminação para o solo em que o lodo será aplicado; estabilidade do composto, analisando a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais que passam pelo tratamento; e finalmente o potencial agrônômico do bio sólido formado, com quantificação de parâmetros como fósforo e nitrogênio que apresentam grande relevância para uso na agricultura, entre outros.

## 5.2 APLICAÇÕES EXISTENTES NO BRASIL PARA SISTEMAS DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Como o lodo é constituído em grande parte por água, a melhor forma de reduzir seu volume é a desidratação. Certamente a relação custo/ benefício é o que vai nortear a decisão por uma ou outra solução.

Em artigo na Revista TAE de dezembro de 2014, profissionais da empresa Huber do Brasil citam que é possível reduzir 1000 kg iniciais de lodo, com 4% de teor de sólidos, para cerca de 160 kg por meio de desaguamento mecânico ou tubos de geotêxteis, que promovem o aumento do teor de sólidos para 25%. Uma etapa posterior, a secagem térmica, reduziria ainda o volume, para apenas 44 kg, a um custo mais elevado.

Ainda segundo o mesmo artigo, os equipamentos mais vendidos para o desaguamento de lodo no Brasil ainda são os filtros-prensa, principalmente para pequenas estações. Porém, vem crescendo de forma significativa a procura pelas centrífugas decanters, que oferecem vantagens como a menor área ocupada e o funcionamento contínuo, ao contrário do processo em batelada dos filtros-prensa.

O secador térmico, apesar do elevado custo de aquisição, tem a vantagem da possibilidade de alimentação pelo próprio biogás do processo ou integração com cogeração.

Metcalf e Eddy (2003) comentam que até os anos de 2000, com alguma área ainda disponível, os leitos de secagem naturais eram os mais utilizados nas estações de tratamento do Brasil. Porém, a secagem por leito natural, além de apresentar baixa eficiência na remoção de sólidos, ainda apresenta vários inconvenientes, como a dependência do clima, possível proliferação de odores por conta de chuvas, riscos de contaminação ao lençol freático, necessidade de estabilização prévia do lodo e elevada mão de obra para a remoção do material seco.

Devido ao alto grau de eficiência (obtenção de umidade residual de 10% a 15%), a secagem mecânica resolve problemas como a limitação de locais de disposição final e os altos custos de descarte. Uma outra tecnologia que está conquistando as indústrias e companhias de saneamento pela economia e simplicidade de operação é a contenção, desaguamento e tratamento dos lodos

em tubos de geotêxteis. O resultado é um teor de sólidos de 25% a 35% e redução do volume total de até 90%, (VON SPERLING, 2001).

Antes do processo de secagem ser iniciado alguns lodos precisam passar por uma etapa anterior de coagulação, denominada condicionamento e que pode utilizar meios químicos (como sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso ou férrico e cal virgem) ou físicos (aquecimento). Segundo Von Sperling (2001) neste processo há uma coagulação seguida de floculação em que ocorre uma desestabilização das partículas para uma posterior aglomeração auxiliando no aumento da concentração de sólidos totais.

Diversos métodos podem ser usados para a desidratação natural ou mecânica. Estes incluem leitos de secagem, lagoas de lodos, centrífugas, prensas desaguadoras e filtros prensas. A escolha depende de fatores como a área disponível, o custo atual de disposição, legislação vigente, tipo e volume produzido, bem como as exigências de qualidade do lodo seco. Conforme explica André Dias, engenheiro de vendas-meio ambiente da GEA Westfalia Separator Brasil, “atualmente nos grandes centros urbanos, há um elevado número de habitantes e uma grande quantidade de indústrias. A área ocupada pelo processo de desidratação e o controle sobre o processo (evitando a produção de odores e com capacidade de desidratação constante) são decisivos para a escolha”.

Com este cenário, a opção tem sido por sistemas compactos de secagem de lodo, como as centrífugas, que contam com alto grau de automação e controle, que permitem uma operação confiável, contínua, e dispensa por longos períodos a utilização de mão de obra.

Uma pesquisa em sites de autarquias estaduais de tratamento de esgoto como SABESP, SANEPAR e outros demonstra, porém, que os meios de secagem mais empregados são os descritos a seguir.

#### 5.2.1. Utilização de Leitos de Secagem

São mais utilizados nas estações de tratamento no Norte e Nordeste do Brasil. Segundo o Instituto Trata Brasil, os estados destas duas regiões são os menos atendidos por redes de coleta e tratamento de esgotos, sendo que em média, apenas 24,5% do esgoto é tratado. Nestes termos, a geração de lodo ainda é baixa, o que facilita o uso de tecnologias ainda rudimentares como os

leitos de secagem. Segundo o Instituto Trata Brasil, em algumas cidades dos estados de Alagoas, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão os leitos de secagem são a única forma de secagem do lodo. Nos estados do Norte a situação é parecida, sendo que a diferença está no volume de tratamento de esgoto, de apenas 16,42%. Ainda em estados do Nordeste, Salvador lança o esgoto tratado no oceano através de dois emissários submarinos.

- **DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO:** o uso de leitos de secagem está condicionado à área disponível, algo cada vez mais raro nos grandes centros urbanos brasileiros. Este processo de secagem vem, aos poucos, sendo substituído justamente por máquinas mais compactas, que demandam pouca área. Em cidades do interior, geralmente com mais espaço disponível, os leitos de secagem são mais comuns.

#### 5.2.2. Utilização de Filtros Prensa de Esteira

Segundo a revista especializada em soluções ambientais Hydro, os filtros prensa são hoje o método de secagem mais vendido do Brasil. Utilizado em larga escala nas regiões de São Paulo (SABESP), Minas Gerais (COPASA) e Paraná (SANEPAR) os filtros prensa aumentaram significativamente sua participação nas estações de tratamento por ocuparem pouco espaço, sendo, inclusive, acoplados às estações de tratamento. As autarquias acima foram citadas por prestarem informações de secagem em seus sites.

- **DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO:** Por serem equipamentos pesados, exigem estrutura de fixação, opera em batelada, obrigando o acompanhamento de um operador. Por apresentar alto custo de aquisição, montagem e manutenção, sua implementação é mais lenta.

#### 5.2.3. Utilização de Mantas Geotêxteis e Secagem Térmica

Estes dois processos ainda não são utilizados em grande escala por motivos econômicos, já que exigem um alto valor de aquisição. No caso da manta geotêxtil, esta quando usada na vertical, permite a sua reutilização por no máximo vinte vezes, podendo seu comprimento variar de dois a noventa metros.

No caso das mantas geotêxteis horizontais, o peso e o tamanho dificultam sua mobilidade, embora tenham capacidade de processar até 880 m<sup>3</sup> de

efluente. A secagem térmica, como processo complementar, é a que demanda mais investimento, mas também é a que apresenta maior eficiência de redução de volume. Como a área disponível nas estações de tratamento tende a diminuir, nos próximos anos a tendência é o aumento significativo do uso desta tecnologia.

- **DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO:** As mantas geotêxteis apresentam um alto custo de aquisição, embora tenham capacidade de receber e desumidificar qualquer tipo de lodo. E só podem ser utilizadas uma vez. No caso das mantas verticais, mesmo seu uso podendo chegar a vinte vezes, o custo permanece alto. No caso da secagem térmica, o alto custo também é um fator de dificuldade, tanto da aquisição como no custo operacional.

### 5.3. DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ETE'S.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, em seu Art. 3º Inciso VII a Disposição Final Ambientalmente Adequada é definida como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

As formas mais conhecidas de disposição final de resíduos são o Aterro Sanitário, Aterro Controlado e Lixão a céu aberto. No Brasil a única forma ainda permitida por Lei é o Aterro Sanitário.

Na legislação brasileira a Disposição Final Ambientalmente Adequada de Rejeitos deve ser feita somente para os resíduos que comprovadamente não são mais passíveis de alguma forma de tratamento, seja qual for a forma, ou seja, somente para os rejeitos. A Lei 12.305/2010 o seu Art. 9º diz que:

“na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Fazer a disposição final de rejeitos requer uma completa neutralidade com o meio ambiente. Isso significa não poluir ou alterar o meio onde tais soluções

forem construídas. As principais formas de poluição são a contaminação do solo, da água e do ar. As consequências dessa poluição são a proliferação de doenças decorrentes de pragas de ratos, insetos e animais que vivem dos rejeitos assim como doenças ocasionadas pela poluição das águas.

O aterro sanitário é a maneira considerada ambientalmente correta para a eliminação dos rejeitos, ou seja, uma operação que não visa, como fim, sua valorização. Já a utilização do resíduo como combustível para a produção de energia, a compostagem e a reciclagem são operações de valorização, ou seja, operações cujo resultado principal seja sua transformação, de modo a servir a um fim útil (SILVA FILHO & SOLER, 2013).

É preciso destacar a diferença entre destinação e disposição finais ambientalmente adequadas. A primeira refere-se a resíduos sólidos que possuem potencial de aproveitamento energético ou de tratamento, enquanto a segunda dispõe sobre rejeitos que não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Dada a diferença entre os processos, cabe ressaltar que os Planos Municipais, Estaduais e Microrregionais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos devem manifestar-se pela redução da geração e também pelo aproveitamento do que é gerado, aproximando a população e empresas dos conceitos de reutilização e reaproveitamento.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em estudo de junho de 2015 chamado “Estimativas dos Custos Para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil”, apresenta as principais tecnologias existentes para valorização e tratamento de resíduos sólidos urbanos, em cumprimento àquilo que determina a PNRS.

Dentre as tecnologias que podem ser incluídas no gerenciamento dos RSU no Brasil, tem-se a compostagem, recuperação energética e disposição final em aterros sanitários.

**Compostagem:** A Política Nacional dos Resíduos Sólidos prevê, em seu artigo 36, inciso V, que o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos deve implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos urbanos, além de articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido. A compostagem é um processo biológico de decomposição aeróbia da matéria orgânica contida em resíduos de

origem animal ou vegetal. Esse processo gera, como principal resultado, um produto que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características de produtividade, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Na compostagem, microrganismos são responsáveis, num primeiro momento, por transformações químicas na massa de resíduos, e, num segundo momento, pela humificação. O composto resultante, o húmus, pode ser utilizado como fertilizante (tanto para a agricultura quanto para áreas verdes urbanas) apresentando, portanto, valor econômico.

O Quadro 02 mostra as vantagens e desvantagens do sistema de compostagem:

Quadro 02 – Vantagens e Desvantagens da Compostagem

<b>Tecnologia</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Compostagem	Baixa complexidade na obtenção da licença ambiental.	Necessidade de investimentos em mecanismos de mitigação dos odores e efluentes gerados no processo.
	Facilidade de monitoramento	Requer pré-seleção da matéria orgânica na fonte.
	Diminuição da carga orgânica do rejeito a ser enviado ao aterro, minimizando os volumes a serem dispostos.	Necessidade de desenvolvimento de mercado consumidor do composto gerado no processo.
	Tecnologia conhecida e de fácil implantação	
	Viabilidade comercial para venda do composto gerado.	

Fonte: [www.abrelpe.com.br](http://www.abrelpe.com.br). Acessado em 02/03/2018

**Recuperação Energética:** O tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos por processos de recuperação energética é aceito pela legislação brasileira, sendo previsto na Lei Federal nº 12.305/2010, em seu art. 9º, §1º, conforme segue:

“Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovados pelo órgão ambiental.”

Os principais produtos energéticos que podem ser obtidos através do aproveitamento dos RSU são: o biogás (gerado em aterros sanitários ou na digestão anaeróbia); a eletricidade (gerada a partir do biogás ou do tratamento térmico); e o calor (produzido juntamente com a eletricidade, em processo de cogeração). Além da geração de energia, que pode ser comercializada, o tratamento com recuperação energética traz outra vantagem, que é a redução do volume de rejeitos a serem encaminhados para disposição final, contribuindo para a diminuição de área necessária para aterros sanitários, bem como o prolongamento de sua vida útil.

**Disposição Final em Aterros Sanitários:** Os aterros sanitários, conforme visto anteriormente, são considerados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos como a forma de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A aprovação do marco regulatório para o setor de resíduos, na forma da PNRS, reforça a tendência de eliminação dos lixões e aterros controlados existentes e a implantação de aterros sanitários. O aterro sanitário é a forma correta de dispor os rejeitos no solo. O projeto de engenharia é baseado em critérios e normas operacionais específicas: os resíduos dispostos são cobertos com material inerte, com o objetivo de controlar a entrada de ar e água, controlar a saída de gás do aterro, reduzir o odor e de outros inconvenientes e facilitar a recomposição da paisagem, dentre outros fatores (CATAPRETA, 2008).

Quando há a necessidade de uma nova área para depósito de resíduos sólidos, uma série de critérios deve ser considerada para a implantação desta instalação. A decisão pode ser auxiliada por meio de modelagem e deve levar em consideração tanto a eficiência ecológica quanto a econômica. Para tal, devem ser analisados os custos de distribuição e de transporte, as externalidades negativas e controle de poluição, tendo como objetivos a preservação do meio ambiente, a minimização de custos e geração de padrões de distribuição dos resíduos (GANDELINI, 2002).

Devido à crescente urbanização, as áreas ambiental e economicamente adequadas para disposição final dos RSU tornam-se cada vez menos disponíveis. Isso porque para dispor resíduos no solo, deve-se levar em consideração uma série de fatores sobre o local, tais como a topografia, as características do solo, os corpos d'água e a distância do centro gerador. Devido

às características necessárias para a área da disposição final e aos impactos que ela receberá, não é simples determiná-la e encontrá-la (SOUSA, 2012).

### 5.3.1. Tipos de Disposição Final de Lodo de ETE

Como em toda operação logística, os custos com transporte têm grande influência sobre os custos totais da operação de disposição de lodo proveniente de ETE. No caso do lodo, os custos com movimentação e transporte estão diretamente ligados ao seu teor de umidade. A redução de 98% para 85% do teor de umidade do lodo reduz o volume de carga a ser transportada a apenas 13% do volume original (VON SPERLING, 2001).

O custo de transporte é um importante parâmetro para a viabilidade econômica do uso agrícola do lodo de esgoto. Quanto maior o volume transportado por viagem, menor o custo unitário de transporte.

Antes de ser enviado ao destino final, o lodo tem que ser transportado dentro da própria estação de tratamento de esgoto (ETE). Segundo Von Sperling (2001), para essa movimentação, geralmente, são utilizadas esteiras transportadoras ou caçambas do tipo Brook com capacidade média de 5m<sup>3</sup> cada, acopladas a caminhões com dispositivos hidráulicos de carga e descarga. A Figura 10 mostra uma caçamba do tipo Brook.

Figura 11 – Caçamba do tipo Brook sendo içada por guincho carregada em ETE



Fonte: <http://agencia.sorocaba.sp.gov.br/>. Acessado em 18/01/2018

O carregamento de caminhões pode ser realizado com pás carregadeiras de rodas ou retroescavadeiras e devem possuir carrocerias totalmente vedadas, serem equipados com sistema de trava que impeça a abertura da tampa traseira, possuir lona plástica para cobertura, cone de sinalização, pá ou enxada e luvas de látex.

Além de respeitar a capacidade volumétrica da caçamba transportadora, outros cuidados devem ser tomados no transporte de biossólidos, lembrando que é de total responsabilidade da empresa geradora do resíduo. Deverão ser observadas também as condições das estradas a percorrer, distância, tipos de veículos, limpeza dos pneus ou de qualquer outra parte do veículo ao sair da ETE, não carregar nem transportar em dias chuvosos se a operação não puder ser realizada em ambiente e caminhões cobertos.

O art. 19, da Resolução CONAMA 375/2006 determina que a Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) é responsável pelo carregamento e transporte do biossólido. Estabelece que para retirá-lo da ETE, o motorista do caminhão deve apresentar um Termo de Responsabilidade e Formulário de Controle e Retirada devidamente preenchidos.

Os documentos são emitidos pela própria UGL e deverão ser mantidos em arquivo para que possam ser apresentados aos órgãos fiscalizadores sempre que forem solicitados. Essa também é uma exigência do órgão ambiental Companhia Estadual de Tecnologia em Saneamento Básico (CETESB) que serve para rastrear o resíduo, identificando o gerador, o transportador e o destino do lodo.

Lodos úmidos com no máximo 5% de concentração de sólidos são transportados em caminhões tanque, do tipo “limpa-fossa” e os sólidos utilizam caminhões tipo basculante com capacidade entre 10 a 16 metros cúbicos (ou aproximadamente 8 a 12,8 toneladas de lodo por viagem), caçamba bem vedada e travada para evitar fuga do material, coberta por lona.

O uso de caminhões do tipo semirreboque com capacidade de transporte entre 20 a 25m<sup>3</sup>/viagem possibilitaria uma redução nos custos de transporte por tonelada. O transporte do lodo deve ser bem gerenciado para evitar transtornos durante o percurso, tais como desconforto devido a odores desagradáveis tanto para o motorista, quanto para a comunidade por onde passar.

Enquanto permanecer na unidade gerenciadora, o lodo deverá ser armazenado em local coberto para evitar encharcamento e diminuir o problema

de odor. O local deve possuir piso de concreto armado ou asfalto, impermeabilizado de modo a evitar a infiltração do lodo no solo e estruturas de coleta de chorume e de águas pluviais.

O manual de estocagem de biossólidos da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) considera necessário o investimento em obras adequadas, como galpões com piso de concreto ou asfalto e cobertura.

No Brasil, a Resolução CONAMA 375/2006, seção VIII, preconiza que a estocagem do lodo numa propriedade deve ser feita em local com declividade máxima de até 5%, com distância mínima de segurança de rios, poços, lagos, minas e afins que varia de 15 a 100m e por período máximo de 15 dias.

Também proíbe que a estocagem seja feita diretamente sobre o solo. O manuseio e carregamento de caminhões na área de estocagem poderão ser feitos com pás carregadeiras de rodas ou retroescavadeiras com caçambas frontais.

Desta forma, a disposição final do lodo de ETE, caracterizado como rejeito, produzido em estações de tratamento de lodo, independente do processo de secagem, segue as determinações CONAMA e os processos descritos por Von Sperling (2001). Algumas características mais peculiares podem ser ressaltadas, como o lodo produzido em Bag's ou Mantas Geotêxteis.

Como o lodo se mantém dentro das estruturas, estes bag's podem ser armazenados por meses antes de serem enterrados em aterro. No caso de lodos produzidos nos demais sistemas de secagem, o armazenamento exige normas específicas.

Assim, nos sistemas de desaguamento apresentados a seguir, o processo de destinação final já está neste subcapítulo descrito, restando os parâmetros de dimensionamento.

#### 5.4. OBJETO DE ENSINO APRENDIZAGEM APLICADOS NOS PROCESSOS DE DESAGUAMENTO, SECAGEM E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ETE

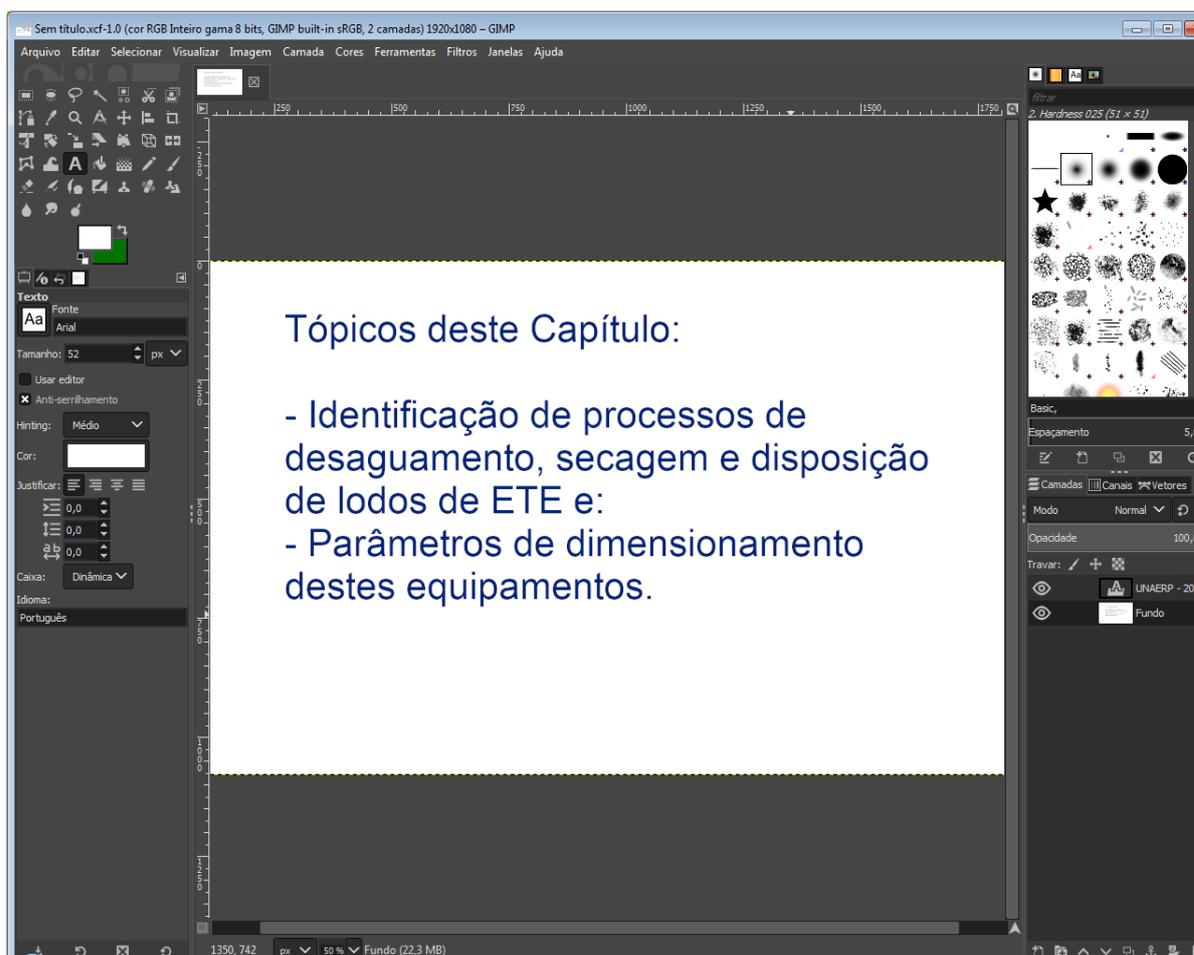
##### 5.4.1. Software GIMP

Como um objeto de ensino aprendizagem, o GIMP, baseado nos preceitos de Fenrich (2005) que preconizam uma exposição de conteúdos com um número

de informações adequada aos alunos, a seguir, pensando no tema de desaguamento, secagem, disposição final de lodo de ete`s, bem como os parâmetros de desenvolvimento dos equipamentos, serão apresentados exemplos de utilização da ferramenta.

A Figura 12 mostra a interface inicial do conteúdo que será apresentado aos alunos.

Figura 12 – Interface inicial do conteúdo

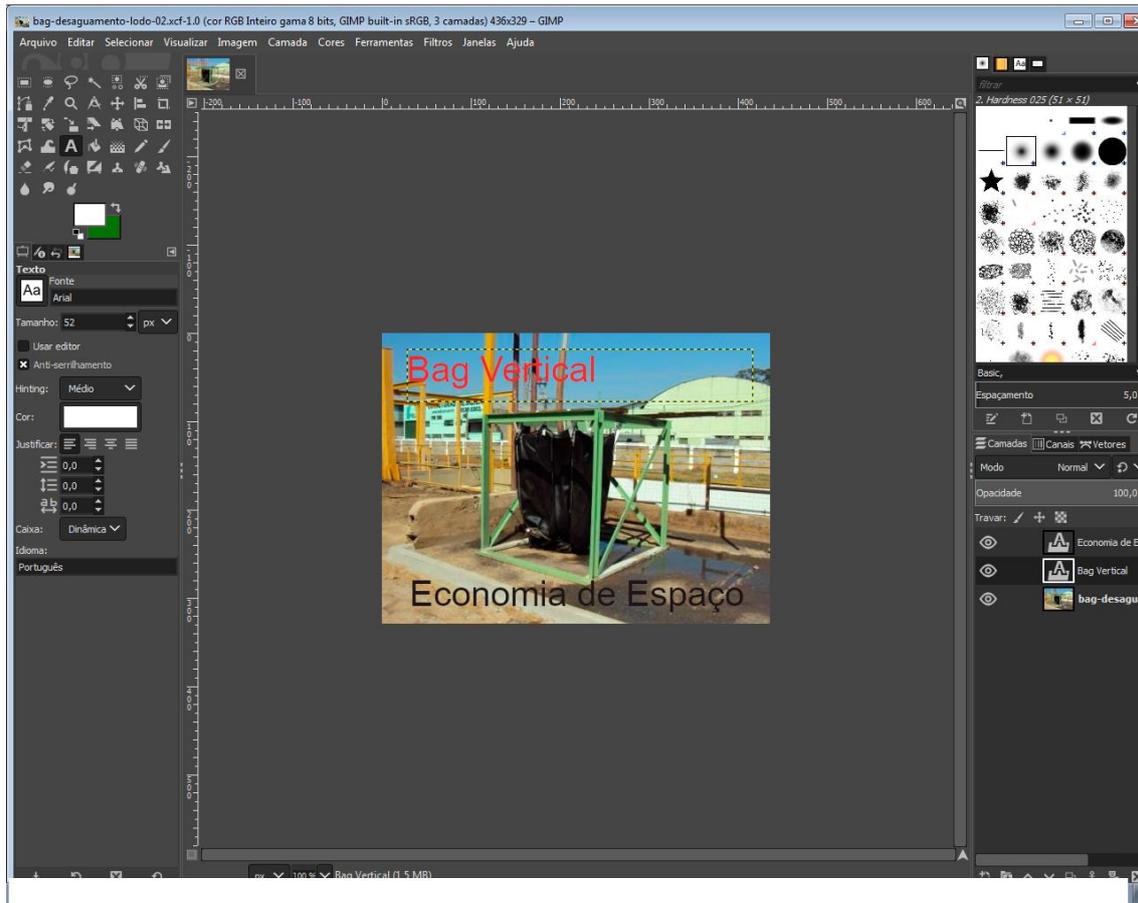


Fonte: Autor, 2018

Quando o conteúdo é inserido no meio pelo qual o aluno vai acessá-lo, uma intranet escolar ou outro programa específico, os tópicos do capítulo precisam estar claros e, acima de tudo, devem acompanhar aquilo que foi desenvolvido em sala de aula com os alunos.

O GIMP e demais ferramentas de aprendizado são mais bem aproveitadas quando utilizadas para complementar o conteúdo ensinado em sala através de apostilas, power point e outros. A Figura 13 mostra um exemplo de utilização da ferramenta como complemento ao ensino.

Figura 13 – Exemplo de utilização da ferramenta GIMP



Fonte: Autor, 2018

Na Figura 13 o bag de desaguamento vertical é apresentado com foto e com uma informação importante para a disciplina, ou seja, são muito utilizados por ocuparem pouco espaço na estação de tratamento.

As demais informações estão contidas no material trabalhado em sala de aula.

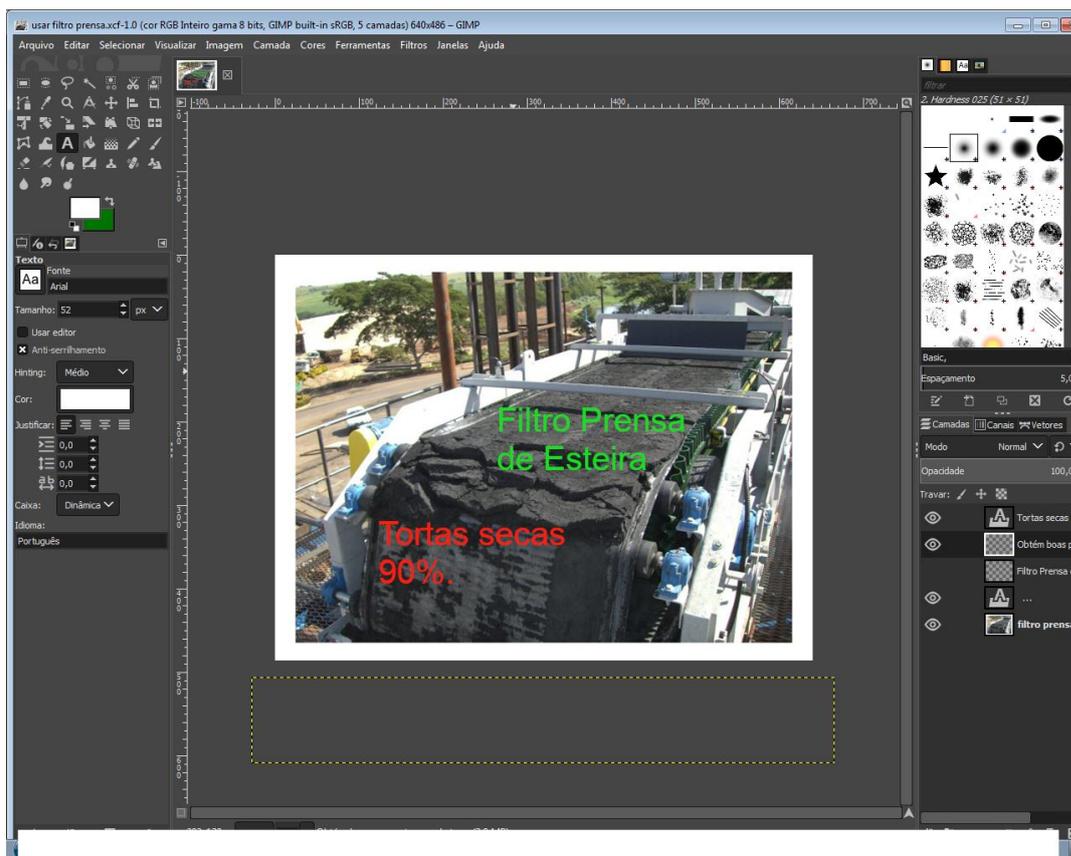
Seguindo a recomendação de Fenrich (2005), o conteúdo selecionado precisa ser repassado sem exageros, com informações essenciais à compreensão do assunto.

Assim, o que é apresentado aos alunos têm informações básicas de compreensão do conteúdo aprendido em sala de aula.

A Figura 14 mostra um exemplo de utilização da ferramenta com informação importante. O filtro prensa de esteira é apresentado já com tortas secas, o que indica o final do processo de desaguamento.

A principal característica deste equipamento é a produção de tortas secas a 90%, o que remete o aluno a lembrar desta informação.

Figura 14 – Exemplo de utilização da ferramenta GIMP



Fonte: Autor, 2018

A Figura 15 também mostra um exemplo, utilizando informações sobre os leitos de secagem natural como forma de deságue e secagem de lodo.

#### 5.4.2. Exemplos de aplicação na ferramenta Hot Potatoes

#### 5.4.3 JCloze

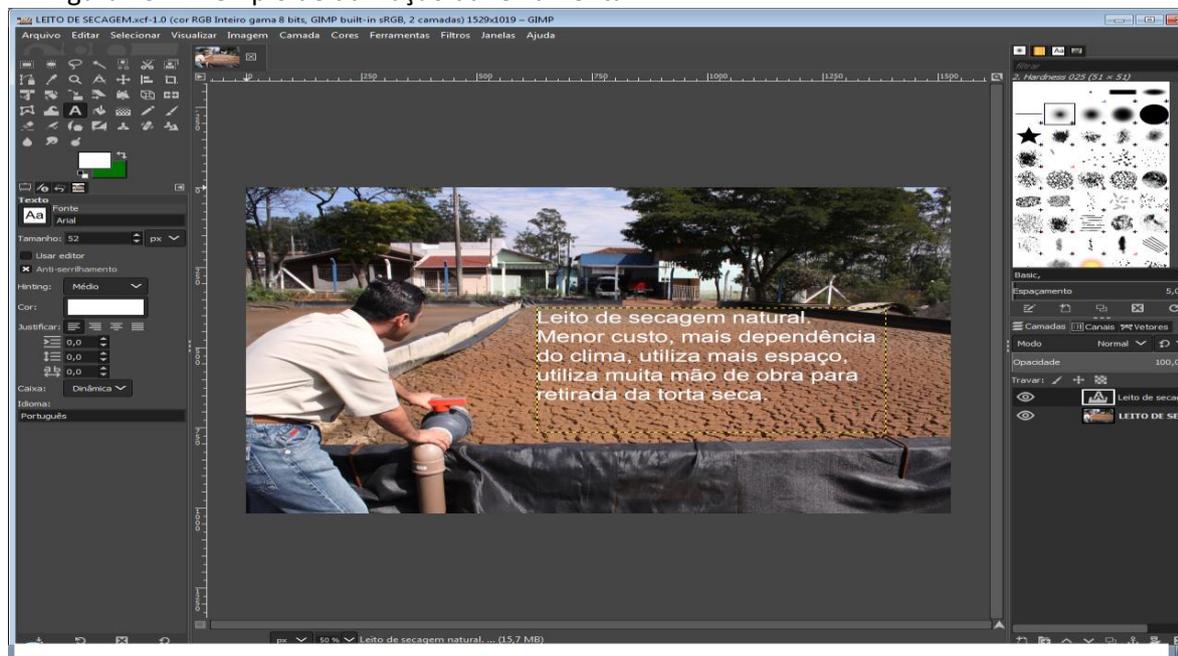
A opção JCloze permite a criação de exercícios de texto com lacunas. Na tentativa de resolução do exercício, o aluno precisa ter conhecimento sobre o assunto abordado para preencher as lacunas corretamente.

De acordo com os eventos de Gagné (2005), esse tipo de exercício permite testar o desempenho e, conseqüentemente, verificar se os objetivos da aprendizagem foram alcançados.

Para Bordenave e Pereira (1997), as questões de lacunas medem conhecimentos, mas em sua elaboração devem ser evitadas afirmações

indefinidas que permitam mais de uma resposta, muitas lacunas em uma questão e sinais que podem ser indicadores de resposta, como artigos e pronomes.

Figura 15 – Exemplo de utilização da ferramenta



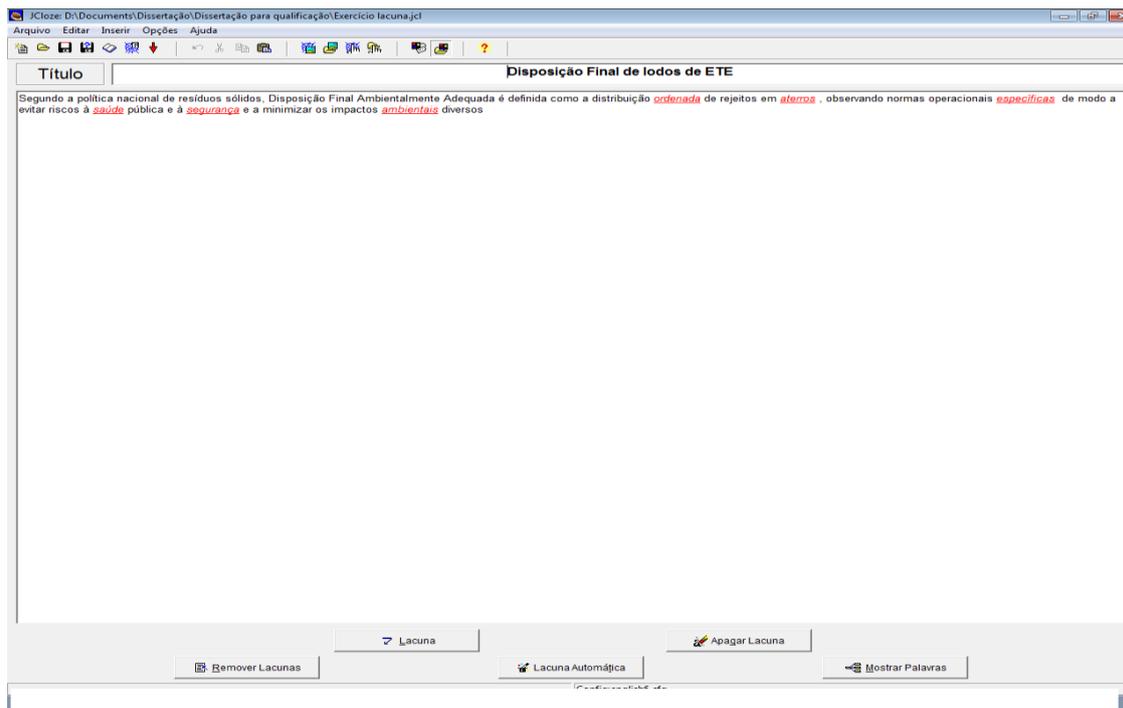
Fonte: Autor, 2018

A Figura 16 mostra um exemplo de utilização da ferramenta Hot Potatoes JCloze.

As palavras em vermelho não aparecerão para os alunos quando estes forem fazer o exercício, mas haverá um modo de obter dicas cadastradas pelo professor para obtenção da resposta.

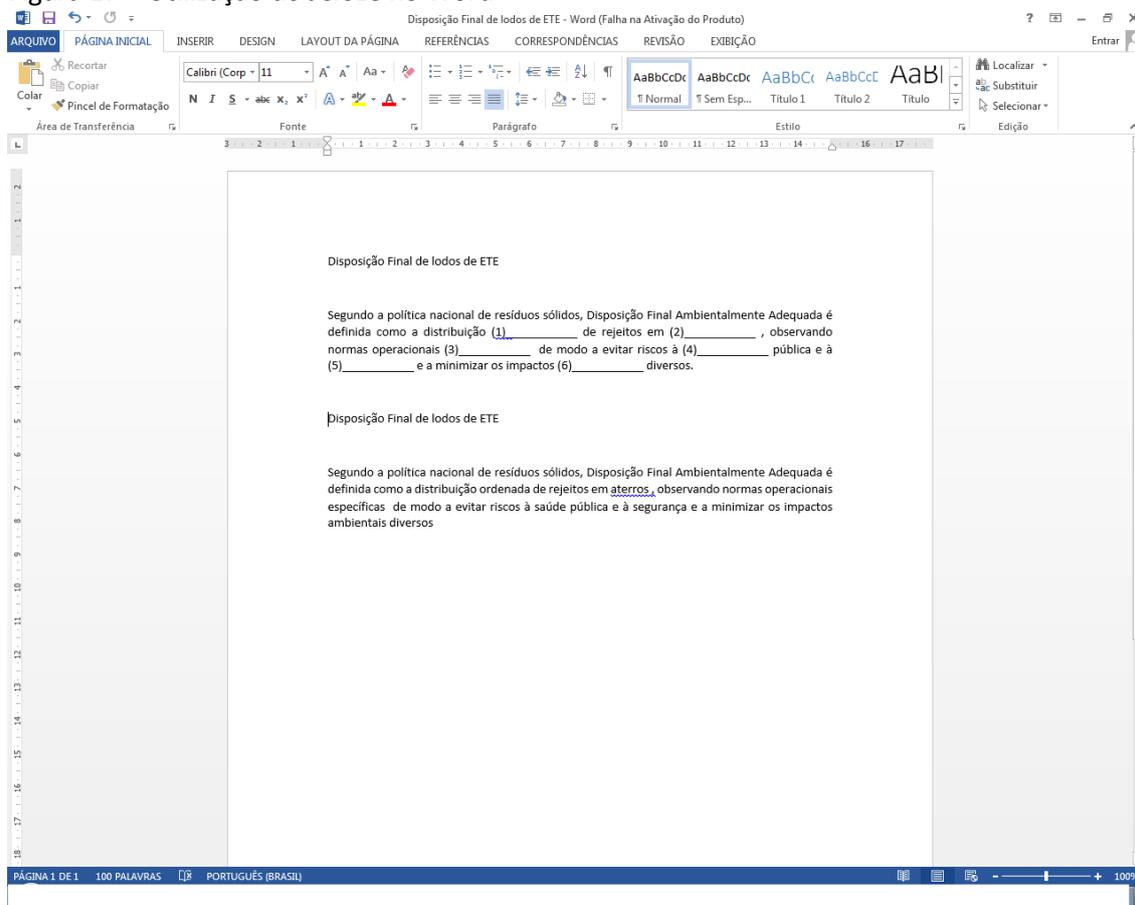
A ferramenta também permite a exportação do arquivo para impressão, que pode ser utilizada em sala de aula como exercício. A Figura 17 mostra o mesmo exercício em um editor de texto Word.

Figura 16 – Exercício de disposição final de lodo com lacunas



Fonte: Autor, 2018

Figura 17 – Utilização do JCloze no Word



Fonte: Autor, 2018

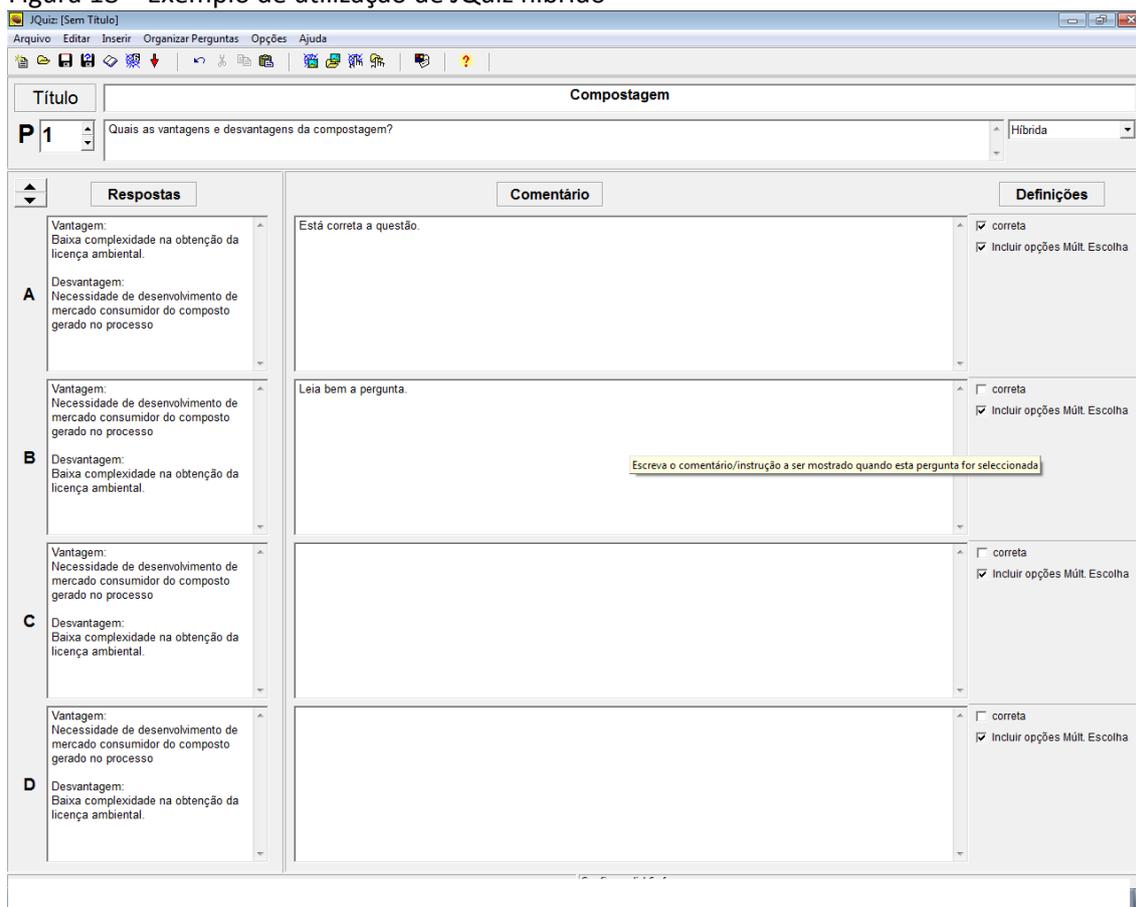
#### 5.4.4. JQuiz

Com o JQuiz é possível criar um questionário de múltipla escolha. De acordo com Leff a (2006), o exercício de múltipla escolha, em termos de aprendizagem, permite estabelecer distinções finas entre áreas próximas do conhecimento, que muitas vezes podem passar despercebidas para o aluno.

O mesmo autor destaca que pode ser utilizado um texto, uma figura, um gráfico ou um mapa como base de leitura e a partir disso o aluno pode refletir e realizar suas escolhas.

Na elaboração deste exercício o professor deve atentar para o princípio da coerência (MAYER, 2005), evitando o uso de palavras, imagens e sons que não são relevantes para o assunto. A Figura 18 mostra exemplo de utilização de JQuiz híbrido.

Figura 18 – Exemplo de utilização de JQuiz híbrido



Fonte: Autor, 2018

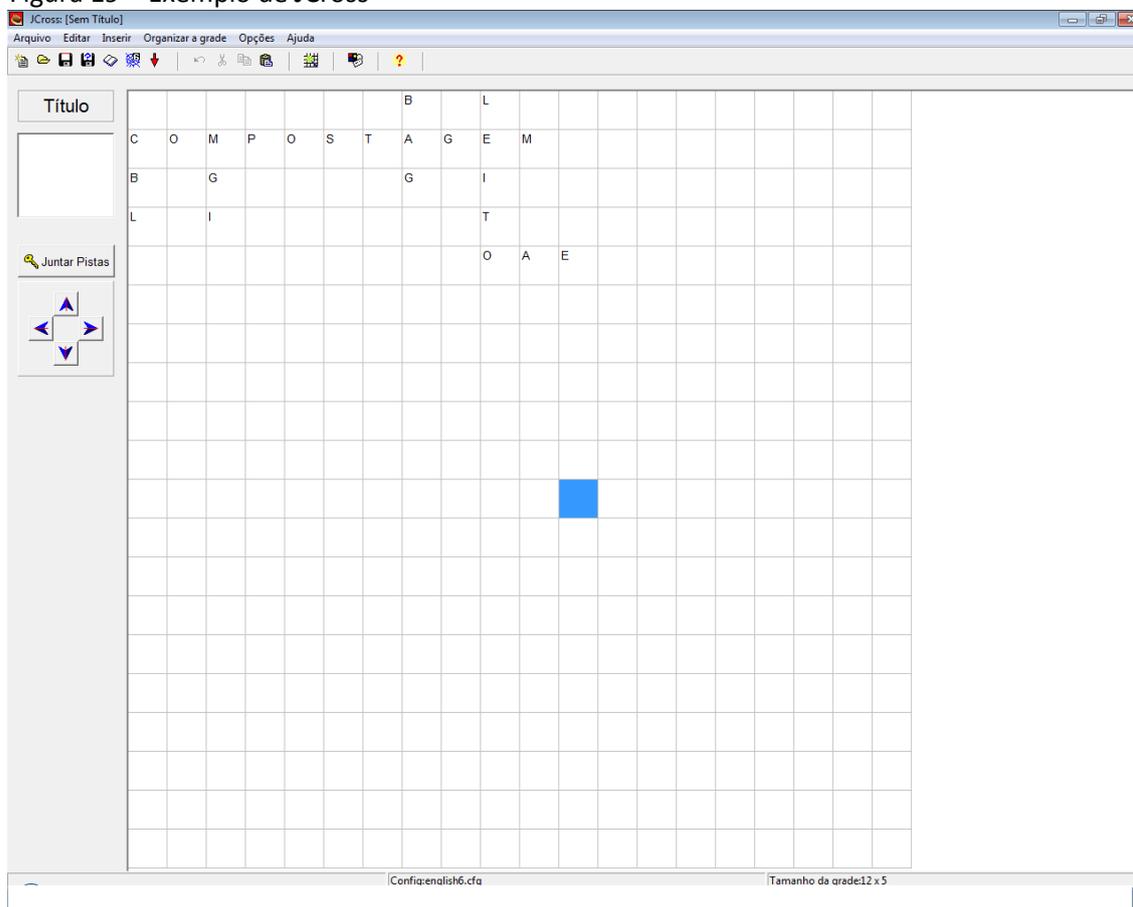
### 5.4.5 JCross

Visto como o jogo mais lúcido do Hot Potatoes, a JCross permite a criação de problemas no formato de palavras cruzadas, as quais são consideradas um tipo de jogo.

Para Johnson (2005), os jogos incentivam o aluno a decidir, a escolher, a priorizar. O exercício de palavras cruzadas também pode ser realizado de forma colaborativa onde um grupo pode solucionar o problema proposto.

A Figura 19 mostra um exemplo de uma JCross feita com as palavras compostagem, bag e leite. Ao final, para os alunos, serão mostradas as pistas que levam a cada uma das respostas, gerando um desafio lúdico.

Figura 19 – Exemplo de JCross



Fonte: Autor, 2018

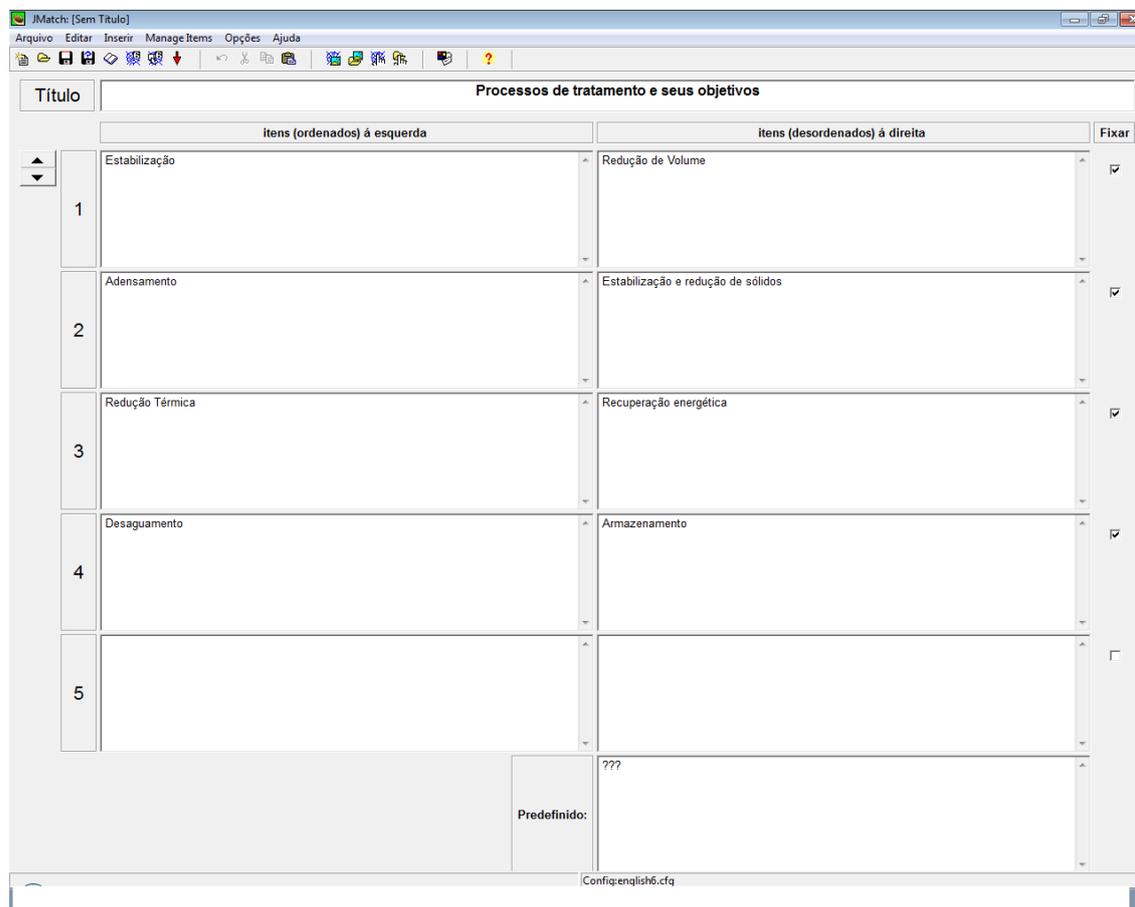
### 5.4.6 JMatch

O JMatch permite a criação de exercício de associação de pares. Na tentativa de associar informações, o aluno necessita analisar e organizar o conteúdo de forma coerente.

Com o JMatch é possível associar um texto a uma imagem, a um som ou a outro texto. Para Bordenave e Pereira (1997), as questões de associação são adequadas quando o objetivo é promover a associação de duas ou mais ideias, como a identificação de lugares (ou partes de mapas), diagramas e esquemas.

A Figura 20 mostra um exemplo de JMatch para ser elaborado, usando a associação de palavras.

Figura 20 – JMatch utilizando a associação de palavras



Fonte: Autor, 2018

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um manual de desaguamento, secagem e disposição de lodo produzido em estações de tratamento de esgoto, assim como parâmetros de dimensionamento de equipamentos que fazem esse serviço.

Também trouxe a utilização dos softwares GIMP e Hot Potatoes como forma de Objeto de Ensino Aprendizagem para trabalho com este conteúdo em sala de aula e ambientes virtuais.

Conforme visto, o possível aumento da captação e tratamento de esgotos domésticos no Brasil, e conseqüentemente a maior produção de lodo, podem ser gargalos no saneamento básico, comprometendo as condições salútares da população.

Assim, se conclui que a importância da organização de tais informações se torna imprescindível para a área.

A identificação de tipos específicos de desaguamento e secagem de lodo é tarefa importante, visto que a reunião de todas as técnicas empregadas em um único documento facilita a consulta de profissionais, estudantes, professores e demais interessados no assunto.

A apresentação dos tipos disposição final de lodo de ETE, buscando suas regulamentações em leis e normativas é igualmente importante por trazer profissionalismo a assunto tão delicado.

Os parâmetros de dimensionamento reunidos neste documento, sendo esta a parte mais técnica, busca esclarecer com precisão normas pré-determinadas que têm como objetivo a segurança e pleno funcionamento dos equipamentos que farão o trabalho de desaguamento e secagem.

Também de suma importância as determinações técnicas de dimensionamento de equipamentos que fazem o transporte e a disposição final de lodo de ETE.

A disposição final de lodo feita corretamente não causa danos ao meio ambiente e à saúde pública, sendo hoje de suma importância que sejam seguidos os mais restritos trâmites para sua realização.

O transporte, dependendo da forma como o deságue e secagem são feitos, torna-se caro e perigoso na medida em que os trâmites legais não são cumpridos. Assim, este manual pode ser uma base importante de consulta.

A utilização dos softwares GIMP e Hot Potatoes como objetos de ensino

aprendizagem aqui mostrados podem atender uma demanda de alunos e professores por formas mais interativas de ensino, haja vista o volumoso conteúdo. Os exemplos montados, combinados, podem ser uma ferramenta essencial para reforçar o aprendizado do assunto trabalhado.

As ferramentas podem ser utilizadas em cursos como Engenharia Civil, nas disciplinas de Educação Ambiental, Engenharia e Meio Ambiente, Estudos Ambientais e Saneamento Urbano e Sistemas de Tratamento de Água e Esgotos.

As diferentes formas de interação virtual entre aluno e escola podem ser beneficiadas com o uso destes objetos, sendo essencial o acompanhamento do professor para com o feedback do aluno no aprendizado.

Assim, a escolha das ferramentas GIMP e Hot Potatoes, a primeira como forma de ensino e a segunda como forma de feedback do conteúdo, são exemplos, junto às demais aqui citadas, de formas mais interativas de conectar alunos e professores em um ambiente virtual de aprendizado. Ambiente este, aliás, onde os alunos estão mais familiarizados e, portanto, o rendimento do aprendizado pode ser melhor.

De forma geral, este trabalho atende uma demanda de reunião de importantes informações em um único documento. Documento este que, combinado com os exemplos de objetos de ensino aprendizagem podem contribuir com alunos, professores, pesquisadores e profissionais da área.

Também, nos dias de hoje, com o foco das empresas voltado para a produção sustentável e o meio ambiente sendo fator de discussões globais, atentar às normas legais de segurança e conhecer as formas de lidar com os lodos produzidos em ETE's é desde já uma forma de conscientização.

Repassar esta conscientização aos alunos através de exemplos de objetos e ensino aprendizagem, em suma, é cuidar do futuro.

## REFERÊNCIAS

AL-SHAWKANI, K.M. E-Learning Authoring Tools: The Present and Future Vision, **The 3rd Annual Forum on E-learning Excellence in the Middle East 2010 – Bringing Global Quality to a local context**. DUBAI, 2010.

ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de Eucalyptus grandis após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. 65p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

ANDREOLI, C.V. et al. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 417 p.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional**. Brasília: Governo Federal, 2004. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/consulta2edicao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/consulta2edicao.pdf)> Acesso em: 17 DEZ 2017. 08h45.

BORDENAVE, J.D.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de ensino e aprendizagem**. 17. ed., Petrópolis: Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

Catapreta, Cicero Antonio Antunes. **Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FRPC-7NXGDZ>

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. SP: Atlas, 2007.

FENRICH, P. **Creating instructional multimedia solutions: practical guidelines for the real world**, Brookhill Court. Santa Rosa, California: Informing Science Press 2005.

GAGNÉ, R.; WAGER, W.; GOLAS, K.; KELLER, J. e al. **Principles of instructional design**. 5. ed. ThomsonWadsworth, 2005.

GANDELINI, L. **Localização de aterros sanitários e lixões no Estado de São Paulo, considerando padrões ambientais distintos: uma aplicação de modelos matemáticos de otimização**. Piracicaba, 2002. Monografia (B. S.). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo

JOHNSON, S. **Surpreendente!**: a televisão e o videogame nos tornam mais inteligentes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 932 p. 2005.

LEFFA, V. J. **Uma ferramenta de autoria para o professor: o que é e o que faz, Letras de Hoje**. Porto Alegre. v. 41, n. 2, p. 189-214, Jun. 2006.

LUDUVICE, M. **Processos de estabilização de lodos**. In: ANDREOLI, C. V.;

MAZIVIERO, G.T. **Avaliação do potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico de lodo de esgoto por meio dos sistemas – teste *allium cepa* e *tradescantia pallida***. 2011. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). UNESP/Rio Claro/SP/2011.

METCALF; EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. New York: Ed. McGraw-Hill, 2002. 1334 p.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering treatment, disposal and reuse**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 1819 p. (McGraw-Hill series in civil and environmental engineering). c2003.

MIKI, M. K.; ALEM SOBRINHO, P.; VAN HAANDEL, A. C. **Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo**. In: **Biossólidos: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

PEDROZA, M.M. et al. **Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão**. Revista Liberato. v.11, n.16, p. 89-188, jul/dez. 2010. Disponível em: [www.revista.liberato.com.br](http://www.revista.liberato.com.br).

REATEGUI, E. Interfaces para softwares educativos, **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, RS, v.5, v.1, jul. 2007.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem, **IV ESUD – CONGRESSO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA**, Brasília, 2006.

THOMPSON, L. and LAMSHED, R (2006), **E-learning within the building and construction and allied trades, Australian Flexible Training Framework**. Australian Government, Department of Education, Science and Training.

TSUTYA, M. T. **Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos**. In: **Impacto Ambiental do Uso Agrícola de Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Ed. Bettiol e Camargo, 2000. 312p. TSUTIYA, M. T. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, cap. 3, p. 41-87. 2001a.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 4). 416 p. 1997. 416 p. 1997.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. **Lodo de esgotos: características e produção.** In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.;

VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). cap. 4, p. 123-157. 2001.