



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E CONTEXTO DA
DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ESGOTO URBANO NO BRASIL
PARA SUGESTÃO DE APROVEITAMENTO NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA, RJ

DANIELE APARECIDA DAS VIRGENS OLIVEIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
VOLTA REDONDA

2018



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E CONTEXTO DA
DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ESGOTO URBANO NO BRASIL
PARA SUGESTÃO DE APROVEITAMENTO NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA, RJ

DANIELE APARECIDA DAS VIRGENS OLIVEIRA

Monografia apresentada como atividade obrigatória à integralização de créditos para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - Modalidade EAD.
Orientador (a): Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho

ORIENTADOR: Prof^a Me. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

VOLTA REDONDA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, Daniele Aparecida das Virgens.

Tecnologias de tratamento e contexto da destinação final do lodo de esgoto urbano no Brasil para sugestão de aproveitamento no município de Volta Redonda. Volta Redonda, 2018. 85 f. il: 31 cm

Orientadora: Prof^ª Me. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho.

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Licenciado (a) no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD. 2018.

Referencias bibliográfica: f.74-85

1. Palavras Chaves: Tratamentos; Biossólido; Destinação; Aproveitamento agrícola; Reflorestamento.

I. CARVALHO, Luciana Cristina do Carmo Silva.

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade - EAD

III. Tecnologias de tratamento e contexto da destinação final do lodo de esgoto urbano no Brasil para sugestão de aproveitamento no município de Volta Redonda, RJ.

ATA DE DEFESA

Dedico este trabalho aos meus familiares principalmente por seu permanente apoio e também aos meus professores que me auxiliaram até aqui nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha mãe pela paciência, apoio e conforto durante os momentos difíceis do caminho escolhido. A minha orientadora Luciana, pela confiança, dedicação e acompanhamento. Aos meus amigos pela força nos momentos difíceis para que eu não desistisse.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 HISTÓRICO DO TRATAMENTO DO ESGOTO NO BRASIL.....	15
2.2 SERVIÇO DE TRATAMENTO E GERENCIAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE VOLTA REDONDA.....	16
2.3 COMPOSIÇÃO DO LODO DE ESGOTO.....	18
2.4 MÉTODOS DE TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO.....	20
2.5 BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO.....	22
2.6 TRATAMENTOS DO LODO DE ESGOTO: ENSAIOS E APLICAÇÕES NO BRASIL.....	26
3 OBJETIVOS.....	28
3.1 OBJETIVO GERAL.....	28
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	28
4 METODOLOGIA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÃO	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Reflorestamento com tratamento do lodo de esgoto.....	23
Figura 2: Recuperação de Áreas degradadas com lodo de esgoto.....	24
Figura 3: Cogeração de energia com lodo de esgoto.....	25
Figura 4: Gráfico - Percentual de artigos com relação aos anos de publicação.....	30
Figura 5: Gráfico - Principais assuntos discutidos nos artigos.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração de lodo nas estações de tratamento de esgotos de Volta Redonda.....	16
Tabela 2: Concentração máxima permitida dos elementos presentes no lodo de esgoto.	17
Tabela 3: Tipos de Tratamento do lodo de esgoto.....	18
Tabela 4: Ensaio e aplicações de tratamentos do lodo de esgoto no Brasil.....	23
Tabela 5: Artigos sobre agricultura/reflorestamento.....	31
Tabela 6: Artigo sobre cerâmica.....	51
Tabela 7: Artigos sobre a produção de biogás.....	51
Tabela 8: Artigos sobre caracterização do lodo e sua toxicidade.....	52
Tabela 9: Artigos sobre áreas degradadas.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

As: Arsênio

CAESB: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

Cd: Cádmio

CO: Composto orgânico

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTC: Capacidade de Troca de Cátions

Cu: Cobre

Cr: Cromo

EAP: Estabilização alcalina prolongada

ETA: Estação de Tratamento de Água

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

Fe: Ferro

Hg: Mercúrio

LAF: Lagoa Aerada Facultativa

LE: Lodo de esgoto

Mn: Manganês

Mo: Molibdênio

N: Nitrogênio

Ni: Níquel

NKT: Nitrogênio Kjeldahl total

P: Fósforo

Pb: Chumbo

pH: Potencial Hidrogeniônico

PMGIRS: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico

SAAE: Sistema Autônomo de Água e Esgoto

SAMAE: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Timbó

Se: Selênio

TAE: Tanque de Acidificação e Equalização

UASB: *Upflow anaerobic sludge blanket digestion*

UGL: Unidade de Gerenciamento de Lodo

Zn: Zinco

RESUMO

Proveniente do tratamento das águas residuais, o lodo de esgoto urbano tem como destinação mais comum os aterros sanitários, disposição essa, que perpassa algumas dificuldades ambientais, sociais e econômicas. É concludente que o gerenciamento adequado do lodo é essencial para potencializar seus efeitos benéficos e minorar seus efeitos adversos. Esse resíduo, denominado biossólido, após tratamento e estabilização, pode ser utilizado como componente de substrato para produção vegetal, por exemplo. A reciclagem do lodo é vantajosa porque diminui o uso dos aterros sanitários, estes que são finitos, e a reciclagem agrícola pode ser usada infinitamente, desde que sejam respeitadas as legislações e feitos os devidos tratamentos. Há os seguintes tratamentos de lodo de esgoto: digestão aeróbia, secagem em leitos, digestão anaeróbia, compostagem, estabilização com cal, compostagem confinada, secagem térmica direta ou indireta, tratamento térmico, processos de irradiação com raios beta, digestão aeróbia termofílica e processos de pasteurização. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico, através da metodologia de revisão sistemática, acerca dos tratamentos e cenário das aplicações do lodo de esgoto no Brasil, em especial à reciclagem agrícola. No quadro comparativo, tabulado a partir da base de dados, obtiveram-se mais resultados positivos do que negativos. Os resultados positivos foram em maioria o benefício ao solo e os negativos em relação às estações de tratamento de esgoto que não gerenciam corretamente o lodo. Com o levantamento bibliográfico foram destacados diversos tratamentos do lodo de esgoto realizado em diversas cidades do Brasil, bem como, foi possível demonstrar os principais cenários de aplicações do lodo de esgoto como na produção de cerâmica, no reflorestamento, na produção de energia, em recuperação de áreas degradadas e especialmente na reciclagem agrícola que tem sido a destinação mais utilizada no Brasil.

Palavras-chave: Tratamentos; Biossólido; Destinação; Aproveitamento agrícola; Reflorestamento.

ABSTRACT

Generated from treatment of wastewater, urban sewage sludge has the most common destination for sanitary landfills, a provision that goes through environmental, social and economic difficulties. It is conclusive that proper management of the sludge is essential to potentiate its beneficial effects and to mitigate its adverse effects. This residue, called biosolid, after treatment and stabilization, can be used as a substrate component for vegetable production, for example. The recycling of sludge is advantageous because it reduces the use of landfills, which are finite, and agricultural recycling can be used endlessly, provided that legislation is respected and proper treatment is given. There are the following treatments of sewage sludge: aerobic digestion, bed drying, anaerobic digestion, composting, lime stabilization, confined composting, direct or indirect thermal drying, heat treatment, beta irradiation, thermophilic aerobic digestion and pasteurization. The objective of this work was to carry out a bibliographical survey, through the methodology of a systematic review, about the treatments and scenario of sewage sludge applications in Brazil, especially to agricultural recycling. In the comparative table, tabulated from the database, we obtained more positive than negative results. The positive results were in the majority the benefit to the ground and the negative ones in relation to the sewage treatment stations that do not manage the sludge correctly. With the bibliographical survey, several treatments of sewage sludge were carried out in several cities of Brazil, as well as, it was possible to demonstrate the main scenarios of sewage sludge applications such as the production of ceramics, reforestation, energy production, recovery of degraded areas and especially in the agricultural recycling that has been the most used destination in Brazil.

Keywords: Treatments; Biosolids; Destination; Agricultural use; Reforestation.

1 INTRODUÇÃO

Conforme Super Bac (2016), após o tratamento de esgoto é gerado rico em matéria orgânica chamado lodo de esgoto que é dividido em lodo primário que é o lodo bruto formado por sólidos sedimentáveis, e também se tem o lodo secundário que é formado por micro-organismos (biomassa).

A coleta e o tratamento de esgoto no Brasil são serviços básicos que ainda merecem destaque, pois além do tratamento não contemplar nem metade dos efluentes que são gerados nas cidades, o esgoto não tratado é lançado nas bacias hidrográficas, culminando em uma problemática de efeitos drásticos à poluição hídrica.

De acordo com Juliatti (2002), o tratamento do esgoto gera um resíduo designado lodo de esgoto que, a depender de seu tratamento, pode ser destinado a aplicações úteis diversas, como o enriquecimento de alguns nutrientes, em especial o nitrogênio, e fornecimento de matéria orgânica ao solo. Associado a isso, seria possível fornecer uma destinação final mais adequada a este resíduo, o qual representa um dos principais problemas enfrentados pelos grandes centros urbanos (OLIVEIRA & RONDON, 2016). Em definição, o lodo tipicamente doméstico para Rosa et al. (2015) é uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas complexas.

O lodo de esgoto possui características indesejáveis como: odores desagradáveis, presença de microrganismos patogênicos, elementos tóxicos de origem orgânica ou mineral, dificuldade de desidratação e composição muito variável porque depende da origem e como foi feito seu tratamento. Suas principais formas de transformação ou destinação são: o aterramento, a incineração, a aplicação no solo entre outras (BETTIOL & CAMARGO, 2006; NOGUEIRA, 2006; PEDROZA et al., 2006).

Algumas alternativas do tratamento de lodo de esgoto para o uso no solo como fertilizante referem-se à compostagem e a vermicompostagem e representam a reciclagem de nutrientes, da matéria orgânica. E há a possibilidade de aplicação desses processos no campo, pois são processos de biodecomposição da matéria orgânica dependente de oxigênio e de enriquecimento do composto orgânico e formação de bioproduto (CARLESSO et al., 2011). Em Volta Redonda, a coleta e o tratamento de esgoto são responsabilidades de uma autarquia designada Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

A reciclagem do lodo é vantajosa porque diminui o uso dos aterros sanitários, estes que são finitos, e a reciclagem agrícola, por exemplo, pode ser usada

infinitamente, desde que sejam respeitadas as legislações e feitos os devidos tratamentos para que o lodo de esgoto se torne um biossólido para ser utilizado no solo e seja benéfico a este e, assim, servir como fertilizante.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DO TRATAMENTO DO ESGOTO NO BRASIL

Segundo o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Timbó (SAMAE, 2011), no século XX, o saneamento básico era praticamente inexistente, e o lixo e esgotos eram expostos a céu aberto.

Em 1850, a ausência de saneamento básico causou incômodo, pois houve o aumento de cortiços na cidade do Rio de Janeiro. O investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu em 1970 e 1980, quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (LEONETI et al., 2011, p 332).

Em 1971, o governo militar instituiu o Plano Nacional de Saneamento. Em 2007 foi promulgada a lei do saneamento que estabelece diretrizes para o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Já, em 2010, a água e o saneamento passam a serem direitos essenciais para os brasileiros. Em 2013, foi aprovado o Plano Nacional de Saneamento Básico (JUNTOS PELA ÁGUA, 2017a).

Em 2014, um Plano de Saneamento foi elaborado e lançado, e estabelece metas de curto, médio e longo prazo com base em indicadores de água, esgoto, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais e gestão dos serviços de saneamento. Há metas de universalização dos serviços, de diminuição dos índices de desperdício de água, de erradicação de lixões, entre outros (VELASCO, 2017).

De acordo com os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), atualmente, somente 45% do esgoto gerado no Brasil são submetidos a tratamento. Isso quer dizer que os outros 55% são dispostos diretamente na natureza, o correspondente a 5,2 bilhões de metros cúbicos por ano. É observado que o saneamento tem avançado no país nos últimos anos, mas a passos lentos, afinal, quanto à coleta de esgoto, por exemplo, 51,9% da população tinha acesso ao serviço em 2016. Mais de 100 milhões de pessoas utilizavam medidas alternativas para lidar com os dejetos – por fossa ou jogando o esgoto diretamente em rios. Em 2011, o percentual de atendimento era de 48,1% — um avanço de 3,8 pontos percentuais (VELASCO, 2018).

2.2 SERVIÇO DE TRATAMENTO E GERENCIAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE VOLTA REDONDA

Especificamente, em Volta Redonda, no ano de 1967, foi criado o Serviço Autônomo de Água e Esgoto no município, o qual começou a ser operado com o tratamento de água e já em 1986 iniciou o funcionamento da primeira Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Volta Redonda no bairro Santa Cruz. Já em 2015, entrou em funcionamento a maior ETE reconstruída em Volta Redonda, a ETE Ronaldo Gonçalves (SAAE VR, 2018).

O Serviço de Tratamento de Água e Esgoto de Volta Redonda conta com sete ETEs. Que possuem dois sistemas de tratamento, pelos quais essas estações operam: Lodos Ativados de Fluxo Intermitente e RALF (Reator Anaeróbico de Leito Fluidizado) (CARVALHO, 2018).

Em 2015, sucedeu-se a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) pela Prefeitura Municipal de Volta Redonda com o objetivo a regularizar o município quanto às políticas públicas relativas ao suprimento de água potável e manejo adequado das águas pluviais, ao esgotamento sanitário, a coleta e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, em suas diversas tipologias, no território municipal. O abastecimento de água e o esgotamento sanitário em Volta Redonda é responsabilidade do SAAE que a cada ano aprimora a eficácia da prestação de serviços com economia e melhor técnica (VOLTA REDONDA, 2015).

Acerca da destinação final do lodo de esgoto de Volta Redonda, considerando uma massa específica de $1,5 \text{ kg/m}^3$, são gerados, aproximadamente, 1.090 toneladas por ano, ou 91 toneladas por mês de lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (VOLTA REDONDA, 2015). Contempla na Tabela 1, o quantitativo gerado anualmente por ETE, bem como as medidas de tratamento e destinação/disposição do lodo de esgoto no município.

Tabela 1: Geração de lodo nas estações de tratamento de esgotos de Volta Redonda

Identificação da ETE	Capacidade Nominal da Estação (l/s)	Operação Atual (% da capacidade)	Quantitativo Gerado (m ³ /ano)	Forma de Tratamento do Lodo	Destino Final
ETE Padre Josimo (bairro: Padre Jósimo)	15,3	40,5	20	Não há	Aterro Sanitário
ETE Ronaldo Gonçalves (bairro: Santa Cruz)	40	75	432	Leito de secagem	Fertilizante para Plantas Ornamentais
ETE Volta Grande (bairro Volta Grande)	10	93	20	Não há	Aterro Sanitário
ETE Vila Rica I (bairro: Vila Rica I)	12,4	80,6	80,4	Não há	Aterro Sanitário
ETE Vila Rica II (bairro: Vila Rica II)	40	80	159,6	Não há	Aterro Sanitário
ETE Eng. Silvino Streva (bairro: Parque das Garças)	19	52,6	15,6	Leito de secagem	Fertilizante para Plantas Ornamentais
Total			727,6		

Fonte: Volta Redonda (2015, p. 108).

2.3 COMPOSIÇÃO DO LODO DE ESGOTO

A composição média do esgoto aponta para uma mistura de água (99,9%) e sólidos (0,1%), sendo que do total de sólidos, 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras etc) e 30% inorgânicos – areia, sais, metais, etc (MALTA, 2001). Além disso, de acordo com Saito (2007), o lodo, resíduo proveniente do tratamento das águas residuais, tem em maior parte da sua composição excreta humana, metais pesados, resíduos provenientes de produtos de limpeza, de pesticidas, indústrias, poluentes derivados de combustão e seu aspecto depois de seco é como terra preta, possui odor desagradável quando em estado úmido.

Os lodos de esgotos são, de uma maneira geral, fertilizantes nitrogenados. Além do nitrogênio (N), o lodo de esgoto contém fósforo (P) e outros elementos, como ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Alguns metais pesados presentes no lodo de esgoto são: Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmiio (Cd), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Zinco (Zn), e que merecem devida atenção remediadora para o correto uso do resíduo (LOBO, 2013).

A tabela 2 demonstra a composição permitida dos elementos químicos do lodo de esgoto para ser utilizado na agricultura, em concordância com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA):

Tabela 2: Concentração máxima permitida dos elementos presentes no lodo de esgoto

Substâncias Inorgânicas	Concentração Máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmiio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420

Selênio	100
Zinco	2800

Fonte: CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006, p.6).

2.4 MÉTODOS DE TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO

Segundo Pedroza et al. (2010), o tratamento do esgoto inclui as seguintes etapas: (1) redução de umidade (redução de volume) que se chama adensamento, (2) a redução de matéria orgânica (redução de sólidos voláteis) que se chama estabilização, (3) a preparação para a desidratação (principalmente mecânica) que se chama condicionamento, (4) a redução adicional de umidade (redução de volume) que se chama desidratação e (5) a destinação final dos subprodutos que se chama disposição final.

O lodo de esgoto é um resíduo do tratamento de efluentes, que se acumula nos pátios das ETEs, e que pode caracterizar ameaça ao ambiente (QUINTANA, 2009). O lodo de esgoto, denominado como biossólido após tratamento para estabilização, pode ser utilizado como componente de substrato para produção de mudas florestais, consistindo em alternativa sustentável de disposição final deste resíduo, podendo trazer benefícios para os geradores de lodo (CABREIRA et al., 2017). Na tabela 3 dispõem-se alguns dos principais tipos de tratamento.

Tabela 3: Tipos de Tratamento do lodo de esgoto

Tipos de Tratamentos	Descrição do Processo
Digestão aeróbia	Ao ar ou oxigênio, com retenções mínimas de 40 dias a 20°C ou por 60 dias a 15°C.
Secagem em leitos	Leitos de areia ou em bacias, pavimentadas ou não, durante um período mínimo de três meses.
Digestão anaeróbia	Período de 15 dias a 35-55°C ou de 60 dias a 20°C
Compostagem	Por qualquer um dos métodos citados anteriormente, desde que a biomassa atinja uma temperatura mínima de 40°C, durante pelo menos cinco dias, com a ocorrência de um pico de 55°C, ao longo de quatro horas sucessivas durante este período.
Estabilização com cal	Adição de quantidade suficiente para que o pH seja elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de duas horas.
Compostagem confinada	Em leiras aeradas (3 dias a 55°C no mínimo) ou com

	revolvimento das leiras (15 dias a 55°C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias ao longo dos 15 do processo)
Secagem térmica direta ou indireta	Reduz a umidade do lodo de esgoto ou produto derivado a 10% ou menos, devendo a temperatura das partículas de lodo de esgoto ou produto derivado superar 80°C ou a temperatura de bulbo úmido de gás, em contato com o lodo de esgoto ou derivado no momento da descarga do secador, ser superior a 80°C.
Tratamento térmico	Aquecimento do lodo de esgoto ou produto derivado líquido à 180°C, no mínimo, durante um período de 30 minutos.
Processos de irradiação com raios beta	Dosagens mínimas de 1 megarad a 20°C, ou com raios gama na mesma intensidade e temperatura, a partir de isótopos de Cobalto 60 ou Césio 137.
Digestão aeróbia termofílica	Ao ar ou oxigênio, com tempos de residência de 10 dias a temperaturas de 55 a 60°C.
Processos de pasteurização	Manutenção do lodo de esgoto ou produto derivado a uma temperatura mínima de 70°C, por um período de pelo menos 30 minutos.

Fonte: CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006, p.14).

2.5 BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO

O resíduo lodo de esgoto tem algumas dificuldades em sua utilização como: suas composições variadas, o espaço que necessita para trata-lo, o custo dos materiais que precisam ser utilizados para tratar este resíduo, a necessidade de maquinário para revolver as pilhas de compostagem, possuem muitos metais pesados e resíduos tóxicos que cabe devido estudo e atenção. Contudo este resíduo também apresenta benefícios na sua utilização porque tem: aumento da produtividade e diminuição dos custos, pois sua utilização não é cara e diminui o uso dos adubos minerais que possuem preços elevados (CAMARGO, 2010).

Segundo Trigueiro e Guerrini (2003) o lodo de esgoto funciona muito bem como fertilizante sob uma proporção de aproximadamente 40% e isso traz economia no uso de fertilizantes comuns. A aplicação do bio sólido no experimento de Souza et al. (2005) demonstrou incremento de matéria orgânica ao solo o que resultou em maior estabilidade de agregados nos solos. Em pesquisa realizada por Barros (2011) verificou-se que houve aumento nos teores de macronutrientes na parte aérea das plantas e aumento na matéria seca das plantas. Os autores Bettiol e Fernandes (2004) pontuaram, a partir do uso de bio sólido, o aumento na comunidade de fungos do solo, estes que ajudam na decomposição da matéria orgânica do solo. Chiba et al. (2008) perceberam que o lodo de esgoto aumentou a disponibilidade de Zn e Cu no solo. Destaque ao teor de Zn na planta que aumenta e o de Pb que reduz-se com a aplicação de doses de composto de lodo de esgoto (JUNIO et al., 2011).

Os autores Nogueira et al. (2006) e Ricci et al (2010) identificaram que o lodo de esgoto tratado com cal aumenta a alcalinidade do solo e Nogueira et al (2006) observaram que o incremento do lodo no solo aumenta os nutrientes disponíveis para as plantas. Já no artigo de Ricci et al. (2010) a adição do composto de lodo de esgoto aumentou o pH do solo.

Segundo Camargo (2007), ao adicionar lodo no solo, o pH deve ser mantido acima de 5,5 porque assim evita-se que os metais pesados, que são potencialmente tóxicos sejam absorvidos pelas plantas em quantidades que apresentem perigo. À medida que aumenta o tempo de contato do lodo com o solo, diminui o perigo das plantas absorverem os metais pesados em excesso porque estes são fortemente retidos pelos colóides do solo, embora essa afirmativa nem sempre possa ser generalizada.

Segundo Boeira e Ligo (2006), o lodo de esgoto tratado com cal é benéfico aos solos ácidos, pois os torna mais alcalinos e impede que as plantas absorvam os metais pesados e assim tragam riscos.

Os solos ácidos apresentam problemas para a agricultura porque as plantas não se desenvolvem bem nessas condições de acidez (NOBILE et al., 2016). Assim a calagem do lodo de esgoto retira a acidez do solo e assim beneficia as plantas.

Nas figuras de 1 a 3, demonstram-se algumas aplicações de aproveitamento do lodo de esgoto e seus benefícios.

A utilização de esgoto urbano em plantações florestais aumenta a produtividade dos eucaliptos em até 40% e melhora a fertilidade do solo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002). O reflorestamento por não ser uma atividade que envolve produtos para consumo alimentar (Figura 1) e pelo fato de poder ser instalado em áreas distantes de núcleos urbanos, com acesso restrito a pessoas e animais, apresenta grande vantagem em relação às culturas comerciais no tocante ao uso de lodo de esgoto (CAMPOS & ALVES, 2008).



Figura 1: Reflorestamento com tratamento do lodo de esgoto. Fonte: Leone (2013).

O lodo de esgoto tem sido utilizado, largamente, como condicionador e fertilizante para recuperação de áreas de mineração (BEZERRA et al., 2006).

A recuperação de áreas degradadas (Figura 2) é um processo lento e requer a adição de resíduos orgânicos como condicionador das propriedades físicas do solo. O

lodo de esgoto apresenta elevados teores de matéria orgânica (MO) e nutrientes e, portanto, tem alto potencial para utilização nessas áreas (SAMPAIO et al., 2012).



Figura 2: Recuperação de Áreas degradadas com lodo de esgoto. Fonte: Martins (2013).

Por meio da decomposição de material orgânico por microrganismos, o lodo de esgoto é transformado em energia (Figura 3), onde se gera o biogás, normalmente composto por cerca de 60% de gás metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de outros gases que é direcionado a geradores que a partir da combustão desse gás giram motores que produzem energia elétrica (JUNTOS PELA ÁGUA, 2017b). O líquido que sai do biodigestor possui propriedades fertilizantes. Além de água, o líquido efluente, conhecido como biofertilizante, apresenta elementos químicos como nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades e formas químicas que podem ser usados diretamente na adubação de espécies vegetais através de fertirrigação (TRABALLI & MAKIYA, 2009).



Figura 3: Cogeração de energia com lodo de esgoto. Fonte: Grupo Liberal (2016).

2.6 TRATAMENTOS DO LODO DE ESGOTO: ENSAIOS E APLICAÇÕES NO BRASIL

Os problemas ambientais resultantes da geração de resíduos da atividade humana exigem ações que viabilizem o equilíbrio entre consumo e reuso. O lodo de esgoto não é diferente, pois além do grande volume que exigirá cada vez áreas maiores para descarte, existe ainda o problema ambiental que a ausência de tratamento adequado pode causar (GODOY, 2013).

O tratamento do lodo de esgoto foram feitos em muitos lugares e sob técnicas diferentes conforme a tabela a seguir (Tabela 4).

Tabela 4: Ensaio e aplicações de tratamentos do lodo de esgoto no Brasil

Localidade	Tipo de Tratamento	Artigo	Autor, ano
Campina Grande, PB	Calagem e Químico (ácido peracético, ácido acético, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio).	Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho.	Barros et al. (2011)
Campina Grande, PB	Calagem.	Doses crescentes de biossólidos e seus efeitos na produção e componentes do algodoeiro herbáceo.	Pedroza et al. (2005)
Barueri, SP	Sem Tratamento.	Efeito do Lodo de Esgoto na Comunidade Microbiana e Atributos Químicos do Solo.	Bettiol e Fernandes (2004)
Capivari, SP	Sem Tratamento.	Cultivo de cana-de-açúcar em argissolo tratado com lodo de esgoto. II fertilidade do solo e nutrição da planta.	Chiba et al. (2008)

Montes Claros, MG	Desidratação, calagem e químico.	Metais pesados em milho fertilizado com fosfato natural e composto de lodo de esgoto.	Junio et al. (2011)
Maringá, PR	Calagem e Químico (carbonato de magnésio).	Cádmio em latossolo vermelho cultivado com milho em colunas: mobilidade e biodisponibilidade.	Julliaty et al. (2002)
Mogi-Guaçu, SP	Compostagem	Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II- Atributos químicos e revegetação.	Ricci et al. (2010)
Jaboticabal, SP	Sem Tratamento	Bário, Cádmio, Cromo e Chumbo em plantas de milho e em um latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto.	Merlino et al. (2010)
Curitiba, PR	Digestão Anaeróbica	Tratamento anaeróbico de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos helmintos.	Paulino et al. (2001)
São Carlos, SP	Vermicompostagem	Processo de Estabilização de Resíduos Orgânicos: Vermicompostagem Versus Compostagem	Silva et al. (2013)

Fonte: Autora.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar um levantamento bibliográfico, através da metodologia de revisão sistemática, acerca dos tratamentos e cenário das aplicações do lodo de esgoto no Brasil, em especial à reciclagem agrícola.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Apresentar alternativas de uso do biossólido, a fim de contribuir na discussão relacionada à destinação final mais adequada do resíduo para o município de Volta Redonda.

4 METODOLOGIA

Foi realizada uma adaptação da metodologia de Gomes et al. (2009) que foi uma revisão sistemática, esta desenvolve uma busca de artigos nas bases de dados Google Acadêmico, no site da FAPERJ, na biblioteca Scielo, na Base de Dados de Pesquisa Agropecuária, Revista de Periódicos e Repositórios Online de Artigos.

A revisão sistemática é um tipo de revisão que se propõe a responder uma pergunta específica de forma objetiva e imparcial. Para isso utiliza métodos sistemáticos e definidos a priori na identificação e seleção dos estudos, extração dos dados e análise dos resultados (FALAVIGNA, 2018).

A pesquisa se sucedeu pela busca dos seguintes termos: aproveitamento do lodo de esgoto, vermicompostagem, bio sólido, tratamento de lodo esgoto, recuperação de áreas degradadas, reflorestamento, produção de cerâmica, agregados de construção civil, produção de energia utilizando o lodo de esgoto.

Com esses termos foram encontrados aproximadamente 22000 resultados. Entre esses, foram selecionados os estudos que atendessem os seguintes critérios de inclusão: lodo de esgoto, solo, vermicompostagem, compostagem, produção de cerâmica, produção de energia e recuperação de áreas degradadas publicados no período de 1993 a 2018. Seguindo esse princípio, dessa amostra, 70 artigos de relevância foram selecionados para serem analisados.

Os artigos selecionados foram submetidos a uma primeira leitura, para que houvesse uma compreensão ampla dos estudos, sendo que o último acesso ocorreu em outubro de 2018.

Posteriormente, a análise qualitativa foi registrada para discussão através de um quadro comparativo contendo: o nome do autor do estudo, o ano de publicação, método utilizado, o foco central da discussão e os resultados do estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo se apresenta no gráfico 1, a amostra dos 70 artigos com as devidas porcentagens sob seus respectivos anos de publicação.

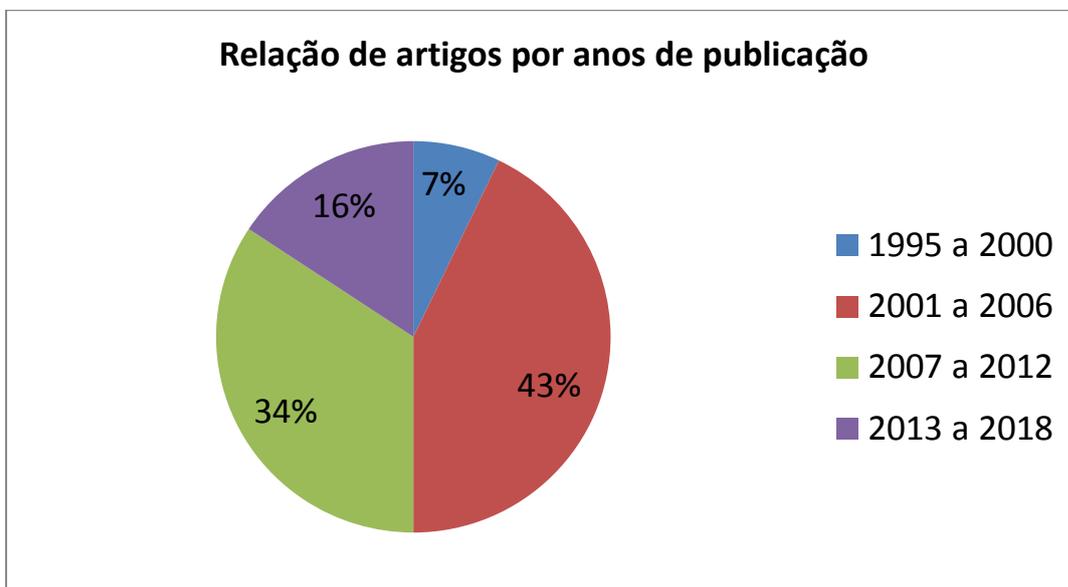


Gráfico 1: Percentual de artigos com relação aos anos de publicação

O gráfico 2 demonstra os principais assuntos discutidos nos artigos selecionados.

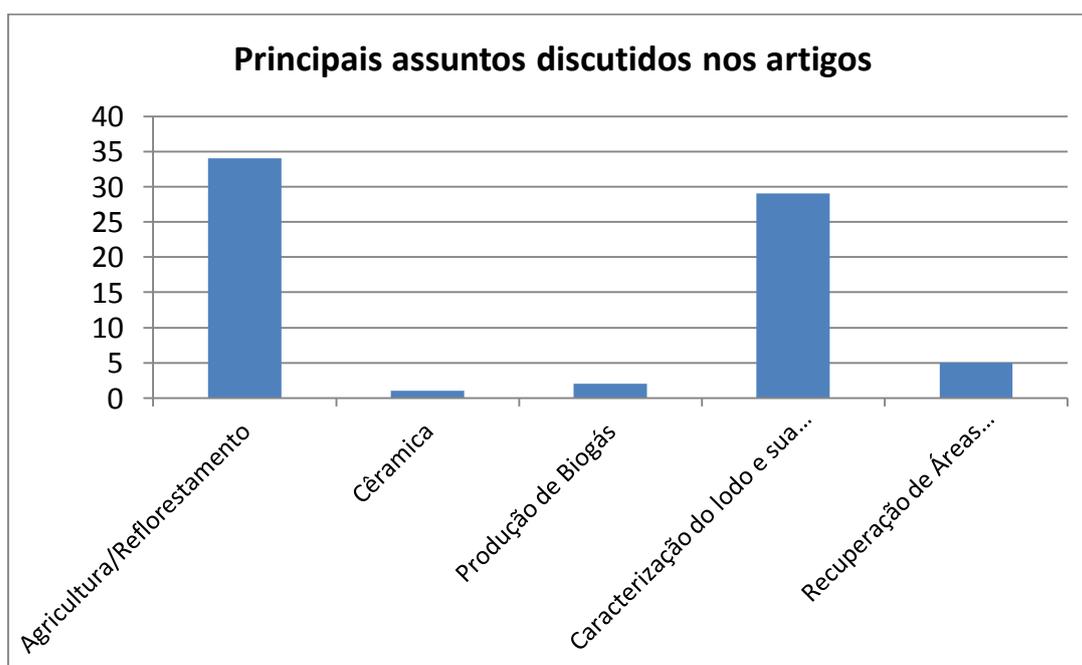


Gráfico 2: Principais assuntos discutidos nos artigos.

A seguir apresentam-se as tabelas categorizadas por foco/assunto de discussão (Tabelas 5 a 9) que foram relacionadas de acordo com seus respectivos anos de publicações. De acordo com o obtido pela análise dos artigos levantados no presente estudo que permeiam as aplicações e o aproveitamento do lodo de esgoto, bem como seu tratamento e vantagens para o meio ambiente e a sociedade.

Tabela 5: Artigos sobre agricultura/reflorestamento.

AUTOR DO ESTUDO	MÉTODO UTILIZADO	FOCO CENTRAL DA DISCUSSÃO	RESULTADOS DO ESTUDO
Oliveira et al. (1995)	Os tratamentos foram agrupados em esquema fatorial (4 x 2) e dois tratamentos adicionais, ou seja, quatro doses de lodo de esgoto (equivalentes a 0, 5, 10 e 20 t/ha), dois níveis de complementação, mais dois tratamentos adicionais, envolvendo 5 t/ha de lodo de esgoto + N e 5 t/ha de lodo de esgoto + K.	Avaliar os efeitos da aplicação de doses de lodo de esgoto (equivalentes a 0, 5, 10 e 20 t/ha), complementadas ou não com nitrogênio e/ou potássio, sobre parâmetros de fertilidade do solo, absorção de macronutrientes e produção de matéria seca por plantas de sorgo granífero (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench.) cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro.	Aumento das doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo exerceu efeitos significativos no sentido de aumentar a produção de matéria seca.
Marciano et al. (2001)	Os tratamentos foram: tr1 - adubação mineral + calagem; tr2, tr3; tr4 e tr5 - doses de lodo de esgoto (respectivamente, 0; 33; 66 e 99 Mg ha ⁻¹ , no primeiro ano, e 0; 37; 74 e 112 Mg ha ⁻¹ , no segundo ano, com base no material	Estudar o efeito da incorporação de lodo de esgoto e de composto de lixo sobre a condutividade hidráulica do solo saturado e não saturado, determinada <i>in situ</i> , utilizando o infiltrômetro de tensão em um experimento realizado,	No segundo ano, a condutividade hidráulica do solo saturado aumentou com as doses dos resíduos, linearmente, para o lodo de esgoto, e de forma quadrática, para o composto de lixo.

	seco); tr6, tr7; tr8 e tr9 - doses de composto de lixo (respectivamente, 0; 20; 40 e 60 Mg ha ⁻¹ , no primeiro ano, e 0; 24; 48 e 72 Mg ha ⁻¹ , no segundo ano, com base no material seco).	por dois anos sucessivos, em área cultivada com cana-de-açúcar.	
Oliveira et al. (2002)	O experimento foi realizado nos anos agrícolas 1996/97 e 1997/98: no primeiro ano, além dos tratamentos calagem + adubação mineral e testemunha, foram aplicadas em área total doses equivalentes a 33, 66 e 99 Mg ha ⁻¹ (base seca) de lodo de esgoto. Em 1997/98, o lodo foi reaplicado em doses equivalentes a 37, 74 e 110 Mg ha ⁻¹ (base seca).	Avaliar os efeitos de duas aplicações sucessivas de doses crescentes de lodo de esgoto sobre os teores de carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e capacidade de troca de cátions (CTC) de um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar.	As aplicações de lodo de esgoto promoveram, em ambos os anos agrícolas, aumentos imediatos nos teores de C-orgânico, condutividade elétrica e pH do solo.
Augusto et al. (2003)	Este experimento foi realizado em casa de vegetação, no Viveiro Florestal do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas em Botucatu, SP, utilizando os efluentes líquidos resultantes do tratamento	Aproveitamento da água residuária proveniente de um sistema biológico de tratamento de esgotos domésticos como alternativa à fertirrigação convencional de viveiros florestais, visando a produção de mudas de <i>Croton floribundus</i> (capixingui) e	O crescimento das plantas, em geral, foi superior no tratamento convencional com adubos minerais. O desenvolvimento do sistema radicular foi favorecido no tratamento com água residuária, o que pode ser

	<p>biológico de esgoto da Comunidade Olaria, da Fazenda Experimental Lageado.</p>	<p><i>Copaifera langsdorffii</i> (Copaíba) via subirrigação.</p>	<p>característica desejável para maior sobrevivência das mudas no campo. Os resultados mostraram que a água residuária pode ser utilizada na fertirrigação de viveiros para produção das espécies estudadas, pois todas as plantas se mostraram vigorosas, com bom desenvolvimento, sem mortalidade, deficiência ou toxidez.</p>
<p>Simonete et al. (2003)</p>	<p>O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos foram dispostos em fatorial 6x2x2, com quatro repetições. Ao solo (3 kg), contido em vasos, adicionaram-se doses de lodo equivalentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50 Mg ha⁻¹ (base seca). Após incubação por 30 dias, retiraram-se amostras de solo para análise, realizaram-se</p>	<p>Avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto nas propriedades químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, e na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em plantas de milho.</p>	<p>A aplicação de lodo elevou os teores de MO, P, K, Ca, Mg, SO₄²⁻, Al e H+Al do solo e o acúmulo de macronutrientes e a produção de matéria seca do milho aumentaram com a aplicação de lodo de esgoto</p>

	complementações minerais com P (0 e 100 mg kg ⁻¹) e K (0 e 100 mg kg ⁻¹) e cultivaram-se cinco plantas por vaso durante 50 dias.		
Trigueiro e Guerrini (2003)	O lodo utilizado é um produto de digestão anaeróbica da cidade de Franca. Trabalhou-se com proporções dos componentes biossólido e casca de arroz carbonizada.	Avaliar a viabilidade do uso de biossólido para produção de mudas de eucalipto.	Em geral as mudas de eucalipto tiveram maior desenvolvimento na altura do que no diâmetro.
Vieira e Cardoso (2003)	Os tratamentos constituíram-se de parcelas não fertilizadas, parcelas com adubação nitrogenada (NM), parcelas com dose de lodo de esgoto calculada para fornecer à cultura o mesmo teor de N do tratamento NM (1N) e parcelas com duas, quatro e oito vezes a dose de lodo de esgoto do tratamento 1N.	Avaliar a mineralização e a imobilização do N em solo cultivado com milho, no período da seca e das águas, após suplementação com doses crescentes de lodo de esgoto.	No ensaio realizado no período de seca, as quantidades de N mineral encontradas no solo aumentaram com as doses de lodo de esgoto aplicadas e foram bem maiores que as obtidas nos tratamentos controle e no tratamento com fertilização nitrogenada.
Galdos et al. (2004)	As doses de lodo foram definidas com base em sua análise química e na necessidade de N da cultura, sendo a dose	Determinar alterações em atributos químicos do solo, especialmente nos teores disponíveis de P, Cu, Ni e Zn em solo cultivado com	Produção do milho foi maior nos tratamentos com aplicação do lodo. A aplicação do lodo aumentou as frações

	<p>testemunha L0, sem aplicação de lodo e com adubação química, a dose L1 aquela recomendada e a dose L2 o dobro da recomendada. A primeira aplicação designada L0, L1 e L2, respectivamente 0; 10,8 e 21,6 Mg de massa seca de lodo por hectare. O cálculo da dose aplicada no segundo ano incluiu a taxa de 10% de decaimento do lodo (efeito residual) aplicado no primeiro ano e, assim, as doses L0, L1 e L2, no segundo ano, foram respectivamente: 0; 10,2 e 20,5 Mg de massa seca de lodo por hectare. O lodo foi incorporado ao solo a uma profundidade de 0,10 m, com enxadão.</p>	<p>milho.</p>	<p>lábeis e moderadamente lábeis do P na camada superficial.</p>
<p>Andrade et al. (2005)</p>	<p>Foi aplicado o bio-sólido digerido anaeróbico, com umidade original, sobre a superfície do solo, nas entrelinhas da cultura e sem posterior incorporação. Cinco tratamentos foram avaliados: (a) controle; (b)</p>	<p>Determinar o efeito da aplicação de doses de um bio-sólido alcalino nos estoques de C e N, bem como na qualidade da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico cultivado com eucalipto,</p>	<p>A qualidade da matéria orgânica foi afetada somente na camada de 0–5 cm do solo, no tratamento que recebeu a maior dose de bio-sólido (40 t ha⁻¹) e na fertilização mineral, e caracterizou-se pelo</p>

	fertilização mineral com N, P, K, B e Zn (c) 10 t ha ⁻¹ de biossólido + K (10 t ha ⁻¹ + K); (d) 20 t ha ⁻¹ de biossólido + K (20 t ha ⁻¹ + K); e (e) 40 t ha ⁻¹ de biossólido + K (40 t ha ⁻¹ + K).	após cinco anos da aplicação do resíduo.	aumento da participação de lignina no total de MO do solo.
Lopes et al. (2005)	O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e os tratamentos: solo sem adubação (testemunha) e solo+lodo de esgoto em doses crescentes de 33,3; 66,6; 99,9 e 133,2 g dm ⁻³ em base seca. As plantas foram cultivadas, individualmente, em vasos contendo 6 dm ³ de substrato.	Avaliar a produção de alface em solo tratado com diferentes doses de lodo de esgoto como fonte de matéria orgânica.	Lodo de esgoto com as características daquele empregado neste experimento, com o pH corrigido para a faixa ideal e com saturação de bases para 70%, pode ser utilizado como fertilizante agrícola para o cultivo da alface.
Martins et al. (2005)	Foram definidos os diferentes tratamentos. Tratamento 1: talhões B2, B3, B4 e B5, sem aplicação de lodo de esgoto; tratamento 2: talhões C5 e C6, 9,0 T ha ⁻¹ de LE (1998), 4,8 t ha ⁻¹ (1999), 11,8 t ha ⁻¹ (2000) e 4,2 t ha ⁻¹ (2002); tratamento 3: talhões D5 e	Avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto em plantação comercial de café, sobre a qualidade de bebida, avaliada pela atividade da enzima polifenoloxidase e por análise sensorial.	A aplicação de lodo de esgoto não afetou a qualidade da bebida nas condições deste experimento.

	<p>D6, 9,0 t ha⁻¹ de LE (1998), 4,8 t ha⁻¹ (1999), 11,8 t ha⁻¹ (2000) e 4,2 t ha⁻¹ (2002); tratamento 4: talhões E1 e E2, 9,0 t ha⁻¹ de LE (1998) e 4,2 t ha⁻¹ (2002); tratamento 5: talhões E3 e E4, 9,0 t ha⁻¹ de LE (1998), 4,8 t ha⁻¹ (1999) e 4,2 t ha⁻¹ (2002); tratamento 6: talhões H1, H2, H3, H4 e H5, 22,4 t ha⁻¹ (1999).</p>		
Vega et al. (2005)	<p>As doses de lodo de esgoto fresco (79,7 % de umidade) utilizadas foram de 0, 38, 76 e 152 t ha⁻¹, equivalentes a 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de N. Os tratamentos foram aplicados no sulco de plantio, adicionando-se 15 g por planta de KCl como fonte de K.</p>	<p>Avaliar por meio de métodos complementares, o desenvolvimento do sistema radicular de pupunheiras, com doze meses de idade, em campo, considerando quatro doses de lodo de esgoto, aplicadas no sulco de plantio durante a instalação do experimento.</p>	<p>Percebeu-se aumento da biomassa radicular, quando aumentada a dose de lodo de esgoto, existindo uma relação direta daquela com o crescimento da parte aérea da planta. Doses elevadas de lodo de esgoto contribuíram para aprofundar o sistema radicular da pupunheira, proporcionaram maiores quantidades de raízes absorventes em relação às raízes totais e reduziram a densidade do solo.</p>
Vieira et al.	Os tratamentos	Verificar o efeito direto e	Os teores de P no solo,

(2005)	constituíram-se da ausência de adubação química ou lodo de esgoto (testemunha); adubação química completa (AQ); soja com inoculação mais dose zero de lodo de esgoto (I + L0); soja com inoculação mais 1,5 t ha ⁻¹ de lodo de esgoto (I + L1); soja com inoculação mais 3 t ha ⁻¹ de lodo de esgoto (I + L2); soja com inoculação mais 6 t ha ⁻¹ de lodo de esgoto (I + L3) e soja com inoculação mais adubação química (I + AQ), exceto a nitrogenada.	residual da adubação com lodo de esgoto, como fonte de P, na produtividade da soja, na qualidade dos grãos para consumo humano e no potencial de lixiviação do nitrato.	no primeiro ano de cultivo, na primeira avaliação, foram maiores nos tratamentos com lodo.
Almeida et al. (2006)	O lodo coletado foi submetido aos processos de redução de patógenos: testemunha (nenhum tratamento); químico (mistura com cal virgem); e térmico (calor úmido em autoclave vertical). No processo químico, o lodo de esgoto foi colocado no interior de balde plástico com capacidade de 20 dm ³ , ao qual foi adicionada cal virgem na	Avaliar o potencial de processo térmico (através do aquecimento do lodo) e químico (através da adição de cal virgem ao lodo) visando à redução de patógenos presentes no lodo de esgoto, para possibilitar a sua reciclagem agrícola.	Verificou-se que tanto o processo químico quanto o térmico foram eficientes em reduzir as populações de patógenos, possibilitando o uso agrícola do lodo de esgoto.

	<p>dose de 25% do peso seco. Após adição da cal, o material permaneceu sob incubação por 60 dias, no interior de casa de vegetação, quando uma alíquota foi coletada para análise de patógenos. No processo térmico, o lodo foi colocado em uma lata com capacidade para 20 dm³, fechada com papel alumínio e colocada no interior de autoclave vertical. A temperatura aplicada foi de 121°C, a pressão foi de 1,05 kg cm⁻². O período de tratamento foi de duas horas, após o que a autoclave foi desligada. O lodo foi então removido e transferido para saco plástico, lacrado e armazenado em local fresco e seco.</p>		
Camilotti et al. (2006)	<p>Os tratamentos consistiram em duas doses de lodo de esgoto e duas doses de vinhaça, sendo os resíduos aplicados separadamente ou em conjunto. O lodo de esgoto foi aplicado anualmente para fornecer</p>	<p>Avaliar se a aplicação anual de lodo de esgoto e vinhaça, resíduos empregados com a finalidade exclusiva de fornecer a quantidade necessária de N e K para cana-de-açúcar, causaria alteração em alguns</p>	<p>Os atributos físicos não foram alterados em função da adição de lodo de esgoto e vinhaça somente porque não houve incremento de matéria orgânica do solo.</p>

	100% ou 200% de todo N requerido pela cana-de-açúcar, ou seja, 100 ou 200 kg ha ⁻¹ de N, respectivamente.	atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico argiloso, após as colheitas do 3º e 4º cortes da cultura.	
Guedes et al. (2006)	As mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> foram plantadas em fevereiro de 1999, 40 dias após incorporação do biossólido ao solo, e o ensaio foi realizado durante doze meses após o plantio.	Avaliar se a aplicação de biossólido melhora a fertilidade do solo e o estado nutricional de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> .	O biossólido influenciou mais a acidez do que outros atributos químicos do solo. O biossólido alcalino diminui a acidez do solo e melhora sua fertilidade, aumentando a disponibilidade da maioria dos nutrientes.
Lemainski e Silva (2006)	O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas de 9,0 x 7,0 m (área útil de 14,4 m ²), dispostas em arranjo de nove tratamentos, sendo quatro com doses crescentes de biossólido úmido e quatro com fertilizante mineral misto (em quantidades de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O equivalentes às do biossólido aplicado).	Avaliar a resposta do milho à aplicação de biossólido úmido (teor de água 900 g kg ⁻¹) nas doses de 0, 7,5 15, 30 e 45 t ha ⁻¹ em comparação a fertilizante mineral aplicado em quantidades equivalentes de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O.	O biossólido foi, em média, 21 % mais eficiente do que o fertilizante mineral. Os resultados revelam a oportunidade de aproveitamento do biossólido da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, como fertilizante na produção de milho.
Pedroza et al. (2006)	Para a eliminação dos patógenos e maus odores foi feita a calagem do lodo digerido com a cal virgem	Destinação final do lodo de esgoto por meio de reciclagem agrícola.	Verificou-se efeito significativo das doses de biossólido sobre as variáveis relacionadas à

	<p>(óxido de cálcio - CaO), à 50% da matéria seca (sólidos totais). A calagem foi realizada em vasos plásticos de polietileno, com capacidade para 8 dm³, contendo 2 dm³ de lodo de esgoto. A aplicação das doses da cal foi feita na superfície do lodo e, com auxílio de uma espátula, produziu-se uma mistura homogênea.</p>		<p>qualidade física de fibra de algodão herbáceo.</p>
<p>Barreiros et al. (2007)</p>	<p>O biossólido foi aplicado com sua umidade original (60%) quatro meses após o plantio das mudas, em faixas de 2 m, sobre a superfície do solo e sem incorporação, a 0,5 m de cada lado da linha de plantio do eucalipto.</p>	<p>Avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto tratado na produtividade e nos atributos físicos e químicos da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i>.</p>	<p>O lodo de esgoto diminuiu a densidade básica da madeira.</p>
<p>Bovi et al. (2007)</p>	<p>O lodo de esgoto foi aplicado em duas fases distintas: primeiramente na implantação da cultura, durante a operação de plantio (aplicação incorporada), com efeitos avaliados até os 16 meses da aplicação; e posteriormente na manutenção do cultivo</p>	<p>Avaliar, durante um período de 40 meses, os efeitos de quatro doses de lodo de esgoto, aplicadas primeiramente no sulco de plantio e posteriormente em superfície ou incorporadas nas entrelinhas, sobre caracteres relacionados à precocidade de colheita e à produtividade da</p>	<p>O uso de lodo de esgoto no sulco de plantio antecipou a primeira colheita de palmito em mais de três meses, quando comparadas dose máxima e testemunha.</p>

	(aplicação incorporada e em superfície), com efeitos avaliados do 17° ao 40° mês do início do experimento.	pupunheira, em cultivo visando à produção de palmito.	
Júnior et al. (2007)	Utilizou-se de esquema fatorial 3x2x2+1, ou seja, três tipos de resíduos (lodo de esgoto + KCl; vinhaça + ureia, e lodo de esgoto + vinhaça); dois modos de aplicação (na linha de plantio ou em área total); duas doses (100 e 200% do N e K necessários à cultura) e um tratamento adicional com adubação mineral, sendo os tratamentos distribuídos na área em blocos ao acaso, com três repetições.	Comparar o efeito do lodo de esgoto + KCl e da vinhaça + ureia na produtividade agrícola e em variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> spp.) cultivada por dois anos consecutivos (cana-planta e cana-soca).	As produtividades de colmo e de açúcar para cana-planta são mantidas quando o N e o K são fornecidos pelo lodo de esgoto e vinhaça, respectivamente. A cana-soca apresentou maior produtividade de colmo e de açúcar quando foram utilizados os resíduos separadamente, complementados com fontes minerais.
Chiba et al. (2008)	O experimento foi instalado em um Argissolo Vermelho distrófico cultivado com a variedade RB855536. Os tratamentos testados foram oito: (a) Controle; (b) Fertilização Mineral (120 kg ha ⁻¹ N + 150 kg ha ⁻¹ K ₂ O); (c) LE + 0N, incorporado no solo após a aplicação (ISA); (d) LE + 0N, incorporado no	Estudar o efeito da aplicação de lodo de esgoto em alguns atributos químicos de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar por dois anos.	A aplicação do lodo causou incrementos nos teores de C do solo, sendo aqueles verificados no segundo ano maiores que os do primeiro. A incorporação do LE 60 dias após sua aplicação resultou nos maiores teores de C, provavelmente em função da desidratação

	<p>solo 60 dias após a aplicação (IS60A); (e) LE + 60 kg ha⁻¹ N (ISA); (f) LE + 60 kg ha⁻¹ N (IS60A); (g) LE + 120 kg ha⁻¹ N (ISA); e (h) LE + 120 kg ha⁻¹ N (IS60A).</p>		<p>do resíduo e do menor contato deste com as partículas do solo. Os demais atributos avaliados (pH, P, K, Ca e Mg) não foram alterados com a aplicação do resíduo.</p>
<p>Lira et al. (2008)</p>	<p>O biossólido foi aplicado a lanço, em cobertura, entre as linhas de plantio (faixa de 2 metros), deixando, aproximadamente, meio metro de distância das mudas.</p>	<p>Avaliar como o lodo de esgoto (biossólido) altera os estoques de C e N em plantação de eucalipto.</p>	<p>A aplicação de biossólido incrementa o desenvolvimento de árvores de <i>Eucalyptus grandis</i> e propicia aumentos no acúmulo de biomassa epígea, assim como nos estoques de C e N nessa biomassa aérea das árvores, sendo que os troncos respondem pela maior parte do aumento do estoque na vegetação.</p>
<p>Trannin et al. (2008)</p>	<p>Foram aplicados os seguintes tratamentos: controle, sem adubação; adubação mineral (400 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-16 + Zn no sulco de semeadura e cobertura aos 30 dias com 80 kg de K₂O ha⁻¹ como KCl e aos 30 e 60 dias com 80 e 55 kg ha⁻¹ de N como ureia) e doses de 6; 12; 18 e 24 Mg ha⁻¹</p>	<p>Avaliar os efeitos da aplicação, durante dois anos consecutivos, de doses crescentes do biossólido gerado por uma unidade industrial de fibras e resinas PET (polietileno tereftalato) e da adubação mineral completa no cultivo de milho sobre atributos químicos e físicos de um Cambissolo distrófico,</p>	<p>Aplicação do biossólido aumentou a estabilidade de agregados, a porosidade total e a microporosidade e reduziu a densidade do solo. O biossólido melhorou a fertilidade e a estrutura do solo</p>

	de biossólido.	mantido sob vegetação de <i>Brachiaria</i> sp.	
Araujo et al. (2009)	As sementes de braquiária (valor cultural 80%) foram semeadas nos vasos, após três dias da incorporação do lodo e adubação mineral no solo, permanecendo, após desbaste, um total de três plantas em cada vaso.	Avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto classe A e da adubação mineral nitrogenada em um argissolo, sobre a fertilidade do solo, a atividade microbiana, o rendimento de matéria seca e o fornecimento de nutrientes à cultura da braquiária.	As doses de lodo avaliadas estimulam a atividade enzimática (desidrogenase) no solo. Somente a maior dose de lodo avaliada (80 mg de N dm ⁻³ de solo), equivalente a quatro vezes a exigência de N, proporcionou aumento na produção de biomassa seca e teores foliares de N de <i>Brachiaria decumbens</i> .
Backes et al. (2009)	Foi montado um experimento em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, constituído de cinco doses de lodo (0, 4, 8, 16 e 32 Mg ha ⁻¹) e a adição ou não de nitrogênio (15 kg ha ⁻¹), com cinco repetições. A unidade experimental foi constituída de vasos plásticos com capacidade de 3,5 dm ³ de solo. Aos 50 dias após a emergência avaliou-se a altura de	Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de lodo de esgoto, com e sem a adição de nitrogênio, no desenvolvimento inicial de plantas de mamoneira.	As doses de LE promoveram aumento na altura de plantas e massa de matéria seca da mamoneira. A concentração de N, K, Mg e S e também dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta também sofreram um efeito positivo das doses de LE.

	plantas, fito massa seca da parte aérea, concentração de nutrientes na parte aérea, condutividade elétrica do solo e análise química do solo.		
Bittencourt et al. (2009)	O tratamento do lodo de esgoto inicia pelo desaguamento, realizado por meio de prensas, centrífugas ou leitos de secagem. Utiliza-se o processo de estabilização alcalina prolongada para higienização, o qual consiste na adição de cal e armazenamento mínimo de 30 dias, período em que o pH é mantido acima de 12. Utilizam-se misturas de cal virgem em dosagens de 30 a 50% em relação aos sólidos totais de lodo.	Apresentar a experiência da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar na destinação agrícola do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto da Região Metropolitana de Curitiba, no ano de 2007, período de adequação às determinações da Resolução CONAMA 375/06 e da Resolução da Secretaria do Meio Ambiente – PR 001/07.	Aumento da demanda pelo produto e de aceitabilidade dos agricultores. Um dos fatores que demonstraram que o lodo de esgoto tornou-se uma alternativa eficaz na agricultura foi o aumento do número de agricultores que solicitaram o produto. Para o primeiro semestre de 2008, houve uma demanda de 40 agricultores para aplicação de lodo em 1.785 ha, resultando numa estimativa de 53.550 toneladas de lodo (umidade média de 64%).
Barros et al. (2011)	O lodo de esgoto foi tratado com cal, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido acético e peracético.	Avaliar a aplicação de biossólidos, tratados quimicamente, em um Latossolo Vermelho distrófico, na produção de	A maior produção de matéria seca foi observada no tratamento com ácido peracético e a menor no tratamento com

	<p>Nos bioossólidos tratados com os ácidos orgânicos fez-se a neutralização com cal. Os bioossólidos foram aplicados em vasos, na dose de 50 t ha⁻¹, cultivado com milho pelo período de 55 dias, quando foram determinadas a produção de matéria seca e concentração de nutrientes na parte aérea das plantas.</p>	<p>matéria seca e na absorção de nutrientes pela cultura de milho.</p>	<p>cal. A aplicação de bioossólido aumentou os teores dos macronutrientes na parte aérea das plantas. Os teores de Zn, Cu, Mn, Fe e Pb nas plantas, estiveram abaixo dos limites fitotóxicos. Os bioossólidos mostraram ser uma importante fonte de nutrientes para o desenvolvimento da cultura de milho.</p>
<p>Silva et al. (2011)</p>	<p>Foram montadas três caixas construídas com madeira compensada, não hermética, de 0,70 m de comprimento, 0,70 m de largura e 0,70 m de altura, onde em cada uma foram adicionados 60 L de uma mistura de lodo (com 40% de umidade) e solo nas seguintes proporções: 100% de lodo (A), 75% de lodo e 25% de solo (B) (v/v) e 50% de lodo e 50% de solo (C) (v/v). A inoculação foi realizada com minhocas <i>Eisenia fetida</i>, as caixas foram mantidas em local</p>	<p>Acompanhar o processo de humificação promovido pela vermicompostagem durante 90 dias de experimento, avaliando, também, a possibilidade do produto final (vermicomposto) ser incorporado em solos agrícolas, apresentando-se, assim, como uma ferramenta útil e sustentável para disposição final do LED.</p>	<p>As quantidades de nitrogênio Kjeldahl total (NKT) aumentaram durante o processo de vermicompostagem, sendo todas maiores do que as encontradas no solo in natura. O aumento de NKT intensifica a capacidade fertilizante do vermicomposto, uma vez que nitrogênio é um dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.</p>

	parcialmente aberto e uma cobertura vegetal foi adicionada na superfície do material quando este já havia sido disposto nas caixas, com o intuito de proteger as minhocas da luz.		
Caldeira et al. (2013)	Os tratamentos foram compostos pelas seguintes proporções de lodo de esgoto e vermiculita (v:v): 100:0 (T1), 80:20 (T2), 60:40 (T3), 40:60 (T4), 20:80 (T5) e substrato comercial (T6).	Avaliar a utilização de lodo de esgoto, juntamente com vermiculita, na composição de substratos, para a produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> provenientes de sementes.	Aos 90 dias após a germinação, constatou-se que a utilização de diferentes proporções de lodo de esgoto e vermiculita influenciaram, de maneira positiva, no crescimento das mudas de eucalipto, destacando-se as maiores proporções de vermiculita. O substrato que proporcionou os melhores resultados foi o composto por 20% de lodo de esgoto e 80% de vermiculita.
Delarmelina et al. (2013)	Os tratamentos foram formulados utilizando lodo de esgoto (LE), palha de café <i>in natura</i> (PC <i>in natura</i>), composto orgânico (CO) e o substrato comercial em	Avaliar a melhor proporção entre diferentes componentes orgânicos para a formação de um substrato para mudas de <i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.	Os resultados indicaram que os tratamentos que continham lodo de esgoto e composto orgânico em sua composição, especialmente o tratamento T7 (40% LE

	<p>diferentes proporções. As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade para 120 cm³. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado e constituído de dez tratamentos, com cinco repetições de cinco mudas cada.</p>		<p>+ 60% CO), proporcionaram os melhores resultados para as características morfológicas relacionadas com o crescimento das mudas de <i>Sesbania virgata</i>.</p>
<p>Faria et al. (2013)</p>	<p>Foram utilizados quatro tipos de resíduos: lodo de esgoto (LE), fibra de coco (FC), vermiculita (VERM) e casca de arroz <i>in natura</i> (CA <i>in natura</i>), além de substrato comercial (SC) (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra formulando a partir destes materiais, quatorze composições de substratos vegetais). Os tratamentos foram compostos por diferentes proporções desses resíduos, sendo eles, tratamento 1: 80% LE + 20% FC; tratamento 2: 60% LE + 40% FC; tratamento 3: 40% LE +</p>	<p>Avaliar o crescimento de mudas de <i>Senna alata</i> com uso de diferentes combinações de resíduos, sendo eles: lodo de esgoto, fibra de coco, vermiculita, casca de arroz <i>in natura</i> e substrato comercial.</p>	<p>O lodo de esgoto apresenta boa fertilidade na análise química necessitando apenas da mistura com outros componentes para equilibrar nutrientes e características físicas e para a produção de mudas de <i>S. alata</i> recomenda-se o uso de 80% de lodo de esgoto misturado com 20% fibra de coco.</p>

	<p>60% FC; tratamento 4: 20% LE + 80% FC; tratamento 5: 80% LE + 20% VERM; tratamento 6: 60% LE + 40% VERM; tratamento 7: 40% LE + 60% VERM; tratamento 8: 20% LE + 80% VERM; tratamento 9: 80% LE + 20% CA <i>in natura</i>; tratamento 10: 60% LE + 40% CA <i>in natura</i>; tratamento 11: 40% LE + 60% CA <i>in natura</i>; tratamento 12: 20% LE + 80% CA <i>in natura</i>; tratamento 13: 100% LE; e tratamento 14: 100% SC.</p>		
Rocha et al. (2013)	<p>O lodo, recém-desaguado (com 800 g kg⁻¹ de umidade), foi misturado ao material celulósico (podas de árvores trituradas), na proporção volumétrica de 1:1. A mistura de lodo e material celulósico foi revolvida diariamente, por um período de 21 dias. Após este período, as leiras foram empilhadas em área protegida por mais 30 dias.</p>	<p>Avaliar o uso de composto de lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas clonais de um híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> com <i>E. grandis</i>.</p>	<p>Os resultados de crescimento e nutrição com o uso de substratos contendo composto de lodo de esgoto foram maiores do que com o substrato comercial. A utilização de composto de lodo de esgoto em níveis acima de 40% é favorável ao desenvolvimento das mudas, sendo uma forma viável de destinação deste material.</p>

Costa et al. (2014)	Os tratamentos foram avaliados com aplicação de adubo mineral e de lodo de esgoto (LE). Amostras de solo foram coletadas seguindo uma grade amostral de 69 pontos em cada tratamento, em duas épocas, no início e no final do ciclo da cultura, em uma área experimental com 10% de declividade. No tratamento com adubo mineral houve dependência espacial moderada de P no solo ocorrendo maiores concentrações de P na parte inferior do talhão, causada pela erosão do solo.	Avaliar a distribuição espacial de P em um Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com milho.	O tratamento LE resultou em aumento dos teores de P, de matéria orgânica e da CTC.
---------------------	--	---	--

Fonte: Autora

Tabela 6: Artigo sobre cerâmica.

AUTOR DO ESTUDO	MÉTODO UTILIZADO	FOCO CENTRAL DA DISCUSSÃO	RESULTADOS DO ESTUDO
Areias et al. (2017)	O lodo de ETE foi submetido ao processo de inertização com hidróxido de cálcio, cal hidratada calcítica da Supercal®, 15% em massa, para eliminar microrganismos patogênicos.	Incorporação de resíduo de estação de tratamento de esgoto (ETE) na produção de cerâmica vermelha.	Com base nos resultados obtidos, é possível indicar uma destinação final do lodo de ETE como incorporação em cerâmica vermelha.

Fonte: Autora

Tabela 7: Artigos sobre a produção de biogás.

AUTOR DO ESTUDO	MÉTODO UTILIZADO	FOCO CENTRAL DA DISCUSSÃO	RESULTADOS DO ESTUDO
Campos et al. (2005)	O sistema de tratamento foi constituído por um Tanque de Acidificação e Equalização (TAE), UASB com medidor de biogás (gasômetro) e uma Lagoa Aerada Facultativa (LAF). A alimentação foi realizada em bateladas no TAE, onde o efluente líquido era bombeado para um sistema de aquecimento sendo então introduzido no reator UASB	Avaliar a eficiência na remoção de poluentes orgânicos e a produção de biogás de um sistema de tratamento de efluentes de dejetos de suínos em escala laboratorial (bancada).	O reator UASB apresentou boa eficiência na remoção de demanda química de oxigênio (78%) e demanda bioquímica de oxigênio, DBO ₅ (75%), o que caracterizou uma elevada produção de biogás.

	e finalmente conduzido para polimento na LAF. O biogás acumulado na parte superior do UASB, após passar por um equalizador de pressão, era canalizado e armazenado no gasômetro.		
Pasquini (2014)	Foram utilizados os seguintes lodos: Lodo sanitário (LS) Lodo têxtil 1 (LT) Lodo de frigorífico (LF) Lodo de galvanoplastia (LG), para produção de energia e bio óleo, foram analisados e testados e submetidos a processos de combustão, pirólise e produção de bio óleo.	Estudou a possibilidade de obter produtos de maior valor agregado como vapor ou óleo a partir de lodos domésticos e de processos industriais.	O maior rendimento de óleo foi obtido com lodo de esgoto doméstico (23%), seguido por frigorífico (19%), têxtil (17%) e galvanoplastia (6%). Os resultados indicaram que o lodo de esgoto doméstico, de galvanoplastia, têxtil e de frigorífico apresentaram poder calorífico superior a 16,2 MJ.

Fonte: Autora

Tabela 8: Artigos sobre caracterização do lodo e sua toxicidade.

AUTOR DO ESTUDO	MÉTODO UTILIZADO	FOCO CENTRAL DA DISCUSSÃO	RESULTADOS DO ESTUDO
Fernandes et al. (1993)	As misturas 1 e 2 foram preparadas exclusivamente com bagaço e lodo. As misturas 3, 4 e 5 foram complementadas com ureia para aumentar a	Verificar se a mistura de lodo de esgoto com bagaço de cana	O estado termofílico foi observado na mistura mais equilibrada em

	<p>disponibilidade de nitrogênio. As misturas 4 e 5 receberam farelo de arroz como complemento energético para os micro-organismos.</p>	<p>permite um ciclo de compostagem que atinja a fase termofílica, investigar a evolução das misturas, bem como a composição do fertilizante orgânico obtido e sua possível contaminação por metais pesados.</p>	<p>nitrogênio e substratos energéticos, os níveis de metais pesados são baixos, após 180 dias de maturação os fertilizantes orgânicos apresentam relação C/N entre 12 e 24, facilidade de manuseio, e com 7 a 10% de material húmico solúvel em meio básico.</p>
Almeida et al. (1995)	<p>Ao longo de um ano, foram feitas coletas de amostras de lodo junto à ETE-2 e ETE-3. As amostras de lodo preparadas foram digeridas com água régia. As leituras das concentrações dos metais foram feitas pelo método de espectrometria de absorção atômica. O nitrogênio e o carbono foram determinados pelos respectivos métodos clássicos.</p>	<p>Avaliar o teor de alguns metais e de nutrientes dos lodos de estações de tratamento de esgotos de Maringá.</p>	<p>Os lodos das duas ETEs apresentam teores médios de cobre mais elevados que os apresentados na literatura pertinente. Para aplicação segura de lodos de ETEs, nos solos aráveis, existem metais que são elementos limitantes. Pela avaliação o elemento químico mais limitante é o cobre.</p>

Barcelar et al. (2000)	Utilizaram-se os seguintes tratamentos: sem fertilização, fertilização mineral e fertilização orgânica com lodo de esgoto alcalinizado ($32, 64$ e $96 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), com quatro repetições. As amostras utilizadas nesse estudo foram coletadas em 1998 nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo realizadas as seguintes determinações: Ca, Mg, K e Al trocáveis, H+Al, P disponível, C orgânico, pH em CaCl_2 , CTC da matéria orgânica, da argila e total.	Avaliar o efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométricos do solo.	Os valores de pH aumentaram com a adição de lodo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.
Sharma et al. (2000)	O lodo foi aplicado em setembro de 1995 e após secagem, procedeu com a incorporação com arados de discos.	Estuda o efeito do lodo de esgoto na dinâmica de população de fitonematoídeos, na cultura de milho, na região de Planaltina, Distrito Federal.	O tratamento do solo com lodo de esgoto melhorou o crescimento de milho nas condições de Cerrado.
Juliatti et al. (2002)	Foi aplicada no biossólido uma mistura de $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$, na relação 3:1 (partes), permanecendo incubado por 28 dias, mantendo umidade em 80 % da capacidade de campo.	Avaliar a disponibilidade e a mobilidade Cádmiu no sistema solo-planta, utilizando biossólido contaminado com Cádmiu e Chumbo.	O prévio tratamento do solo e também do biossólido, com carbonatos, pode aumentar a viabilidade do uso do biossólido na agricultura.

Passamani et al. (2002)	O experimento foi realizado em duplicata e disposto em dois blocos. Nestas pilhas foram adicionadas diferentes dosagens (10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 60%) de cal hidratada - $\text{Ca}(\text{OH})^2$ - e de cal virgem - CaO - em relação à massa do lodo seco do reator anaeróbico de fluxo ascendente - <i>Upflow anaerobic sludge blanket digestion</i> (UASB). Amostras simples das pilhas foram coletadas para análise de coliformes fecais e ovos de helmintos. Para a determinação da densidade de coliformes fecais, a coleta foi efetuada com 24, 48, 72, 96 e 120 horas e 30 e 60 dias a fim de verificar se houve recrescimento desses microrganismos.	Avaliar a eficiência de remoção de coliformes fecais e de ovos de helmintos nos efluentes de duas ETEs do tipo UASB-Biofiltro Aerado Submerso, em escala piloto e em escala real, monitorando a fase líquida e a fase sólida do tratamento.	O teor de sólidos totais no lodo parece influenciar o processo de higienização, pois com 25% de sólidos totais foi observado recrescimento de coliformes fecais no quarto dia após à pasteurização. Todas as concentrações foram eficientes na inviabilização dos ovos de helmintos.
Barbosa et al. (2004)	Os tratamentos receberam doses anuais de lodo de esgoto divididos da seguinte forma: testemunha (calagem de 1 t ha^{-1}); 6 t ha^{-1} de lodo calado; 12 t ha^{-1} de lodo calado; 18 t ha^{-1} de lodo calado; 24 t ha^{-1} de lodo calado, e 36 t ha^{-1} de lodo calado. Todos os tratamentos que utilizaram o lodo de esgoto receberam complementação mineral no verão (300 kg ha^{-1}), da formulação (08-18-16).	Avaliar os efeitos de diferentes doses de lodo de esgoto na condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho eutroférico.	A dose de 12 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto aumentou a condutividade hidráulica nos potenciais 0 e -1 kPa, respectivamente

Bettiol e Fernandes (2004)	Os tratamentos estudados foram: testemunha absoluta; fertilização mineral (NPK) recomendada para a cultura de milho; lodo de esgoto obtido na Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri, SP, que trata esgotos doméstico e industrial, com base na concentração de nitrogênio para fornecer a mesma quantidade de N da fertilização mineral; e duas, quatro e oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada. Quando necessário foi realizada complementação com potássio nos tratamentos com lodo de esgoto. O lodo foi distribuído a lanço na área total das parcelas experimentais e incorporado a 20 cm de profundidade com auxílio de enxada rotativa.	Avaliar o efeito da aplicação à longo prazo e continuada do lodo de esgoto sobre o pH, condutividade elétrica do solo e na atividade microbiana, por meio da determinação da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) e nas comunidades de <i>Bacillus</i> , de <i>Pseudomonas</i> fluorescentes e de fungos.	Os efeitos do lodo de esgoto sem tratamento com cálcio sobre o pH e a condutividade elétrica são negativa e positivamente correlacionados com as doses aplicadas, respectivamente. A atividade de hidrólise de diacetato de fluoresceína foi proporcional às doses de lodo de esgoto. O lodo de esgoto aumentou significativamente a comunidade de fungos no solo.
Melo et al. (2004)	Utilizaram-se as seguintes doses acumuladas de matéria seca de biossólido, obtido na ETE da cidade de Barueri, SP, administrada pela SABESP: 0,0; 25,0; 47,5 e 50,0 Mg ha ⁻¹ , aplicadas manualmente na superfície e incorporadas até 0,1 m de profundidade com grade, antes da semeadura do milho.	Avaliar o efeito da aplicação de biossólido nos atributos físicos de Latossolo Vermelho distrófico, textura média (LVd), e Latossolo Vermelho	A aplicação de biossólido aumenta o conteúdo de matéria orgânica e isso beneficia o solo.

		eutroférico argiloso (LVef).	
Pires et al. (2004)	O experimento foi realizado no Município de Campinas, SP, em Latossolo Vermelho distrófico cultivado com café e tratado com lodo de esgoto proveniente da ETE de Jundiaí, SP, em uma única aplicação, em blocos casualizados, nas doses 0, 30, 60 e 120 Mg ha ⁻¹ do material sem secar. Amostras de folhas diagnósticas (3º e 4º par de folhas) foram coletadas sete meses após o plantio.	Avaliar uma solução de ácidos orgânicos rizosféricos como extratora de teores fitodisponíveis de metais pesados presentes em solos tratados com lodo de esgoto.	A solução extratora composta por ácidos orgânicos encontrados na rizosfera é eficiente em avaliar a disponibilidade de metais pesados.
Melo et al. (2004)	Utilizaram-se as seguintes doses acumuladas de matéria seca de biossólido, obtido na ETE da cidade de Barueri, SP, administrada pela SABESP: 0,0; 25,0; 47,5 e 50,0 Mg ha ⁻¹ , aplicadas manualmente na superfície e incorporadas até 0,1 m de profundidade com grade, antes da semeadura do milho.	Avaliar o efeito da aplicação de biossólido nos atributos físicos de Latossolo Vermelho distrófico, textura média (LVd), e Latossolo Vermelho eutroférico argiloso (LVef).	A aplicação de biossólido aumenta o conteúdo de matéria orgânica e isso beneficia o solo.
Souza et al. (2005)	Utilizaram-se as seguintes doses de massa seca de biossólido, obtidos na Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Barueri (SP), administrada pela SABESP: 0,0; 25,0; 47,5 e 50,0 Mg ha ⁻¹	Avaliar o efeito do biossólido na estabilidade de agregados e resistência à	Aplicação de 50 Mg ha ⁻¹ de biossólido de lodo de esgoto aumentou a agregação do solo na

	aplicadas manualmente na superfície e incorporadas até 0,1 m de profundidade com grade, antes da semeadura do milho.	penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura média (LVd) e um Latossolo Vermelho eutroférico argiloso (LVef), em Jaboticabal (SP).	camada de 0,0–0,1 m, onde foi incorporada. A aplicação de biossólido não influenciou sobre a resistência do solo à penetração, tampouco sobre a umidade nos dois solos.
Vieira e Teixeira (2005)	Os tratamentos constituíram-se de: ausência de adubos químicos e de lodo; adubação química completa; doses equivalentes a 14,8 t ha ⁻¹ , 29,6 t ha ⁻¹ e 59,2 t ha ⁻¹ de lodo; e feijão inoculado com estirpes de rizóbio + adubação nitrogenada no plantio.	Avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto ao solo, na nodulação e fixação de N ₂ , por estirpes nativas de rizóbio em associação com o feijoeiro, em experimento de casa de vegetação.	Os maiores valores da atividade de redução do acetileno e dos números e massas dos nódulos secos, nos tratamentos com as doses 14,8 t ha ⁻¹ e 29,6 t ha ⁻¹ de lodo, demonstram que a sua aplicação pode aumentar a eficiência simbiótica dos rizóbios nativos, em feijoeiro.
Bettiol e Camargo (2006)	Caracterização do lodo de esgoto, seus benefícios, seu tratamento e os poluentes contidos neste.	Disposição final do lodo de esgoto.	A composição do esgoto varia em função do local de origem, ou seja, se proveniente de uma área tipicamente

			residencial ou tipicamente industrial, e da época do ano entre outros fatores.
Revoredo e Melo (2006)	O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (4 doses de níquel no lodo de esgoto e 1 tratamento testemunha, sem adição de lodo de esgoto e com fertilização mineral) em quatro repetições.	Avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto contaminado com doses crescentes de níquel, em um solo, sobre a disponibilidade e a absorção desse metal pelas plantas de sorgo.	A aplicação de lodo de esgoto contaminado com doses crescentes de níquel resultou em aumentos proporcionais nos teores “total” e disponível de níquel no solo.
Alamino et al. (2007)	As amostras de lodo de esgoto foram coletadas em janeiro de 2007, na estação de tratamento de esgoto da Ilha do Governador (ETE Ilha), no Município do Rio de Janeiro. Aproximadamente 25 kg de amostra foram retirados de diferentes pontos da caçamba, acondicionadas em sacos plásticos e vedadas. Em seguida, este material foi enviado ao laboratório de solos do Departamento de Geologia - UFRJ, seco ao ar, destorroado com rolo de madeira e peneirado em malha de 2 mm. As análises para a caracterização do lodo de esgoto quanto ao potencial	Avaliar, por meio de ensaios laboratoriais, a biodisponibilidade do metal pesado Cd adicionado ao solo por meio da aplicação de uma dose única de lodo de esgoto.	Os resultados mostraram que o Cd tornou-se biodisponível na solução na primeira hora de ensaio. Depois deste intervalo a concentração do metal disponível em solução diminuiu, ocorrendo uma estabilização nas horas subsequentes de coleta.

	<p>agronômico e à presença de substâncias inorgânicas foram realizadas no Instituto Agrônomo de Campinas. As análises químicas, físicas e mineralógicas do latossolo e a caracterização mineralógica da fração fina do lodo de esgoto foram realizadas nos Laboratórios do Setor de Geologia e de Engenharia Ambiental da UFRJ.</p> <p>Por fim, o lodo foi incorporado ao latossolo e avaliou-se a biodisponibilidade do Cd na fração solúvel do solo em questão.</p>		
Chueiri et al. (2007)	<p>O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 9,3 L e os tratamentos equivaleram às doses de 0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto em base seca. As doses de fertilizante mineral foram 0, 25, 50, 75 e 100% da dose de N, P₂O₅ e K₂O (15, 30 e 45 kg ha⁻¹, respectivamente) recomendada para a cultura do trigo com base nos resultados da análise química do solo.</p> <p>A mistura solo – lodo de esgoto foi realizado em homogeneizador elétrico, adicionando-se o lodo de esgoto diluído gradualmente, até atingir a dose correspondente a cada tratamento. Para as adições gradativas utilizaram-se 0,811, 1,623, 2,435 e 3,247 g de lodo de esgoto em base seca para cada kg de solo seco correspondendo, respectivamente, às doses de 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 Mg ha⁻¹; após o preenchimento, os vasos foram mantidos em umidade próxima à capacidade de campo, durante 20 dias,</p>	<p>Testar a aplicação do lodo de esgoto em complemento à adubação mineral de plantas de trigo (<i>Triticum aestivum</i>), em solo previamente corrigido, avaliando-se os parâmetros químicos do solo e nutricionais da cultura.</p>	<p>Após a aplicação do lodo, mostrou elevação do pH, da saturação por bases (V%) e dos teores de P e Ca, enquanto o Mn e H+Al tiveram seus teores reduzidos. A troca de cátions e os teores de K, Cu e Zn, também aumentaram em função da dose de lodo de esgoto aplicada.</p>

	até o plantio do trigo.		
Lobo e Filho (2007)	Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados constituídos por 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram: T0 – adubação mineral de acordo com o boletim 100, mas sem N; T1 – adubação química de acordo com o boletim técnico 100 do IAC; T2 – foram utilizados 50% do N proveniente do lodo de esgoto e o restante foi proveniente da adubação química; T3 – foram utilizados 100 % do N proveniente do lodo de esgoto; T4 – foram utilizados 150% do N proveniente do lodo de esgoto; T5 – foram utilizados 200% do N proveniente do lodo de esgoto.	Avaliar a eficiência do lodo de esgoto em fornecer N para a cultura do girassol, em substituição ao N mineral.	Pode ser substituído o N proveniente da adubação mineral com N proveniente do lodo de esgoto, havendo um aumento significativo na produtividade, tanto no grão, rendimento de óleo e matéria seca.
Messias et al. (2007)	Foram montadas colunas preenchidas com amostras de solo misturadas com doses correspondentes a zero, 25, 50 e 75 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto.	Estudar a movimentação do ferro, cobre, zinco e cádmio em um solo tratado com lodo de esgoto.	Os microelementos, ferro, zinco e cobre, ficam retidos nas primeiras camadas de solo, com os teores de lodo de esgoto testados, assim como o cádmio; O grau de lixiviação das amostras de lodo de esgoto testadas não causa danos ao meio ambiente, por estar dentro dos parâmetros da

			legislação.
Nogueira et al. (2008)	A compostagem do lodo foi efetuada juntamente com a <i>Ipomoea carnea</i> ssp. fistulosa triturada com o uso de um desintegrador elétrico, tendo a média uma altura de 1,5 m. Diariamente monitorou-se a temperatura e a umidade do material. Sempre que necessário efetuou-se o revolvimento manual das pilhas, utilizando-se pás e enxadas. A temperatura foi medida por barras de ferro introduzidas na pilha de compostagem em três pontos específicos do topo, do meio e da base. A umidade foi determinada pela secagem em estufa a 105° C até peso constante. Ao final do processo de degradação, o material foi estocado por mais 30 dias para a maturação do composto.	Avaliar os teores de Cd, Cr, Pb e Zn no solo, o acúmulo destes elementos em partes de plantas de milho cultivadas em solo tratado com lodo de esgoto por nove anos .	A aplicação sucessiva do lodo foi tão efetiva quanto à adubação mineral na produção de matéria seca e de grãos de milho.
Marin et al. (2010)	O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, em arranjo fatorial 6x3x6, sendo seis doses do fator lodo EAP: 0, 5, 10, 20, 40 e 80 t ha ⁻¹ de Sólidos Totais, três tipos de solo (CXd, CHd e Lbd), num total de 54 potes e 6 períodos: 7, 14, 30, 45, 60 e aos 75 dias de incubação, quando foram retiradas amostras de aproximadamente 25 g de solo de cada pote.	Analisar as curvas de pH de três solos representativos da Região de Metropolitana de Curitiba para determinação das taxas de aplicação máxima anual de lodo de esgoto	A elevação das doses provocou aumentos dos teores de fósforo, cálcio e magnésio, refletindo a composição do lodo EAP.

		<p>higienizado pelo processo de estabilização alcalina prolongada (lodo EAP), conforme estabelece a legislação, e para comparação com a metodologia de saturação por bases (V%).</p>	
Merlino et al. (2010)	<p>O experimento foi conduzido em condições de campo, utilizando-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro tratamentos (0, 5, 10 e 20 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, base seca) e cinco repetições.</p>	<p>Avaliar os efeitos da aplicação de doses de lodo de esgoto por 11 anos consecutivos em um Latossolo Vermelho distrófico sobre as concentrações de Ba, Cd, Cr e Pb em três profundidades no solo (0–10, 10–20 e 20–40 cm), bem como quantificar os</p>	<p>A aplicação de doses de lodo de esgoto de 10 e 20 t ha⁻¹ aumentou os teores de Ba, Cr e Pb na camada superficial do solo (0–10 cm), mas não alterou os de Cd.</p>

		mesmos metais na folha diagnose e nos grãos de milho.	
Souza et al. (2010)	Lodo de esgoto obtido da Estação de Tratamento de Lodo de Esgoto da cidade de Franca, Estado de São Paulo, Brasil, foi aplicado uma vez ao ano durante cinco anos consecutivos. As doses aplicadas a cada ano foram: 24,11; 26,03; 30,13; 35,45 e t ha ⁻¹ massa seca, respectivamente, acumulando ha ⁻¹ . Amostras do solo tratado com lodo de esgoto foram coletadas e digeridas, utilizando-se o método da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, USEPA 3052 (HCl-HNO ₃ -HF, digestão por micro-ondas).	Verificar se as propriedades assintóticas dos estimadores seriam válidas, considerando o tamanho da amostra realizada, para o ajuste do modelo aos dados da extração sucessiva de zinco.	A análise dos dados obtidos pelas extrações sucessivas de zinco das amostras de solo permitiu verificar que todos os parâmetros do modelo foram significativos, pois se encontravam dentro do intervalo de confiança assintótico de 95% que, por sua vez, não incluía a constante zero.
Junio et al. (2011)	O trabalho foi realizado em Montes Claros, MG. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 x 4, constituído de 2 doses de fosfato natural reativo (0 e 90 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) e 4 doses de lodo de esgoto (0; 25; 50 e 75 t ha ⁻¹), com três repetições, no delineamento em blocos casualizados.	Avaliar os teores de metais pesados no solo e em folhas de milho fertilizado com fosfato natural e composto de lodo de esgoto.	Os teores de Cu, Zn e Pb no solo aumentaram com a aplicação de doses de composto de lodo de esgoto. Aplicações de doses de composto de lodo de esgoto de até 75 Mg ha ⁻¹ não aumentaram os teores de Cu, Zn, Pb,

			Cd, Ni e Cr acima dos limites críticos estabelecidos pela legislação. Na planta, os teores de Zn aumentou e o de Pb reduziu com a aplicação de doses de composto de lodo de esgoto.
Serrat et al. (2011)	Dois lotes de lodo de esgoto foram utilizados, um originário da ETE São Jorge do município de Almirante Tamandaré (Lodo AT) e outro, misto de várias ETES incluindo o lote anterior, coletado na Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) do bairro Cidade Industrial de Curitiba. Ambos os lotes foram resultantes de tratamento anaeróbico de esgoto, desaguados em leito de secagem e higienizados pelo processo EAP, adicionando-se cal na proporção de 50% de sólidos totais.	Avaliar a taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado por processo de estabilização alcalina prolongada (EAP) em dois solos da Região Metropolitana de Curitiba (Lapa e Pinhais).	Obteve-se curvas de neutralização do pH, incubando-se os solos com doses crescentes de dois dos três corretivos de acidez utilizados: dois lodos EAP (obtido em condições controladas e da estação) e um calcário. Três toneladas de lodo EAP higienizado sob condições controladas foi equivalente a uma tonelada de calcário; houve interação entre lodo e tipo de solo, sendo a capacidade tampão

			dos solos importante para determinação da taxa de aplicação máxima anual.
Moretti et al. (2013)	O lodo de esgoto foi seco previamente a 40 °C por 24 h, a fim de facilitar a mistura com o solo. O composto foi utilizado sem secagem prévia e nova determinação do teor de água dos resíduos foi realizada em estufa com circulação forçada a 65°C por 48 h, realizando-se análises físico-químicas e químicas dos resíduos.	Avaliar a fração de mineralização de um lodo de esgoto digerido anaerobicamente e de um composto orgânico produzido com o mesmo lodo e material vegetal triturado proveniente da poda de árvores urbanas, utilizando o método de mineralização de N com lixiviação, pouco difundido.	O lodo de esgoto previamente seco a 40°C apresentou teor de água a 65°C, igual a 30,8 %; para o composto de lodo de esgoto foi de 47,4 %. Os teores de N-total do lodo e composto (base seca) foram 3,5 e 1,8 % e a relação C/N foi 6/1 e 12/1, respectivamente.
Silva et al. (2013)	Foi realizada a caracterização química do lodo de esgoto e do solo, segundo os seguintes parâmetros: pH em CaCl ₂ ; nitrogênio Kjeldahl total (NKT), pelo método Hach 399; fósforo, pelo método Hach 480; carbono orgânico (COT) via	Avaliar os efeitos que o lodo de esgoto doméstico produz na toxicidade,	Os testes ecotoxicológicos mostraram que o LED não possui efeito de toxicidade aguda para as

	TOC-V COH	reprodução e ganho de biomassa em minhocas <i>Eisenia fetida</i> .	minhocas da espécie <i>E. fetida</i> .
Coscione et al. (2014)	A área recebeu aplicações de lodo de esgoto (LE) ou fertilizante mineral nitrogenado anualmente no período de 2001 a 2007, com três diferentes tratamentos (AM, 1L e 2L), em que AM é o tratamento sem aplicação de lodo, mas com fertilização com N mineral, sendo sulfato de amônio no plantio e ureia em cobertura ($AM = 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N); 1L é a aplicação de uma vez a dose recomendada de N via lodo ($1L 10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de lodo seco); e 2L representa a aplicação do dobro da dose recomendada de N via lodo ($2L 20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de lodo seco).	Identificar variáveis relacionadas com a solução do solo e alteradas, em razão do uso do lodo de esgoto e da adubação mineral, de forma a complementar os procedimentos para monitoramento/avaliação de áreas que recebem esse tipo de resíduo.	Em média, para as quatro épocas de avaliação, incrementos de 46 e 40 % para Ca e Mg, respectivamente, ocorreram quando a dose de lodo aplicada dobrou.
Santos et al. (2015)	O lodo de esgoto foi misturado com resíduos de poda proveniente da conservação de ruas e terrenos urbanos da cidade.	Avaliar a produção de composto orgânico a partir da mistura de lodo de esgoto e resíduos de poda.	Uso de composto orgânico formado a partir das diferentes proporções de lodo de esgoto e resíduos de poda urbana favorece desenvolvimento das

			plantas porque o fertilizante do composto obtido foi benéfico a elas.
--	--	--	---

Fonte: Autora.

Tabela 9: Artigos sobre áreas degradadas.

AUTOR DO ESTUDO	MÉTODO UTILIZADO	FOCO CENTRAL DA DISCUSSÃO	RESULTADOS DO ESTUDO
Bezerra et al (2003)	Foram introduzidas duas espécies vegetais <i>Mimosas caesalpinifolia</i> (Sabiá) e <i>Mimosa bimucronata</i> (Maricá) na área experimental, adubadas com doses de lodo de esgoto equivalentes a 0,00; 2,85; 5,70; 11,40 e 22,80 t ha ⁻¹ .	Verificar a viabilidade da aplicação do lodo produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (ETAR-APOIO) no processo de revegetação de uma área degradada, denominada Jazida do Itacolomi, situada na área patrimonial do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.	A adição do lodo de esgoto ao solo aumentou consideravelmente os teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio, e em menor extensão os teores de magnésio e potássio, com pouca alteração no pH do solo. Sua adição influenciou positivamente o desenvolvimento de <i>M. caesalpinifolia</i> (Sabiá) e <i>M. bimucronata</i> (Maricá).

Colodro e Espíndola (2006)	O delineamento experimental foi definido como blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo: testemunha, fertilizante mineral e doses de 30 e 60 Mg há ⁻¹ de lodo à base seca.	Estudar os efeitos do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo Vermelho degradado foi avaliado a sua fertilidade, como indicador de sua qualidade.	O lodo de esgoto promoveu um incremento na qualidade do solo em recuperação, no que diz respeito ao aumento significativo nas suas principais características químicas, como o fósforo, o potássio, o magnésio, a matéria orgânica e a CTC. A eventual continuação de aplicação do resíduo figura-se como medida de recuperação da área degradada como um todo.
Maria et al. (2007)	Realizaram-se duas aplicações de lodo de esgoto em dois anos consecutivos, em duas doses, 10 Mg ha ⁻¹ e 20 Mg ha ⁻¹ , para comparação com uma testemunha, sem aplicação do lodo. Incorporou-se o lodo ao solo e em seguida realizou-se o plantio de milho.	Avaliar a aplicação do lodo de esgoto como condicionador do solo, por meio de seu efeito sobre a agregação do solo agrícola, visando sua utilização na recuperação de áreas degradadas por manejo inadequado.	Os resultados mostraram significativa diferença entre os tratamentos, com aumento gradativo de diâmetro dos agregados em função das doses aplicadas. O aumento da estabilidade dos agregados em água foi explicado pelo aumento da matéria orgânica do solo. Esse efeito foi significativo apenas na camada superficial (0-0,10 m). Pode-se concluir que o lodo agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo.
Ricci et al. (2010)	Foram propostos quatro tratamentos com diferentes	Avaliar o uso de doses (0, 20, 40 e 80 Mg ha ⁻¹) de	A dose de 80 mg ha ⁻¹ do composto de lodo de esgoto promoveu aumento dos teores

	<p>dosagens de aplicação de composto de lodo de esgoto no solo, sendo T0 de 0 Mg ha⁻¹, T1 de 20 Mg ha⁻¹, T2 de 40 Mg ha⁻¹ e T3 de 80 Mg ha⁻¹, seguidos pelo plantio de árvores nativas, com quatro repetições por tratamento, totalizando 16 parcelas.</p>	<p>um composto orgânico de lodo de esgoto e resíduos de roçagem na recuperação de um solo decapitado, pelo efeito nos atributos químicos do solo e revegetação com espécies nativas.</p>	<p>de P, Ca, Mg, K, Mn e Fe e do pH do solo, alterando positivamente sua fertilidade.</p>
<p>Miranda et al. (2011)</p>	<p>Os tratamentos estudados foram: Gonçalo-Alves (<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott) + Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>); Gonçalo-Alves + crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>); Gonçalo-Alves + fórmula 04-14-08; Gonçalo-Alves + gramínea (<i>Brachiaria decumbens</i>) + lodo</p>	<p>Estimar o custo da implantação de diferentes coberturas vegetais na recuperação de um Latossolo Vermelho, por meio de coeficientes técnicos de operações mecanizadas, insumos e mão de obra, relacionando aspectos econômicos e</p>	<p>A estimativa do custo de implantação de Gonçalo Alves, para fins de recuperação de um Latossolo degradado, utilizando-se adubos verdes e lodo de esgoto, na região leste do Estado do Mato Grosso do Sul, variou entre R\$ 2.829,13 e R\$3.872,21. O tratamento com braquiária + lodo de esgoto foi o mais econômico, considerando-se um período de cinco anos.</p>

	de esgoto (60 t ha-1); e testemunha (sem plantio de adubo verde ou outro insumo qualquer).	ambientais.	
--	--	-------------	--

Fonte: Autora.

De acordo com o quadro comparativo, pode se observar que a aplicação do biossólido traz benefícios ao solo e ao ambiente, pois se estabilizado e higienizado, não o contamina, e seu uso promove uma destinação adequada a esse resíduo orgânico e aos elementos químicos nele presentes.

Nesses artigos apresentaram-se diferentes métodos para obter resultados possíveis, sendo estes majoritariamente positivos como: o benefício ao solo (aumento da fertilidade, matérias orgânicas e nutrientes), aumentar a viabilidade do uso do biossólido na agricultura, efetividade do uso do lodo de esgoto como adubo, destinação final correta e positiva ao meio ambiente e assim deixado de ser destinados aos aterros.

Também se obteve resultados negativos que foram: em alguns casos, a ineficiência do gerenciamento das ETEs, os resultados dos artigos, composição variada do lodo de esgoto, presença de metais pesados que dificultem o seu tratamento e, além disso, as doses de esgoto aplicadas influenciam se ele vai ser negativo ou positivo.

A prática de aproveitamento do lodo de esgoto compreende uma temática bem discutida há bastante tempo, outrora sugerida desde a China antiga e ainda amparada legal e instrumentalmente pela CONAMA 375 e Agenda 21 Brasileira (CARVALHO et al., 2016; OLIVEIRA, 2017). Todavia, sua destinação carece de um olhar mais sensível em nosso País, em especial no município de Volta Redonda - com passos que pouco a pouco se alargam frente à reciclagem deste resíduo orgânico.

A partir das menções feitas no quadro nota-se que o uso agrícola do lodo de esgoto proporciona numerosas vantagens como: aumento da produtividade, por vezes, é economicamente melhor que o fertilizante mineral, abrange benefícios na retenção da umidade do solo, maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

Acerca dos demais modos de aproveitamento do lodo têm-se que a utilização do biogás a fins de energia elétrica ou para cogeração, sendo uma solução que reduz os níveis de emissões de gases tóxicos prejudiciais ao meio ambiente como o metano, e

reduz a demanda por recursos naturais esgotáveis, como o gás natural, como enfatiza Barros (2015).

Outras formas também foram evidenciadas como: reaproveitamento industrial, fabricação de tijolos e cerâmicas, produção de agregado leve para construção civil, produção de cimento (RIELING et al., 2015). Inclusive, a utilização dos lodos de esgoto como matéria prima para produzir um agregado leve, através de um processo cerâmico é uma aplicação onde o Brasil foi certamente um dos pioneiros mundiais. Esta aplicação se diferencia da cerâmica convencional por explorar a capacidade expansiva das misturas contendo lodo de esgoto (SANTOS et al., 2004). A possibilidade da incorporação de resíduos na fabricação de produtos cerâmicos vem sendo estudada com frequência. A presença do lodo na composição de materiais cerâmicos pode alterar suas propriedades (SILVA et al., 2015). Uma maneira de minimizar o impacto ambiental em detrimento dos resíduos da estação é o emprego do lodo como filer no concreto betuminoso usinado a quente, em substituição ao material tradicionalmente utilizado de cimento (ARAÚJO & SILVEIRA, 2017).

Em relação à recuperação de áreas degradadas, a aplicação de lodo proporciona rápido estabelecimento e crescimento de gramíneas e leguminosas nessas áreas e as plantas tendem a se mostrar mais vigorosas, com maior porcentagem de cobertura, maiores produtividades e melhor desenvolvimento do sistema radicular (BARBOSA & FILHO, 2006).

Muito além de, meramente, submeter-se às legislações, efetuar a destinação adequada do lodo de esgoto, através de sua reciclagem agrícola e/ou florestal, produção de recursos de construção civil, produção de cerâmica, conversão de óleo combustível ou a recuperação de áreas degradadas, implica em efeitos ambientalmente seguros e economicamente rentáveis. Os seus processos de reuso, após processos remediadores e estabilizadores, são perfeitamente viáveis e vantajosos, e contemplam aplicações que configuram ganhos ambientais, sociais e mesmo, econômicos.

6 CONCLUSÃO

Através do levantamento bibliográfico feito por meio da revisão sistemática foram enunciados diversos tratamentos testados e realizados no Brasil para o lodo de esgoto, bem como, foi possível demonstrar alguns dos seus cenários de aplicações como na incorporação da cerâmica, na produção de energia, no reflorestamento, em recuperação de áreas degradadas e, especialmente, na reciclagem agrícola que dentre as alternativas sustentáveis tem recebido grande olhar no Brasil. Com essas alternativas de uso do lodo, como sua conversão em biossólido e com a discussão relacionada à adequação da disposição/saída desse resíduo desenvolveram-se diversas possibilidades de destinação deste, que implicam em vantagens supracitadas ao meio ambiente e à sociedade. Culminando em informações que sejam capazes de subsidiar argumentos e discussões para as ações de gerenciamento do lodo de esgoto urbano do município de Volta Redonda.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMINO, R. C. J. et al. **Biodisponibilidade de Cd em Latossolo Acrescido de Lodo de Esgoto.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, p. 45-54 , Vol. 30 -2 / 2007.

ALMEIDA, G. C. et al. **Eficiência dos processos químico e térmico na higienização de lodo de esgoto.** Iniciação Científica CESUMAR Vol. 08, n.01, pp. 95-99 Jan./Jun. 2006.

ALMEIDA, V. C. et al. **Avaliação do teor de alguns metais e de nutrientes de lodos de estações de tratamento de esgoto de Maringá.** Acta Scientiarum 20(4):419-425, 1998.

ANDRADE, C. A. et al. **Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto.** R. Bras. Ci. Solo, 29:803-816, 2005.

ARAÚJO, F. F. et al. **Lodo de esgoto na fertilidade do solo , na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade de desidrogenase.** Pesquisa Agropecuária Tropical v. 39, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2009.

ARAÚJO, R. N.; SILVEIRA, L. R. **Reaproveitamento de resíduos de ETA e ETE em obras de engenharia.** Universidade Paulista UNIP – Curso de Graduação em Engenharia Civil. Brasília: 2017.

AREIAS, I. O. R. et al. **Incorporação de lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2017.

AUGUSTO, D. C. C. et al. **Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba).** R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.335-342, 2003.

BACKES, C. et al. **Efeito do lodo de esgoto e nitrogênio na nutrição e desenvolvimento inicial da mamoneira.** Biosci. J., Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 90-98, Jan./Feb. 2009.

BARBOSA, G. M. C.; FILHO, J. T. **Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565-580, out./dez. 2006.

BARCELAR, C. A. et al. **Efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométrico de um cambissolo húmico.** Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Santa Maria, RS, out/2000.

BARREIROS, R. M. et al. **Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.103-111, 2007.

BARROS, I. T. **Avaliação agronômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, n.6, p.630-638, 2011.

BARROS, D. **Cogeração de energia com biogás a partir de lodo biológico.** 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio , Universidade de São Paulo – USP – São Paulo, 2015.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola.,** *Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura* (pp. 25-35). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BETTIOL, W.; FERNANDES, S. A. P. **Efeito do Lodo de Esgoto na Comunidade Microbiana e Atributos Químicos do Solo.** Embrapa. Jaguariúna, SP, Dezembro, 2004.

BEZERRA, F. B. et al. **Lodo de esgoto em revegetação de área degradada.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.3, p.469-476, mar. 2006.

BEZERRA, F. B. et al. **Uso do Lodo de Esgoto na Revegetação de Área Degradada do Entorno do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.** Embrapa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n.34, 27p. Rio de Janeiro, 2003.

BITTENCOURT, S. et al. **Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da região metropolitana de Curitiba.** REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 2, No. 1, 1-11, 2009.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V. **Implicações do uso de lodo de esgoto como fertilizante em culturas anuais: acidez do solo.** Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna/SP. 2006.

BOVI, M. L. A et al. **Lodo de esgoto e produção de palmito em pupunheira.** R. Bras. Ci. Solo, 31:153-166, 2007.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 375 de 29 ago 2006.** Brasília: Governo Federal, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: ago. 2018.

CABREIRA, G. V. et al. **Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais.** Portal Tratamento de Água. 2017. Disponível em <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/biossolido-producao-de-mudas/>> Acesso em out. 2018.

CAMARGO, F. M. **Lodo de esgoto aumenta produção de madeira de eucaliptos.** Agência USP de Notícias. 2010. Disponível em <<http://www.usp.br/agen/?p=15620>> Acesso em: ago. 2018.

CALDEIRA, M. V. et al. **Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, abr./jun. 2013.

CAMARGO, O. A. **Não custa ser prudente ao dispor lodo de esgoto em solo agrícola.** Infobibos. 2007. Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/LodoEsgoto/index.htm> Acesso em out. 2018.

CAMILOTTI, F. et al. **Atributos Físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.26, n.3, p.738-747, set./dez. 2006.

CAMPOS, C. M. M. et al. **Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 4, p. 848-856, jul./ago., 2005.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado.** R. Bras. Ci. Solo, 32:1389-1397, 2008.

CARLESSO, W.M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. **Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem.** Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado, n. 4, p. 105-110, out./dez. 2011.

CARVALHO, L. C. C. S. **Aproveitamento de lodo de esgoto urbano como substrato para produção de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*).** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2018.

CARVALHO, L. C. C. S. et al. **Uso de lodo de esgoto e seu potencial uso agrícola: Revisão bibliográfica.** Semana do Meio Ambiente, 1º Seminário de Políticas Públicas e Meio Ambiente. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda. Junho de 2016.

CHIBA, M. K. et al. **Cultivo de cana-de-açúcar em argissolo tratado com lodo de esgoto. II fertilidade do solo e nutrição da planta.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, vol. 32, núm. 2, pp. 653-662: 2008.

CHUEIRI, W. A. et al. **Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.11, n.5, p.502-508, 2007.

COLODRO, G.; ESPÍNDOLA, C. R. **Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto.** Acta Sci. Agron, Maringá, v.28, n. 1, p. 15, Jan./March, 2006.

COSCIONE, A. R. et al. **Solução do solo e análise de componentes principais para monitoramento da aplicação de lodo de esgoto.** R. Bras. Ci. Solo, 38:1654-1662, 2014.

COSTA, V. L. et al. **Distribuição espacial de fósforo em Latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.18, n.3, p.287-293, 2014.

DELARMELINA, W. M. et al. **Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.** Revista AgroAmbiente Online, v. 7, n. 2, p. 184-192, maio-agosto, 2013.

FALAVIGNA, M. **O que são revisões sistemáticas?** HTANALYZE. 2018. Disponível em <<https://www.htanalyze.com/blog/o-que-sao-revisoes-sistematicas/>> Acesso em: out. 2018.

FARIA, J. C. T. et al. **Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de *Senna alata***. Com. Sci., Bom Jesus, v.4, n.4, p.342-351, Out./Dez. 2013.

FELCA, A. T. A. et al. **Análise do Potencial Energético do Biogás Proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto**. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Minas Gerais. Poços de Caldas: 2015.

FERNANDES, F. et al. **Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos**. Pesq. agrop. bras, Brasília, v.28, n.5, p. 567-574, maio 1993.

GALDOS, M. V. et al. **Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto**. R. Bras. Ci. Solo, 28:569-577, 2004.

GODOY, L. C. **A logística na destinação do lodo de esgoto**. FATEC Guaratinguetá. 2013. Disponível em <<http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43/27>> Acesso em: out. 2018.

GOMES, R. et al. **Aprendizagem Baseada em Problemas na formação médica e o currículo tradicional de Medicina: uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Educação Médica, Rio de Janeiro, 444 – 451: 2009.

GRUPO LIBERAL. **Lodo e esgoto serão usados para produzir energia**. Agência Estado. 2016. Disponível em <<https://liberal.com.br/brasil-e-mundo/brasil/lodo-e-esgoto-serao-usados-para-produzir-energia-405983/>> Acesso em out. 2018.

GUEDES, M. C. et al. **Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto**. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.30 n.2 Viçosa Mar./Apr. 2006.

JULIATTI, M. A. et al. **Cádmio em latossolo vermelho cultivado com milho em colunas: mobilidade e biodisponibilidade**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 04, p. 1075-1081, 2002.

JUNIO, G. R. Z. et al. **Metais pesados em milho fertilizado com fosfato natural e composto de lodo de esgoto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.15, n.10, p.1082–1088, 2011.

JÚNIOR, L. C. T. et al. **Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, p.276-283, jan./abr. 2007.

JUNTOS PELA ÁGUA. **Saneamento.** 2017a. Disponível em <<https://www.juntospelaagua.com.br/saneamento-no-brasil/>> Acesso em jul. 2018.

JUNTOS PELA ÁGUA. Lodo de estação de tratamento vai gerar 5,8 MW de energia no Paraná. 2017b. Disponível em <<https://www.juntospelaagua.com.br/2017/05/31/lodo-de-esgoto-vai-gerar-energia-no-parana/>> Acesso em out. 2018.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. **.Utilização do bio-sólido da CAESB na produção de milho no distrito federal.** R. Bras. Ci. Solo, 30:741-750, 2006.

LEONE, C. **Pesquisa usa lodo de esgoto e cascas de palmito como adubo.** Exame Abril. 2013. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/ciencia/pesquisa-usa-lodo-de-esgoto-e-cascas-de-palmito-como-adubo/>> Acesso em: out. 2018.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro 45 (2):331-48, mar./abr. 2011.

LIRA, A. C. S. et al. **Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: carbono e nitrogênio.** Eng. sanit. ambient. Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008.

LOBO, T. F. et al. **Manejo do lodo de esgoto e nitrogênio mineral na fertilidade do solo ao longo do tempo.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2705-2726, nov./dez. 2013.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G. **Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol.** R.C.Suelo Nutr. Veg. 7 e J. Soil Sc. Plant Nutr. 7 2007.

LOPES, J. C. et al. **Produção de alface com doses de lodo de esgoto.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, jan.-mar. 2005.

MALTA, T. S. **Aplicação de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos na agricultura: Estudo do caso do Município de Rio das Ostras /RJ.** Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública 2001v, 67p.

- MARCIANO, C. R. et al. **Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a Condutividade hidráulica de um latossolo amarelo saturado e não saturado.** R. Bras. Ci. Solo, 25:1-9, 2001.
- MARIA, I. C. et al. **Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto.** Instituto Agronômico de Campinas, Bragantia, vol. 66, núm. 2, pp. 291-298, 2007.
- MARIN, L. M. K. S. et al. **Determinação da taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado por processo alcalino em solos da região metropolitana de Curitiba.** Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010.
- MARTINS, D. R. et al. **Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto.** Bragantia, Campinas, v.64, n.1, p.115-126, 2005.
- MARTINS, S. **Recuperação de Áreas Degradadas.** 2013. Disponível em <<https://www.sergiomartins.blog.br/2013/09/recuperacao-de-areas-degradadas.html>> Acesso em out. 2018
- MELO, V. P. et al. **Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.1, p.67-72, jan. 2004.
- MERLINO, L. C. S. et al. **Bário, Cádmio, Cromo e Chumbo em plantas de milho e em um latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto.** R. Bras. Ci. Solo, Jaboticabal, 34:2031-2039, 2010.
- MESSIAS, A. S. et al. **Avaliação da mobilidade de micronutrientes em solo tratado com lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 3, n. 3, p. 193-211, set-dez/2007.
- MIRANDA, L. P. M. et al. **Custo de implantação de *Astronium fraxinifolium* schott em área degradada utilizando-se adubos verdes e lodo de esgoto.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 4, p. 475-480, out./dez. 2011
- MORETTI, S. M. L. et al. **Aplicação do método de mineralização de nitrogênio com lixiviação para solo tratado com lodo de esgoto e composto orgânico.** R. Bras. Ci. Solo, 37:622-631, 2013
- NOBILE, F. O. et al. **Atributos químicos de um latossolo vermelho com base nas doses de lodo de esgoto.** CIÊNCIA E CULTURA - Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB v. 12, n. 1, jan./jun. 2016.

NOGUEIRA, T. A. R. et al. **Cádmio, cromo, chumbo e zinco em plantas de milho e em latossolo após nove aplicações anuais de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 5, p. 2195-2207: 2008

NOGUEIRA, T. A. R. **Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto.** Revista de Biologia e Ciência da Terra. Montes Claros, v.6, n.1, 2006.

OLIVEIRA, P. C. **Lodo na agricultura, seus riscos e benefícios.** Portal de Tratamento de Água. 2017. Disponível em <<https://www.tratamentodeagua.com.br/lodo-na-agricultura-seus-riscos-e-beneficios/>> Acesso em ago. 2018.

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

OLIVEIRA, F. C. et al. **Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH E CTC.** R. Bras. Ci. Solo, 26:505-519, 2002.

OLIVEIRA, F. C. et al. **Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero.** Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.52 no.2 Piracicaba May/Aug. 1995

PASSAMANI, F. R. F. et al. **Higienização de lodo utilizando caleagem e pasteurização em uma pequena estação de tratamento de esgoto combinando reator UASB e biofiltro aerado submerso.** Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, Cancún, 27 oct.-1 nov. 2002.

PASQUINI, N. C. **Uso Potencial como Fonte de Energia de Lodo Proveniente de Esgoto Doméstico e Industrial.** Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.16, n. 1, Jan/Jun 2014.

PAULINO, R. C. et al. **Tratamento anaeróbico de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos helmintos.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 34: 421-428, set-out, 2001.

PEDROZA, J. P. et al. **Doses crescentes de biossólidos e seus efeitos na produção e componentes do algodoeiro herbáceo.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. Campina Grande, v. 5, n. 2, 2005.

PEDROZA, J. P et al. **Qualidade tecnológica da pluma do algodoeiro herbáceo cultivado com biossólidos.** Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental. 10. 2006.

PEDROZA, M. M. et al. **Produção e tratamento de esgoto - uma revisão.** Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.11, n. 16, p. 89-XX, julho/dezembro. 2010.

PIRES, A. M. M. et al. **Ácidos orgânicos como extratores de metais pesados fitodisponíveis em solos tratados com lodo de esgoto.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.7, p.671-676, jul. 2004.

QUINTANA, N. R. G. et al. **Viabilidade econômica do uso de lodo de esgoto na agricultura, estado de São Paulo.** Informações Econômicas, SP, v.39, n.6, jun. 2009.

REVOREDO, M. D et al. **Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo.** Bragantia, Campinas, v.65, n.4, p.679-685, 2006.

RICCI, A. B. et al. **Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II- Atributos químicos e revegetação.** R. Bras. Ci. Solo, 34:543-551, 2010.

ROCHA, J. H. T. et al. **Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto.** Pesq. flor. bras., Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, jan./mar. 2013.

ROSA, A. P.; CHERNICHARO, C. A. L.; MELO, G. C. B. **Contribuição para o aproveitamento energético do lodo de ETEs em processos térmicos.** Revista DAE, janeiro/abril, 2015.

RIELING, R. C. et al. **Efeito residual do lodo de esgoto na produção de mudas de espécies nativas para reflorestamento.** SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.9, n.2, p.31-39, mai./ago., 2014.

SAAE VR. **Histórico.** Disponível em <<http://www.saaevr.com.br/historia.asp>> Acesso em jul. 2018.

SAMAE. **História do Saneamento em Santa Catarina.** 2011. Disponível em <<http://www.samaetimbo.com.br/historiadosaneamento>> Acesso em jul. 2018.

- SAITO, M. L. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos.** Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP. 2007.
- SAMPAIO, T. F. et al. **Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas : Efeito nas características físicas do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 36:1637-1645. 2012.
- SANTOS, F. S. et al. **Produção de mudas de aroeira pimenteira usando lodo de esgoto urbano como substrato.** XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.
- SANTOS, A. D. ; JOHN, V. M.; COELHO, A. C. V. **Reciclagem do lodo de esgoto – Uma alternativa de gestão.** X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo. Julho 2004.
- SERRAT, B. M. et al. **Taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado pelo processo de estabilização alcalina: estudo comparativo de curvas de pH de solos.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n 19, mar. 2011.
- SHARMA, R. D. et al. **Dinâmica de população de fitonematóides em solo tratado com lodo de esgoto em cultivos de milho.** Nematologia Brasileira , Vol. 24: 37 a 40, 2000.
- SILVA, C. R. L. et al. **Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos.** Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Estadual de Ponta Grossa: 2015.
- SILVA, D. R. P. et al. **Processo de Estabilização de Resíduos Orgânicos: Vermicompostagem Versus Compostagem.** Quim. Nova, Vol. 36, No. 5, 640-645, 2013.
- SILVA, P. R. D. et al. **Acompanhamento químico da vermicompostagem a partir de lodo de esgoto doméstico.** Quim. Nova, Vol. 34, No. 6, 956-961, 2011.
- SILVA, P. R. D. et al. **Bioensaios para avaliação da toxicidade aguda, reprodução e ganho de biomassa de minhocas (*Eisenia fetida*) ambientadas em lodo de esgoto doméstico.** Ecotoxicol. Environ. Contam., v.8, n. 1, 2013.

SIMONETE, M. A. et al. **Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, out. 2003.

SOUZA, Z. M. et al. **Estabilidade de agregados e resistência a penetração em latossolos adubados por cinco anos com biossólido.** R. Bras. Ci. Solo, 29:117-123, 2005.

SOUZA, E. M. et al. **Modelagem não linear da extração de zinco de um solo tratado com lodo de esgoto.** Acta Scientiarum. Technology. Maringá, v. 32, n. 2, p. 193-199, 2010.

SUPER BAC. **Quais os principais tipos de lodo e suas classificações?** 2016. Disponível em <<http://www.superbac.com.br/quais-os-principais-tipos-de-lodo-e-suas-classificacoes/>> Acesso em nov.2018.

TRABALLI, R. C.; MAKIYA, I. K. **Energia a partir de lodo de esgoto e resíduos sólidos. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

TRANNIN, I. C. B. et al. **Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.12 no.3 Campina Grande May/June 2008.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. **Uso de biossólido para produção de mudas de eucalipto.** Scientia Forestalis, n. 64, p. 150-162, dez. 2003.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Biossólido aumenta produção de eucaliptos** USP Notícias. 2002. Disponível em <<http://www.usp.br/agen/repgs/2001/pags/147.htm>> Acesso em set. 2018.

VEGA, F. V. A. et al. **Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira.** R. Bras. Ci. Solo, 29:259-268, 2005.

VELASCO, C. **Saneamento melhora, mas metade dos brasileiros segue sem esgoto no país.** G1 Economia. 2017. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/saneamento-melhora-mas-metade-dos-brasileiros-segue-sem-esgoto-no-pais.ghtml>> Acesso em: out. 2018.

VELASCO, C. **Saneamento avança, mas Brasil ainda joga 55% do esgoto que coleta na natureza, diz estudo.** G1 Economia. 2018. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/saneamento-avanca-mas-brasil-ainda-joga-55-do-esgoto-que-coleta-na-natureza-diz-estudo.ghtml>> Acesso em: out. 2018.

VIEIRA, R. F. et al. **Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.9, p.919-926, set. 2005.

VIEIRA, R. F. et al. **Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.10, p.1047-1050, out. 2005.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. **Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n. 7, p. 867-874, jul. 2003.

VOLTA REDONDA. **Secretaria Municipal de Planejamento. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Volta Redonda, 2015. Disponível em <http://www.voltaredonda.rj.gov.br/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/pdf/DOC3_PMGIRS.pdf> Acesso em set. 2018.

VOLTA REDONDA. **Secretaria Municipal de Planejamento. Plano Municipal de Saneamento Básico.** Volta Redonda, 2015. Disponível em <http://www.voltaredonda.rj.gov.br/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/pdf/DOC2_PMSB.pdf> Acesso em set. 2018.